



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA AGROPECUARIA**

**TEMA:**

**EFFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE *Paspalum dilatatum* Y  
*Pennisetum purpureum* x *P.typhoides* BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE SIEMBRA  
EN SELVA ALEGRE, IMBABURA.**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

**AUTOR**

TROYA FLORES GERARDO AARÓN

**DIRECTOR**

MVZ. XAVIER FRANCISCO BONIFAZ AGUINAGA, MSc.

**IBARRA-ECUADOR**

**2025**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE AGROPECUARIA

**EFFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE *Paspalum dilatatum* Y *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides* BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE SIEMBRA EN SELVA ALEGRE, IMBABURA.**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de

**INGENIERO AGROPECUARIO**

APROBADO:

MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc.

**DIRECTOR**

---

FIRMA

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

**MIEMBRO TRIBUNAL**

---

FIRMA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA AUTORIZACIÓN DE USO Y**  
**PUBLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>Cédula de identidad:</b>	1004223499		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Troya Flores Gerardo Aarón		
<b>Dirección:</b>	Otavalo, Imbabura		
<b>Email:</b>	<a href="mailto:gatroyaf@utn.edu.ec">gatroyaf@utn.edu.ec</a>		
<b>Teléfono fijo:</b>	062521552	<b>Teléfono móvil:</b>	0939606042

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>Título:</b>	<b>EFFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE <i>Paspalum dilatatum</i> Y <i>Pennisetum purpureum</i> x <i>P. typhoides</i> BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE SIEMBRA EN SELVA ALEGRE, IMBABURA.</b>
<b>Autor:</b>	Troya Flores Gerardo Aarón
<b>Fecha:</b>	09/12/2025

<b>Solo para trabajos de grado</b>	
<b>Programa</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>Título por el que opta</b>	<b>Ingeniero Agropecuario</b>
<b>Director</b>	MVZ. Xavier Bonifaz, MSc

## **1. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Troya Flores Gerardo Aarón, con cédula de ciudadanía Nro. 1004223499, en calidad y titular de los derechos patrimoniales de la obra de trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital, autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior artículo 144.

## **2. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 09 días del mes de diciembre del 2025

**EL AUTOR**

.....

Troya Flores Gerardo Aarón

C.I.: 1004223499

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Troya Flores Gerardo Aarón, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 09 días del mes de diciembre del 2025

---

MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc  
DIRECTOR DE TESIS

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 09 días del mes de diciembre del 2025

**Troya Flores Gerardo Aarón: EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE *Paspalum dilatatum* Y *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides* BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE SIEMBRA EN SELVA ALEGRE, IMBABURA.**

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 09 días del mes de diciembre del 2025, 53 páginas.

**DIRECTOR (A):** MVZ. Xavier Bonifaz, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar los efectos en el comportamiento agronómico de *Paspalum dilatatum* Y *Pennisetum purpureum* x *P. Typhoides* bajo diferentes métodos siembra en Selva Alegre, Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Comparar los porcentajes de brotes de los pastos de corte entre siembra de esquejes vertical y horizontal, determinar el rendimiento de los pastos de corte bajo dos métodos de siembra con aplicaciones de bacterias Diazótrofas y determinar el costo de producción por kilogramo de materia seca

.....  
MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc.

**Director de Trabajo de Grado**

.....  
Gerardo Aarón Troya Flores

**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por brindarme la sabiduría y fortaleza necesarias para completar esta etapa tan importante en mi vida.

De manera especial, a mi tutor MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc, y a mi asesor, Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc, por su valiosa guía, compromiso y apoyo constante durante el desarrollo de este trabajo. Su acompañamiento y conocimientos fueron fundamentales para consolidar esta investigación y alcanzar los objetivos propuestos.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a todos los profesionales y docentes que, con sus valiosos consejos, observaciones y acompañamiento, contribuyeron significativamente al desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Técnica del Norte, gracias por brindarme la oportunidad de formarme académica y personalmente, así como por ofrecerme las herramientas necesarias para mi crecimiento profesional.

A mis compañeros y amigos, les agradezco profundamente por su apoyo, ánimo y amistad a lo largo de este camino. Cada palabra de aliento y gesto de compañerismo fue una fuente constante de motivación para continuar.

De manera muy especial, a mi familia, por su amor, paciencia y confianza incondicional. Gracias por acompañarme en cada etapa, por impulsarme a seguir adelante y por ser mi mayor inspiración para alcanzar mis metas.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la culminación de esta tesis, les extiendo mi gratitud más profunda. Su apoyo fue fundamental para concretar este logro académico.

*Aarón Troya.*

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Gerardo Troya y Silvia Flores, por ser mi mayor inspiración y fortaleza. Gracias por su apoyo incondicional, por creer siempre en mí y por enseñarme que con disciplina, humildad y constancia se pueden alcanzar los sueños.

A mis hermanas, por su paciencia, comprensión y por acompañarme con su cariño en cada etapa de este proceso.

A mis tíos, por estar presentes desde el inicio, por sus consejos sinceros en los momentos complicados y por compartir conmigo cada triunfo.

Y a mis amigos y compañeros, por su apoyo, sus enseñanzas y por nunca dejarme solo en este camino. Gracias por su tiempo, su buena vibra y por hacer de esta experiencia algo inolvidable.

*Aarón Troya.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1 CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema .....	2
1.3 Justificación .....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General .....	4
1.4.2 Objetivos Específicos .....	5
1.5 Hipótesis o preguntas directrices .....	5
<b>2 CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1 Características agronómicas de los pastos de corte .....	6
2.2 Producción de pastos en el Ecuador.....	6
2.2.1 Usos de los pastos de corte.....	7
2.2.2 Sostenibilidad Agrícola .....	7
2.2.3 Fertilización Inorgánica En Pasturas .....	8
2.2.4 Fertilización Orgánica En Pasturas .....	9
2.3 Bacterias diazótrofas .....	9
2.3.1 Tipos De Bacterias Diazótrofas (BD) .....	10
2.3.2 Importancia Del Uso De Bacterias Diazótrofas .....	10
2.4 Tipos de pastos de corte para la alimentación en animales bovinos.....	10
2.4.1 Descripción Botánica Del King Grass (Pennisetum purpureum X P. Typhoides L.)	
10	
2.4.2 Descripción Botánica Del Clon 51 (Paspalum dilatatum).....	11
2.5 Métodos de siembra .....	12
2.6 Método de siembra vertical.....	12
2.6.1 Método De Siembra Horizontal.....	13

2.7 Marco legal .....	13
2.7.1 Constitución De La República Del Ecuador .....	13
2.7.2 Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria .....	14
2.7.3 Acuerdo Ministerial N° e34 .....	14
3.1 Caracterización del área de estudio.....	16
<b>3.1.1 Características Generales De La Comunidad San Francisco .....</b>	<b>16</b>
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas .....	17
3.3 Métodos .....	17
3.3.1 Factores En Estudio.....	17
3.3.2 Tratamientos .....	18
3.3.3 Diseño Experimental .....	18
3.3.4 Análisis Estadístico. ....	20
3.4 Variables evaluadas .....	21
3.4.1 Porcentaje de Brotación.....	21
3.4.2 Rendimiento Por Hectárea En Materia Verde (MV). ....	21
3.4.3 Rendimiento Por Hectárea En Materia Seca .....	22
3.4.4 Costo De Producción Por Kilogramo De Materia Seca .....	22
3.5 Manejo específico del experimento .....	23
3.5.1 Selección Del Predio .....	23
3.5.2 Preparación De Terreno.....	23
3.5.3 Delimitación De Parcelas .....	23
3.5.4 Selección De La Planta.....	24
3.5.5 Siembra 24	
3.5.6 Inoculación De Las Bacterias Diazótrofas Al Suelo .....	25
3.5.7 Control De Maleza .....	26
3.5.8 Cosecha 26	
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>28</b>
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>28</b>
4.1 Porcentajes de brotes de los pastos de corte entre siembra de esquejes vertical y horizontales 15 días posteriores a la siembra .....	28
4.2 Determinación del rendimiento de los pastos de corte, bajo dos métodos de siembra con aplicaciones de bacterias diazótrofas.....	30
4.2.1 Tiempo De Corte En Relación Con Los Métodos De Siembra Y Aplicación De	

Bacterias Diazótrofas.....	30
4.2.2 Producción De Materia Verde.....	31
4.2.3 Porcentaje De Materia Seca.....	33
4.3 Producción de materia seca por metro cuadrado .....	34
4.4 Determinar el costo de producción por kilogramo de materia seca.....	36
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>38</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	38
RECOMENDACIONES.....	39
<b>6 ANEXOS .....</b>	<b>49</b>
Anexo 1. Tabla de relación de número de corte con el tiempo de corte en pastos CBD y SBD	49
Anexo 2. Costos directos de siembra vertical de King Grass con bacterias diazótrofas	49
Anexo 3. Costos directos de siembra vertical de King Grass sin bacterias diazótrofas	50
Anexo 4. Costos directos de siembra horizontal de King Grass con bacterias diazótrofas .....	50
Anexo 5. Costos directos de siembra horizontal de King Grass sin bacterias diazótrofas .....	51
Anexo 6. Costos directos de siembra vertical de Clon 51 con bacterias diazótrofas ....	51
Anexo 7. Costos directos de siembra vertical de Clon 51 sin bacterias diazótrofas .....	52
Anexo 8. Costos directos de siembra horizontal de Clon 51 con bacterias diazótrofas	52
Anexo 9. Costos directos de siembra horizontal de Clon 51 sin bacterias diazótrofas	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características geográficas del área de estudio.</i> .....	17
Tabla 2 <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas para el desarrollo del experimento.....</i>	17
Tabla 3 <i>Tratamientos</i> .....	18
Tabla 4 <i>Características de la unidad experimental</i> .....	19
Tabla 5 <i>Análisis de varianza del experimento</i> .....	20

Tabla 6. <i>Análisis de varianza del número de brotes a los 15 días del pasto King Grass y Clon 51</i> .....	28
Tabla 7. <i>Análisis de varianza de la producción de materia verde del pasto King Grass y Clon51</i> .....	31
Tabla 8. <i>Análisis de varianza con él % de materia seca deIl pasto King Grass y Clon 51</i> .....	33
Tabla 9. <i>Análisis de interacción entre los diferentes factores de estudio para rendimiento de materia seca</i> .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de ubicación de la zona de estudio</i> .....	16
Figura 2. <i>Diseño experimental en bloques con parcelas divididas</i> .....	19
Figura 3. <i>Germinación de yemas y establecimiento de individuos en campo</i> .....	21
Figura 4. <i>Corte y recolección de material forrajero en campo</i> .....	21
Figura 5. <i>Procedimiento para la determinación de materia seca en laboratorio</i> .....	22
Figura 6. <i>Preparación de área de estudio con el uso de rastra</i> .....	23
Figura 7. <i>Delimitación de las unidades experimentales dentro del área de estudio.</i> .....	24
Figura 8. <i>Selección de los patrones de pastos a sembrar.</i> .....	24
Figura 9. <i>Establecimiento de pastos en cada una de las unidades experimentales de forma vertical.</i> .....	24
Figura 10. <i>Siembra de esquejes de forma horizontal en cada una de las unidades experimentales.</i> .....	25
Figura 11. <i>Aplicación de bacterias diazótrofes por drench a las unidades experimentales.</i> .....	25
Figura 12. <i>Limpieza de forma manual dentro de cada una de las unidades experimentales.</i> .....	26
Figura 13. <i>Cortes realizados para materia y para materia seca del primer y segundo corte.</i> .....	27
Figura 14. <i>Relación entre tipo de corte con número de brotes en los distintos métodos de siembra</i> .....	29
Figura 15. <i>Relación de número de corte con el tiempo de corte en pastos CBD y SBD</i>	30
Figura 16. <i>Producción de materia verde del pasto King Grass y Clon 51</i> .....	32
Figura 17. <i>Relación de cortes con porcentaje de materia seca</i> .....	34

Figura 18. *Producción de materia seca (MS) por metro cuadrado* .....35  
Figura 19. *Análisis de costos de producción de kilogramo de materia seca por año* ....36

### ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación. 1.....21  
Ecuación. 2.....23

**EFFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE *Paspalum dilatatum* Y *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides* BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE SIEMBRA EN SELVA ALEGRE, IMBABURA.**

Autor: Troya Flores Gerardo Aarón

Universidad Técnica del Norte

Correo: [gatroyaf@utn.edu.ec](mailto:gatroyaf@utn.edu.ec)

**RESUMEN**

La producción forrajera enfrenta el desafío de maximizar su rendimiento con prácticas sostenibles que reduzcan el uso de fertilizantes sintéticos, por esta razón, el objetivo de la presente investigación fue evaluar los efectos en el comportamiento agronómico de *Paspalum dilatatum* Y *Pennisetum purpureum* x *P. Typhoides* bajo diferentes métodos de siembra y aplicación de bacterias diazótrofes. Se estableció un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones, tres factores y dos tiempos de corte. Se evaluaron variables como porcentaje de brotación, rendimiento de materia verde (MV) y seca (MS). Los resultados muestran que el método de siembra influye en la producción de brotes ( $P < 0.0001$ ), de esta manera, se observó que los pastos bajo el método de siembra horizontal produjeron 12.57% más brotes que su contraparte vertical. Por otro lado, para el rendimiento de materia verde, nuevamente se encontró que el método de siembra influye en la producción ( $P < 0.0001$ ) ya que las dos especies de pasto produjeron mayor cantidad de biomasa bajo el método de siembra vertical con la particularidad de que la adición de bacterias también mejora este parámetro ( $P < 0.0001$ ), en este sentido, el pasto bajo el régimen de siembra vertical produjo 4.39% más con respecto al método de siembra horizontal. Finalmente, se observó que el pasto *Paspalum dilatatum* produjo mayor cantidad de materia seca independientemente de la aplicación de bacterias ( $P = 0.2416$ ) o método de siembra ( $P = 0.2144$ ), siendo 21.78% superior en rendimiento en comparación con el *Pennisetum purpureum* x *P. Typhoides*. De esta manera, se concluye que método de siembra horizontal influye en la cantidad de brotes, que la presencia de bacterias diazótrofes en el método de siembra vertical mejora la producción de materia verde en los dos pastos y que el pasto *Paspalum dilatatum* presenta mayor eficiencia en la acumulación de biomasa seca independientemente del uso de bacterias o método de siembra.

**Palabras clave:** sostenibilidad, forrajera, bacterias diazotrofes, biomasa, brotes.

**EFFECTS ON THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF *Paspalum dilatatum*  
AND *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides* UNDER DIFFERENT SOWING  
METHODS IN SELVA ALEGRE, IMBABURA.**

Autor: Troya Flores Gerardo Aarón

Universidad Técnica del Norte

Correo: [gatroyaf@utn.edu.ec](mailto:gatroyaf@utn.edu.ec)

**ABSTRACT**

Forage production faces the challenge of maximizing its yield through sustainable practices that reduce the use of synthetic fertilizers. For this reason, the objective of the present research was to evaluate the effects on the agronomic performance of *Paspalum dilatatum* and *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides* under different sowing methods and the application of diazotrophic bacteria. A split-plot design with three replications, three factors, and two cutting times was established. Variables such as sprouting percentage, green matter (GM), and dry matter (DM) yield were evaluated. The results show that the sowing method influences sprout production ( $P < 0.0001$ ). In this way, it was observed that grasses under the horizontal sowing method produced 12.57% more sprouts than those sown vertically. On the other hand, for green matter yield, it was again found that the sowing method influences production ( $P < 0.0001$ ), as both grass species produced a greater amount of biomass under the vertical sowing method, with the added effect that the application of bacteria also improved this parameter ( $P < 0.0001$ ). In this sense, grass under the vertical sowing method produced 4.39% more compared to the horizontal method. Finally, it was observed that *Paspalum dilatatum* produced a greater amount of dry matter regardless of the application of bacteria ( $P = 0.2416$ ) or sowing method ( $P = 0.2144$ ), with a 21.78% higher yield compared to *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*. Thus, it is concluded that the horizontal sowing method influences sprout quantity, the presence of diazotrophic bacteria in the vertical sowing method improves green matter production in both grasses, and that *Paspalum dilatatum* shows greater efficiency in dry biomass accumulation regardless of bacterial application or sowing method.

**Keywords:** sustainability, forage, diazotrophic bacteria, biomass, shoots.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La producción agrícola enfrenta el reto constante de equilibrar el rendimiento de los cultivos con la sostenibilidad del suelo y la reducción del impacto ambiental (Auquilla, 2024). El uso de fertilizantes nitrogenados es una práctica común para mejorar el desarrollo de cultivos, sin embargo, su eficiencia de absorción por las plantas es limitada. Según (Sánchez-de Jesús et al., 2024), más del 70% del nitrógeno aplicado en forma de fertilizantes se pierde en el ambiente, lo que contribuye a la contaminación del aire y agua.

Según Vargas et al. (2023) otro de los efectos del uso de fertilizantes es que la cantidad de nitrógeno no absorbido se filtre a través de la lixiviación, volatilización de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y acumulación de sales en el suelo en forma de nitratos, lo que resulta en el fenómeno de la eutrofización y degradación del suelo afectándose de esa forma la rentabilidad de los sistemas agropecuarios.

El desarrollo de estrategias sostenibles para mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno ha conllevado a la aplicación de microorganismos benéficos como alternativa a los fertilizantes químicos.(Arguello-Navarro y Moreno-Rozo, 2014) mencionan que las bacterias diazótroficas, han demostrado ser una alternativa eficaz para fijar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en compuestos asimilables por los cultivos, lo que reduce la incidencia en el uso de fertilizantes sintéticos.

Además, estas bacterias contribuyen a la retención de nutrientes esenciales como potasio (K), calcio (C) y magnesio (Mg), favorecen la formación de humus y aumentan la capacidad de retención de humedad en el suelo, optimizando así los procesos biológicos del ecosistema edáfico (Argüello et al., 2016).

La producción forrajera, particularmente en sistemas ganaderos, depende en gran porcentaje de la eficiencia en el establecimiento y crecimiento de los cultivos. *Paspalum dilatatum* y *Pennisetum purpureum xp. Typhoides* son de las especies más utilizadas debido a su alta producción de biomasa, rápida regeneración y valor nutritivo para el ganado (Ramos- Hernández y Martínez-Sánchez, 2020). Sin embargo, el éxito de estos

cultivos varía según las prácticas agronómicas empleadas, como el método de siembra y la interacción con microorganismos del suelo (Prudencio et al., 2020).

El manejo de los pastos influye directamente en su tasa de brotación y productividad (Muñoz et al., 2015). La siembra de esquejes en orientación vertical u horizontal puede afectar el enraizamiento, la cobertura del suelo y la distribución de la biomasa área. Según León et al. (2018) la disposición vertical de los esquejes puede favorecer una emergencia más rápida al reducir la competencia por luz y oxígeno, mientras que la siembra horizontal podría proporcionar mayor estabilidad y mejor distribución de la biomasa. La combinación de estos cultivos con la aplicación de bacterias diazótrofes representa una estrategia eficiente para incrementar la producción de forraje sin depender de fertilizantes sintéticos (Fonseca et al., 2024).

Garrido et al. (2010) demostraron que la aplicación de estas bacterias favorece la sostenibilidad de la producción forrajera y establece estrategias más eficientes que permiten mejorar la productividad, reducir costos y minimizar el impacto ambiental de la actividad agropecuaria. Además, Videira et al. (2011) identificaron una diversidad genética considerable y características promotoras del crecimiento en bacterias diazótrofes para genotipos de *Pennisetum purpureum*, por lo cual se evidenció su potencial en la mejora de la producción forrajera en un aproximado del 8%.

## **1.2 Problema**

La agricultura convencional basada en el uso de fertilizantes sintéticos ha sido uno de los métodos predominantes para la producción de pastos de corte debido a su capacidad para incrementar el rendimiento de los cultivos en períodos cortos de tiempo. Sin embargo, el manejo inadecuado de estos químicos ha generado efectos negativos en los agroecosistemas, como la degradación del suelo, pérdida de biodiversidad microbiana y contaminación de fuentes hídricas (Cardenas y Garzon, 2011). Debido a que el nitrógeno aplicado no se absorbe totalmente por las plantas el restante contribuye a la contaminación ambiental y reduce la eficiencia en la producción agrícola (González, 2019).

Uno de los efectos más perjudiciales del exceso de nitrógeno en el ambiente es la emisión de óxido nitroso ( $N_2O$ ), un gas de efecto invernadero con un impacto significativo en la destrucción de la capa de ozono y en el calentamiento global (González y Camacho, 2017). Se calcula que el  $N_2O$  generado por actividades agrícolas contribuye en un 6 % al cambio climático, además de afectar negativamente el metabolismo de las plantas al

inducir estrés oxidativo y reducir la eficiencia fotosintética (Scivittaro et al., 2020). En los suelos, el exceso de fertilización interfiere con la dinámica microbiana, lo que promueve el crecimiento de organismos patógenos en relación a las bacterias benéficas y reduce la capacidad natural del suelo para mantener su fertilidad a largo plazo (Argüello et al., 2016).

La lixiviación de nitratos hacia aguas superficiales y subterráneas representa otro problema grave asociado al uso intensivo de fertilizantes nitrogenados. Este proceso no solo afecta la calidad del agua potable, sino que también contribuye a la eutrofización de ríos y lagos (Noda, 2009). Asimismo, el nitrógeno en exceso puede modificar el pH del suelo y deteriorar su estructura, lo que disminuye su capacidad de retención de agua y nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal (Rodríguez, 2005).

Por otra parte, la rentabilidad de los sistemas ganaderos depende en gran medida del costo de producción del forraje (Ayvar-Serna et al., 2020). El desperdicio de fertilizantes, la baja eficiencia en la siembra y la ausencia de estrategias de manejo adecuadas pueden incrementar los costos por kilogramo de materia seca, afectando la viabilidad económica de los productores (León et al., 2018). Estos factores combinados con la creciente presión para reducir los impactos ambientales de la agricultura necesitan una mejor revisión de las prácticas agrícolas utilizadas en la producción de pastos, con la finalidad de mejorar su eficiencia y rentabilidad (Osechas y Becerra, 2009).

### **1.3 Justificación**

El uso de bacterias diazótroficas en la producción de pastos de corte representa una estrategia innovadora para mejorar la eficiencia en el aprovechamiento del nitrógeno en los cultivos, reducir la dependencia de fertilizantes químicos y contribuir a la sostenibilidad agrícola. Estas bacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y convertirlo en formas asimilables por las plantas, facilitando su absorción y promoviendo el crecimiento vegetal (Moreno y Galvis, 2013). Según Gutiérrez (2020) la incorporación de estas bacterias en los sistemas agrícolas resulta ser beneficioso en el aumento en la biomasa vegetal, el desarrollo radicular mejorado y una mayor resistencia de las plantas a condiciones de estrés ambiental.

Los biofertilizantes basados en bacterias fijadoras de nitrógeno han demostrado ser una alternativa eficiente a los fertilizantes químicos convencionales. Según Ojeda-Quintana et al. (2016) se ha evidenciado que especies del género *Azospirillum* no solo fijan

nitrógeno, sino que también producen fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, las cuales favorecen la elongación celular, la división celular y la absorción de agua y nutrientes por las raíces. Esta capacidad de mejorar la nutrición de las plantas sin necesidad del uso de fertilizantes nitrogenados convierte a las bacterias diazótrofes en especies claves para la producción forrajera (Fonseca et al., 2024).

Por otra parte, se ha observado que la orientación del material vegetativo al momento de la siembra influye en la capacidad de enraizamiento, el desarrollo de los brotes y la eficiencia en la absorción de nutrientes (León et al., 2018). Evaluar la interacción entre las bacterias diazótrofes y los métodos de siembra de esquejes en pastos como *Paspalum dilatatum* Y *Pennisetum purpureum* x *P. Typhoides* permite identificar prácticas agronómicas que maximicen la producción de forraje con un menor uso de químicos.

Además de los beneficios agronómicos, la aplicación de bacterias diazótrofes en el cultivo de forrajes contribuye a reducir los costos en la ganadería. El aprovechamiento de estos microorganismos fijadores de nitrógeno disminuye la necesidad de fertilizantes químicos para alcanzar rendimientos óptimos, lo que se traduce en menores gastos por kilogramo de materia seca producida (Solano y Villalobos, 2022). Esto resulta relevante para los productores que buscan incrementar su rentabilidad sin comprometer la calidad del forraje ni la sostenibilidad de sus sistemas productivos.

Por esta razón el presente estudio es de gran relevancia para el desarrollo de prácticas agroecológicas en la producción de pastos de corte. Brito et al. (2015), menciona que la evaluación de la combinación entre fertilizantes y métodos de siembra permite obtener información útil para optimizar la productividad forrajera en sistemas ganaderos.

Según Noda (2009), La incorporación de microorganismos benéficos en los sistemas agrícolas no solo representa una alternativa sostenible, sino que también se convierte en una herramienta clave para fortalecer la seguridad alimentaria y promover sistemas productivos.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General***

Evaluar los efectos en el comportamiento agronómico de *Paspalum Dilatatum* y *Pennisetum purpureum* x *P. Typhoides* bajo diferentes métodos de siembra en Selva Alegre, Imbabura.

#### **1.4.2 *Objetivos Específicos***

- Comparar los porcentajes de brotes de los pastos de corte entre siembra de esquejes vertical y horizontal.
- Determinar el rendimiento de los pastos de corte, bajo dos métodos de siembra con aplicaciones de bacterias diazótomas.
- Determinar el costo de producción por kilogramo de materia seca

#### **1.5 Hipótesis o preguntas directrices**

**Ho:** Los métodos de siembra influyen en el porcentaje de brotación y cantidad de material vegetativo de los pastos Clon 51 y King Grass

**Ha:** Los métodos de siembra no influyen en el porcentaje de brotación y cantidad de material vegetativo de los pastos Clon 51 y King Grass

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Características agronómicas de los pastos de corte

Los forrajes de corte desempeñan un papel esencial en la producción animal, y su manejo está condicionado por características agronómicas clave como el rendimiento, la relación hoja:tallo, la frecuencia y altura de corte, así como la composición química. Laiton et al. (2021) mencionan que *Brachiaria* sp. presenta elevados rendimientos de biomasa y una adecuada proporción hoja:tallo, lo que lo convierte en una opción favorable para la alimentación ganadera. De igual manera Sevilla (2011) señala que en Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) la frecuencia de corte afecta significativamente la relación hoja:tallos y el rendimiento de materia seca mientras que en intervalos de corte más largos, se observa un aumento en la proporción de tallos y fibra cruda, lo que reduce el valor nutricional. Un estudio sobre *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray mostró que diferentes alturas de corte pueden afectar el número de hojas por planta y el rendimiento forrajero donde al cortar el pasto a 10 cm puede mejorar la relación hoja:tallos y el rendimiento (Canto et al., 2023). Finalmente, la capacidad de adaptación de estas especies a diversos suelos y condiciones climáticas resulta determinante para su productividad, como ocurre con los forrajes tropicales, que muestran un crecimiento acelerado en suelos fértiles y bajo condiciones de alta luminosidad (Ramírez de la Ribera et al., 2017).

#### 2.2 Producción de pastos en el Ecuador

La producción de pastos en Ecuador presenta condiciones agroecológicas favorables en comparación con países y regiones de clima estacionales donde la disponibilidad forrajera debe ser planificada según las épocas del año (Benalcázar, 2023). En el territorio ecuatoriano, los rumiantes pueden acceder al pastoreo de manera continua sin necesidad de suplementación energética adicional, lo que confiere a la ganadería lechera una ventaja competitiva frente a otras zonas (Chimbo, 2023).

La categoría de pastos cultivados en 2024 cubrió 2 242 612 ha, lo que implicó una reducción interanual del 3.5%. A nivel regional, la Costa concentró el 48%, la Sierra el 35.4%, la Amazonía el 16.6% y las zonas no delimitadas el 0.1 % (ESPAC, 2024). En contraste, los pastos naturales ocuparon 521 436 ha, registrando un descenso del 15.4%, con una distribución regional en la que la Sierra representó el 69.08%, la Costa el 23.8%,

la Amazonía el 5.9% y las zonas no delimitadas el 0.5% (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2025).

### **2.2.1 Usos de los pastos de corte**

Los pastos de corte son una estrategia ampliamente utilizada en sistemas de producción animal tropicales y subtropicales, debido a su capacidad de generar forraje de alta calidad de forma controlada y constante, incluso en épocas críticas de escasez hídrica (González et al., 2024). A diferencia del pastoreo directo, permiten una mejor planificación del suministro de alimento al ganado, lo que reduce pérdidas por pisoteo o sobrepastoreo y facilita la conservación mediante ensilaje o henificación.

Entre las principales ventajas agronómicas se destaca su alto rendimiento de biomasa por unidad de superficie, además de permitir múltiples cortes al año gracias a su capacidad de rebrote. En este sentido Guerrero (2012) evaluó tres variedades de pastos de corte en el suroccidente ecuatoriano y observó que especies como King Grass y Maralfalfa no solo mostraron alta productividad, sino también buen perfil nutricional, con contenidos superiores al 8% de proteína cruda en etapas óptimas de cosecha.

La selección de especies debe considerar factores como la adaptabilidad edafoclimática, la calidad nutritiva y la eficiencia de rebrote. *Pennisetum purpureum*, *Pennisetum híbrido* (Maralfalfa), y *Pennisetum* spp. son ampliamente reconocidos por su uso en sistemas intensivos, gracias a su buena digestibilidad y elevada producción de materia seca por hectárea (Saavedra, 2023).

Asimismo, el uso de pastos de corte permite mantener una alimentación estable durante todo el año, mejorando la productividad en carne y leche, lo cual es fundamental en contextos donde el pastoreo rotacional o el acceso a praderas permanentes está limitado (González et al., 2024). La versatilidad de estos cultivos también facilita su incorporación en sistemas silvopastoriles o agroecológicos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

### **2.2.2 Sostenibilidad Agrícola**

En los últimos años, la sostenibilidad agrícola ha despertado un creciente interés debido a su enfoque basado en principios éticos, como el respeto y la armonía con los ecosistemas naturales. La agricultura sostenible tiene como objetivo minimizar la degradación de los suelos destinados a la producción agrícola y al mismo tiempo busca maximizar el

rendimiento de los cultivos. Para lo cual, es fundamental la implementación de estrategias integradas que incluyan el manejo de suelos y aguas, la gestión de cultivos y conservación de la biodiversidad (Martínez, 2009).

La sostenibilidad agrícola no solo depende de la gestión de recursos naturales, sino también de la integración de tecnologías y políticas con las dimensiones socioeconómicas y ambientales. En este contexto, los avances en biotecnología molecular han abierto nuevas posibilidades para mejorar la productividad de los sistemas de cultivo. Uno de los enfoques más relevantes es la manipulación de bacterias del suelo, previamente seleccionadas y evaluadas por su capacidad de promover el crecimiento vegetal. Entre ellas, destacan las bacterias diazótrofes, que contribuyen al desarrollo de las plantas a través de mecanismos como la fijación biológica de nitrógeno y la producción de fitohormonas, favoreciendo un crecimiento más eficiente y sostenible (Hernández et al., 2001).

### ***2.2.3 Fertilización Inorgánica En Pasturas***

En Ecuador, la fertilización de pasturas está determinada principalmente por el costo de los fertilizantes, sin considerar de manera integral las condiciones productivas del sistema agropecuario. Esta práctica puede derivar en aplicaciones ineficientes, ya sea por deficiencia o por un suministro desequilibrado de nutrientes (Holguin, 2021). Para optimizar la fertilización, es fundamental establecer primero la demanda de forrajera, lo que permite calcular con precisión la cantidad de fertilizante requerida en cada lote. Este proceso debe considerar la especie forrajera predominante y la capacidad del suelo para aportar nutrientes de forma natural, a fin de mantener un equilibrio adecuado entre la oferta edáfica y la demanda del cultivo (Cerdas, 2011).

El análisis de suelos es una herramienta esencial en este proceso, ya que proporciona información clave sobre su aptitud productiva, incluyendo el pH, la textura, el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes esenciales como el fósforo. Además, factores ambientales como la humedad del suelo y las condiciones climáticas durante el ciclo de crecimiento tienen un impacto significativo en la eficiencia de absorción de los nutrientes aplicados, lo que hace necesario ajustar las estrategias de fertilización en función de estas variables (Alvarado, 2022).

#### **2.2.4 Fertilización Orgánica En Pasturas**

Los pastos constituyen la base natural de la alimentación herbívora animal, además es una de las formas más económicas y menos elaboradas de producción de forraje para animales que se mantienen en condiciones de campo (Reiné et al., 2009). La aplicación de fertilizantes orgánicos en los suelos desempeña un papel fundamental en la mejora de sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Contribuye tanto a optimizar las condiciones físicas, como la aireación y la retención de agua e influye en las propiedades químicas y fisicoquímicas, al proporcionar nutrientes a las plantas y aumentar la capacidad de intercambio catiónico del suelo. La fertilización orgánica se presenta como una alternativa de fertilización, en vista de la creciente preocupación ambiental, por la contaminación de suelos y aguas, debido al manejo inadecuado de los fertilizantes comerciales y el riesgo de efecto residual de agroquímicos en los productos de origen animal (Garcés, 2011).

Por otro lado el uso de cama de pollo (gallinaza) como abono orgánico es una salida atractiva encontrada por los productores, para una producción más rentable para evitar el uso de fertilizantes químicos, principalmente la urea, además del potasio ó el fósforo (Casas y Guerra, 2020). El estiércol de aves de corral tiene compuestos ricos en nitrógeno, que ayudan en el aumento de la producción de algunos cultivos y la reducción de patógenos que sobreviven en el suelo. Además de nitrógeno (2.6-3.0% N), fósforo (3.9 a 4.5% P) y potasio (1,0-3,0% K), varios factores pueden afectar a la composición de la camada de aves de corral, tales como el tipo o la composición de la alimentación, la naturaleza y cantidad de material de revestimiento de suelos, periodo en que permanecen las aves en el material (Estrada, 2005).

#### **2.3 Bacterias diazótrofes**

Las bacterias diazótrofes son microorganismos capaces de fijar el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ), transformándolo en compuestos asimilables por las plantas, como el amonio ( $NH_4^+$ ). Este proceso, conocido como fijación biológica del nitrógeno (FBN), es fundamental para el crecimiento vegetal, ya que proporciona un suministro natural de nitrógeno, elemento esencial en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares vitales (Guzmán y Montero, 2021).

La actividad de estas bacterias es crucial en los ecosistemas agrícolas y naturales, ya que contribuye a la fertilidad del suelo y reduce la dependencia de fertilizantes nitrogenados

sintéticos. Su presencia y eficiencia pueden estar influenciadas por factores como el tipo de suelo, la disponibilidad de carbono orgánico y las condiciones ambientales (Moreno y Galvis, 2013).

### **2.3.1 Tipos De Bacterias Diazótrofas (BD)**

Las bacterias diazótrofes engloban a representantes del orden de arqueobacterias, cianobacterias y bacterias gram positivas y negativas, que poseen una amplia diversidad morfológica, genética y fisiológica. Están conformados por diversos grupos filogenéticos con la capacidad de fijar al nitrógeno atmosférico pueden habitar en diversos ecosistemas, formar simbiosis o asociarse con las plantas. Se ubican en diferentes géneros como: *Azobacter*, *Beijerinckia*, *Dexia*, *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Gluconacebacter*, *Azoarcus*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Citrobacter* y *Serratia* (Túquerez, 2021).

Adicionalmente, estas bacterias poseen la capacidad de estimular el crecimiento vegetal mediante la síntesis de hormonas reguladoras de crecimiento. Algunas de estas bacterias también pueden solubilizar compuestos ricos en fósforo, no directamente disponibles para las plantas, mediante la secreción de ácidos orgánicos y enzimas, como las fosfatasa (Torres, n.d.).

### **2.3.2 Importancia Del Uso De Bacterias Diazótrofas**

Las bacterias diazótrofes han demostrado gran capacidad para sustituir a los fertilizantes nitrogenados ya que su importancia radica en la contribución a la fertilidad del suelo, el rendimiento de las plantas a través de asociaciones simbióticas, la sostenibilidad de los sistemas agrícolas realizando la conversión requerida de nitrógeno molecular a amonio o nitrato y la contribución general al bienestar del suelo y del ecosistema (Arguello-Navarro y Moreno-Rozo, 2014).

## **2.4 Tipos de pastos de corte para la alimentación en animales bovinos**

### **2.4.1 Descripción Botánica Del King Grass (*Pennisetum purpureum* X *P. Typhoides* L.)**

El King Grass (*Pennisetum purpureum* xp. *typhoides* L.) es un pasto perenne de origen africano, se caracteriza por su porte alto y su similitud morfológica con la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Puede alcanzar hasta 3 metros de altura y presenta tallos y hojas delgadas (Lindao, 2020). Su sistema radicular es robusta, con raíces que forman cepas compactas y sólidas, las cuales pueden extenderse hasta 2 metros de profundidad,

lo que le confiere una notable capacidad de adaptación a diversos tipos de suelos y condiciones hídricas (Arias, 2012).

Desde el punto de vista reproductivo, su inflorescencia es de tipo espiga compacta y cilíndrica, con una longitud de 12 a 15 cm. Se desarrolla óptimamente en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2200 metros, bajo temperaturas ambientales comprendidas entre 18 y 30 °C. Además, requiere una precipitación mínima de 1000 mm anuales para garantizar su adecuado crecimiento y persistencia en el ecosistema forrajero (Vargas, 2018). Este pasto se destaca por su alta tolerancia a la sequía, mostrando una notable capacidad de rebrote con el inicio de la temporada de lluvias. Su preferencia edáfica se orienta hacia suelos fértiles de textura franca, con pH neutro o ligeramente ácido, y con buen drenaje para evitar encharcamientos que puedan afectar su desarrollo (Alarcon et al., 2014).

En términos de manejo agronómico, los cortes deben realizarse cada 35 a 45 días durante la época lluviosa, mientras que en periodos secos el intervalo puede extenderse hasta 60 días, dependiendo de la tasa de crecimiento. La altura óptima para el corte se sitúa entre 1.20 y 1.50 metros, y se recomienda realizarlo a ras del suelo para favorecer la regeneración del cultivo. En cuanto a sus requerimientos nutricionales, demanda una fertilización nitrogenada de aproximadamente 150 kg de N/ha/año, lo que contribuye a mantener su productividad y calidad forrajera (Guerrero, 2012).

#### **2.4.2 Descripción Botánica Del Clon 51 (*Paspalum dilatatum*)**

El Clon 51 (*Paspalum dilatatum*) es una gramínea forrajera perenne originaria de Argentina, ampliamente utilizada en sistemas de producción pecuaria debido a su alta palatabilidad, excelente digestibilidad y significativo contenido de fibra (Muñoz y Olmedo, 2022). Se caracteriza por su elevado potencial de acumulación de biomasa energética y su riqueza proteica, lo que lo convierte en una opción estratégica para la alimentación animal en regiones tropicales y subtropicales (León et al., 2018).

Desde el punto de vista morfológico, el Clon 51 es un pasto de crecimiento erecto que puede superar los 2.5 metros de altura. Se distingue por la ausencia de vello y pubescencia en sus hojas y tallos, lo que favorece su aceptación por parte del ganado. Su contenido proteico varía entre el 18% y el 22%, aunque este valor puede fluctuar en función de la fertilidad del suelo, disminuyendo en condiciones edáficas deficientes y aumentando en suelos con un adecuado nivel de nutrientes.

Una de sus principales ventajas agronómicas es su capacidad de rebrote vigoroso y su facilidad de propagación, la cual puede realizarse tanto por estacas como por rizomas y rebrotes. Su producción forrajera es altamente dependiente del manejo agronómico y de las condiciones ambientales, con rendimientos que oscilan entre 15 y 22 toneladas de materia seca por hectárea por corte, en función del intervalo entre cosechas y del nivel de fertilización aplicado (Arroyo, 2022).

El cultivo del Clon 51 es viable en un amplio rango altitudinal, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 2000 metros sobre el nivel del mar (m. s. n. m.). Su productividad está influenciada por factores edafoclimáticos, como la textura y fertilidad del suelo, la disponibilidad hídrica y la temperatura ambiental. Un manejo adecuado en términos de nutrición mineral y planificación de cortes permite optimizar su rendimiento y valor nutritivo, asegurando un suministro forrajero eficiente y sostenible para la alimentación animal (Arroyo, 2022).

## **2.5 Métodos de siembra**

### **2.6 Método de siembra vertical**

La siembra y establecimiento de los pastos constituye una tarea de primer orden en la mejora de las praderas tropicales. De esta manera la vida útil y productiva de un pasto comienza con la siembra o plantación. Una implantación adecuada garantiza una densidad óptima de población vegetal, lo que reduce el tiempo de establecimiento y favorece la persistencia del forraje en el ecosistema productivo (Chimbo, 2023b).

Entre los métodos de establecimiento, la siembra vertical se ha consolidado como una técnica eficiente para la propagación de pastos de corte (Redes de Innovación Territorial (RIT), 2019). Este procedimiento consiste en seleccionar material vegetativo con una edad aproximada de 120 días, el cual se corta en segmentos de 30 a 40 cm de longitud (León et al., 2018). Cada fragmento debe contener de dos a tres nudos y se siembra enterrando aproximadamente dos tercios de su longitud en posición vertical dentro del hoyo, mediante el uso de herramientas como chuzo o coa. Es esencial asegurar un adecuado contacto entre el material de siembra y el suelo, dejando expuestas una o dos yemas para promover la brotación (Mogollón y Quimbay, 2019).

La disposición de las plantas en el terreno es un factor determinante para el desarrollo óptimo del pastizal. Se recomienda establecer una distancia de 50 cm entre plantas dentro de la hilera y de 80 a 100 cm entre hileras, con el fin de optimizar el aprovechamiento del

espacio y los recursos edáficos, promoviendo así un crecimiento homogéneo y vigoroso del cultivo (León et al., 2018).

### ***2.6.1 Método De Siembra Horizontal***

El método de siembra horizontal de pasto de corte es una práctica agrícola eficiente que involucra la siembra de pasto en sentido horizontal en lugar de vertical. Este método consiste igualmente en seleccionar material vegetativo de una plantación que tenga más de dos cortes a 30 o 40 cm. Se corta la caña del pasto con tres a cuatro nudos para luego sembrar la planta en el surco de forma continua y tapar completamente. Los surcos deben estar separados de 40cm a 80cm ya que son unas especies muy frondosas y se desarrolla abundantemente. Este método permite una mayor cobertura del suelo, fomenta un mejor aprovechamiento de los recursos y optimiza el crecimiento del pasto (Alarcon et al., 2014).

## **2.7 Marco legal**

### ***2.7.1 Constitución De La República Del Ecuador***

En el marco de la Constitución de la República del Ecuador, se establecen diversos artículos que respaldan la importancia de utilizar enmiendas orgánicas en la agricultura y la promoción de prácticas sostenibles para garantizar la soberanía alimentaria, la preservación del medio ambiente y la calidad de los alimentos. El artículo 13 de la Constitución reconoce el derecho de las personas y colectividades al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos, promoviendo la soberanía alimentaria y fomentando la producción local en concordancia con las tradiciones culturales.

Asimismo, el artículo 15 resalta la necesidad de promover el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes, lo que respalda el enfoque de las enmiendas orgánicas como una práctica sostenible que contribuye a la protección del medio ambiente. Además, el artículo 52 establece el derecho de las personas a disponer de bienes y servicios de óptima calidad, así como a recibir información precisa y no engañosa sobre su contenido y características, lo que respalda la importancia de evaluar las propiedades del suelo en relación con las enmiendas orgánicas para garantizar la calidad de los alimentos.

En relación con la soberanía alimentaria, el artículo 281 establece que esta constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado, con responsabilidades como el fortalecimiento de la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y

orgánicas en la producción agropecuaria, la preservación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales asociados, y la regulación del uso y desarrollo de biotecnología bajo normas de bioseguridad. Estas responsabilidades respaldan la importancia de la investigación científica y la innovación tecnológica adecuadas para garantizar la soberanía alimentaria y la protección de la salud de la población (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

### ***2.7.2 Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria***

La Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA) de Ecuador establece una base legal sólida que respalda la promoción y el fomento de la producción agroecológica, orgánica y sustentable. El artículo 1 de la LORSA enfatiza el objetivo estratégico del Estado de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de manera permanente. Esta disposición legal resalta la importancia de implementar prácticas agrícolas que promuevan la soberanía alimentaria y que estén alineadas con la diversidad cultural y las necesidades de la población.

Por su parte, el artículo 14 de la LORSA establece que el Estado tiene la responsabilidad de estimular la producción agroecológica, orgánica y sustentable. Esto implica la implementación de mecanismos de fomento, programas de capacitación, líneas especiales de crédito y mecanismos de comercialización en los mercados internos y externos. Esta disposición legal respalda la importancia de brindar apoyo integral a los agricultores y comunidades rurales para que puedan adoptar prácticas agrícolas sostenibles y promover la producción de alimentos sanos y respetuosos con el medio ambiente (Asamblea Nacional del Ecuador, 2009).

### ***2.7.3 Acuerdo Ministerial N° e34***

El Acuerdo Ministerial No E 234, al designar a la Agencia Ecuatoriana del Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) como la autoridad competente para el registro, regulación y control de fertilizantes, enmiendas y acondicionadores de suelo, establece un respaldo legal relevante para mi tema de investigación sobre la evaluación de enmiendas orgánicas en las propiedades del suelo para el cultivo de avena.

Este acuerdo demuestra el interés y la preocupación del Estado ecuatoriano por garantizar la calidad y la seguridad de los productos utilizados en la agricultura, incluyendo aquellos que se utilizan para mejorar las propiedades del suelo. Al otorgar a Agrocalidad la responsabilidad de regular y controlar estos productos, se promueve la implementación

de prácticas agrícolas sostenibles y el uso adecuado de enmiendas orgánicas en beneficio de la producción agrícola y la preservación del medio ambiente (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2016).

# CAPÍTULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Caracterización del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la parroquia Selva Alegre, ubicada en la provincia de Imbabura (Figura 1). Esta zona presenta un clima semihúmedo, con temperaturas que varían entre 12 y 20 °C. En cuanto a sus características edáficas, el suelo predominante corresponde a la clasificación de Molisol, reconocida por su alta fertilidad y contenido significativo de materia orgánica.

**Figura 1.**

*Mapa de ubicación de la zona de estudio*



#### 3.1.1 Características Generales De La Comunidad San Francisco

Las características de la ubicación geográfica del área de estudio donde se realizó la investigación se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1***Características geográficas del área de estudio.*

<b>Características geográficas y climáticas del área de estudio</b>	
<b>Provincia</b>	Imbabura
<b>Cantón</b>	Otavalo
<b>Parroquia</b>	Selva Alegre
<b>Comunidad</b>	San Francisco
<b>Altitud</b>	1259 m s. n. m.
<b>Temperatura media anual</b>	12°C a 20°C
<b>Humedad relativa</b>	65 y 85 %
<b>Pluviosidad</b>	500-2000mm/año

### 3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

En la Tabla 2 se da a conocer los diferentes materiales, equipos, insumos y herramientas que se utilizaron durante todo el periodo de la investigación.

**Tabla 2**

*Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas para el desarrollo del experimento*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Herramientas</b>
Estacas	Cámara	Planta de King	Azadón
Libreta de campo	Computadora	Grass	Rastrillo
Piola	Balanza	Planta de Clon 51	Pala
Letrero	Cinta métrica	Biofertilizante	Machete
Grapas	Celular	“HAB”	Bomba de mochila
Cuadrante 1m2	Impresora		Martillo

### 3.3 Métodos

La presente investigación es de tipo experimental. A continuación, se describen los procedimientos y técnicas empleadas para la recolección, análisis e interpretación de los datos.

#### 3.3.1 Factores En Estudio

- Factor 1: Tipo de Pasto

Pasto 1: Clon 51

Pasto 2: King Grass

- Factor 2: Método de siembra

Método 1: Siembra vertical

Método 2: Siembra horizontal

- Factor 3: Aplicación de las bacterias diazótrofes

Nivel 1: Con bacterias

Nivel 2: Sin bacterias

- Factor 4: Tiempo de corte

Nivel 1: Corte 1

Nivel 2: Corte 2

### 3.3.2 *Tratamientos*

En la Tabla 3 se presentan los tratamientos que fueron ser evaluados.

**Tabla 3**

*Tratamientos*

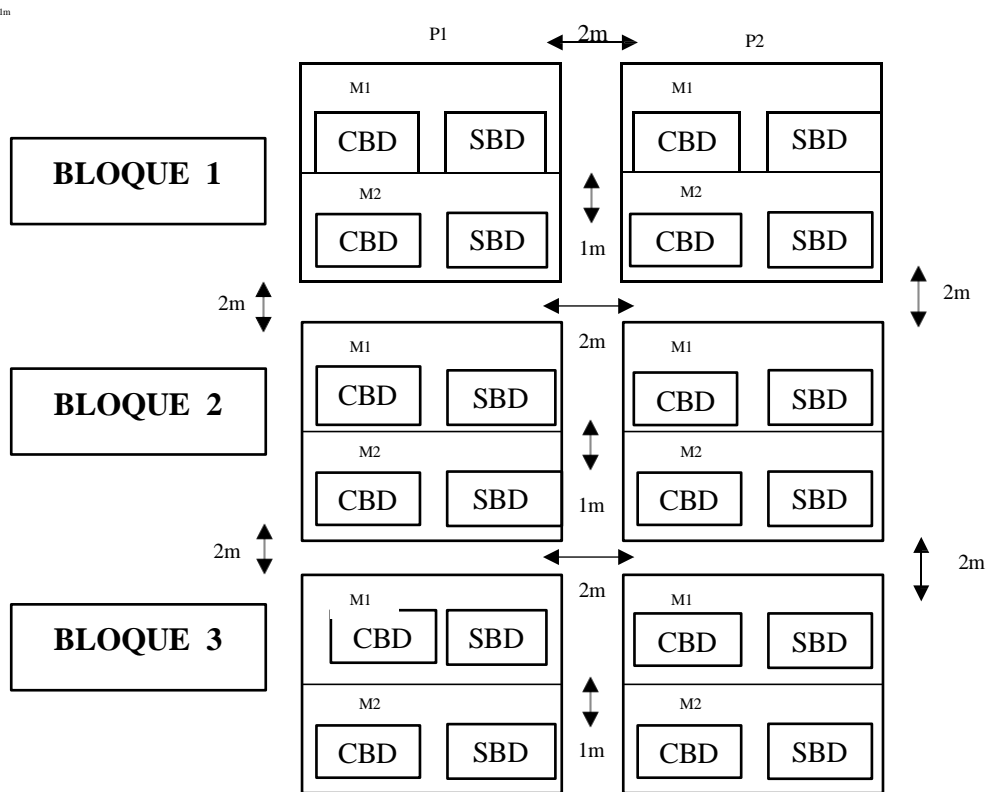
<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dosis de la solución con bacterias diazótrofes</b>
<b>T1</b>	Pasto King Grass método vertical con BD	10 ml lt <sup>-1</sup>
<b>T2</b>	Pasto King Grass método vertical sin BD	0 ml lt <sup>-1</sup>
<b>T3</b>	Pasto King Grass método horizontal con BD	10 ml lt <sup>-1</sup>
<b>T4</b>	Pasto King Grass método horizontal sin BD	0 ml lt <sup>-1</sup>
<b>T5</b>	Pasto Clon 51 método vertical con BD	10 ml lt <sup>-1</sup>
<b>T6</b>	Pasto Clon 51 método vertical sin BD	0 ml lt <sup>-1</sup>
<b>T7</b>	Pasto Clon 51 método horizontal con BD	10 ml lt <sup>-1</sup>
<b>T8</b>	Pasto Clon 51 método horizontal sin BD	0 ml lt <sup>-1</sup>

### 3.3.3 *Diseño Experimental*

Para la presente investigación, se implementó un diseño en parcelas divididas (DPD) como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.**

*Diseño experimental en bloques con parcelas divididas*



**Nota:**

- CBD: Con bacterias Diazótrofas
- SBD: Sin bacterias Diazótrofas
- M1: Método de siembra vertical
- M2: Método de siembra horizontal
- P1: Pasto King Grass
- P2: Pasto Clon 51

De la misma manera en la Tabla 4 se muestra las diversas características presentes en el proyecto.

**Tabla 4**

*Características de la unidad experimental.*

<b>Datos</b>	<b>Medidas</b>
Área total de las parcela	560 m <sup>2</sup>
Área de la unidad experimental (UE)	9 m <sup>2</sup>
Largo de la unidad experimental	3 m
Ancho de la unidad experimental	3 m
Distancia entre unidad experimental	1 m
Distancia entre bloques	2 m
Total de unidades experimentales	24

### 3.3.4 Análisis Estadístico.

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el uso del software INFOSTAT versión 2020, debido a su capacidad de evaluar y manejar diseños experimentales y realizar análisis multivariados. El experimento fue estructurado bajo un diseño de parcelas divididas, con cuatro factores: tipo de pasto, método de siembra, aplicación de bacterias diazótroficas y tiempo de corte. Este diseño permitió evaluar los efectos principales de cada factor de estudio y sus interacciones (dobles y triples).

Para determinar la significancia estadística de las diferencias de las variables agronómicas se utilizó el Análisis de varianza (ANOVA). En la Tabla 5 se presenta el análisis de las fuentes de variación y los grados de libertad asociados.

**Tabla 5**

*Análisis de varianza del experimento*

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>GL</b>
Bloque	$3-1=2$
Pasto	$2-1=1$
Error (A)=B(Pasto)	$(3-1)(2-1)=2$
Método de siembra	$2-1=1$
Error (B)=B (Método de siembra)	$(3-1)(2-1)=2$
Aplicación de bacteria	$2-1=1$
Pasto (método de siembra)	$(2-1)(2-1)=1$
Pasto (aplicación de bacteria)	$(2-1)(2-1)=1$
Pasto (método de siembra) (aplicación de bacteria)	$(2-1)(2-1)(2-1)=1$
Pasto (número de cortes)	$(2-1)(2-1)=1$
<b>Error Experimental</b>	$2+1+2+1+2+1+1+1+1+1=13$ $23-13=10$
	$3 \times 2 \times 2 \times 2 - 1 = 23$
<b>Total</b>	

Cada efecto fue contrastado mediante el uso del valor estadístico F y el valor de p, para determinar si las diferencias eran estadísticamente significativas, se tomó como umbral de significancia el nivel convencional de  $\alpha = 0.05$ .

### 3.4 Variables evaluadas

#### 3.4.1 Porcentaje de Brotación

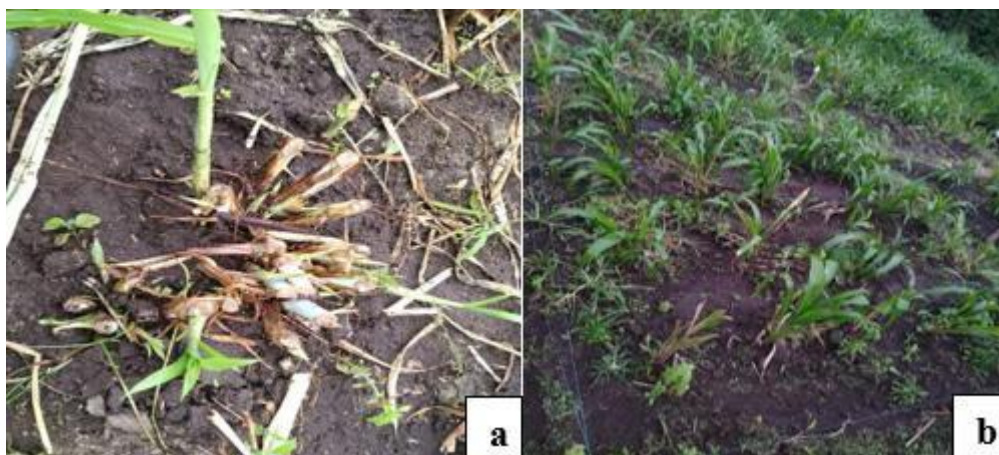
Esta variable se evaluó tras 15 días de haber realizado la siembra y para su cálculo se aplicó la Ecuación 1 propuesta por Montalván (2020) donde se contó el número de yemas germinadas y el número de individuos sembrados (Figura 3).

$$\% \text{ de brotación} = \frac{\text{número de yemas germinadas}}{\text{número de individuos sembrados}} \times 100$$

Ec. 1

#### Figura 3.

*Germinación de yemas y establecimiento de individuos en campo*



*Nota: a) Conteo en campo de yemas germinadas y b) de individuos germinados*

#### 3.4.2 Rendimiento Por Hectárea En Materia Verde (MV).

Túquerez (2021) sugiere que para esta variable se deben realizar 2 cortes a diferentes tiempos. Para aquello se arrojó un cuadrante de 50 cm<sup>2</sup> en una ubicación al azar de la unidad experimental (UE). El corte se realizó a 10cm de la emergencia del suelo para permitir su posterior macollamiento. la muestra recolectada se pesó en kg UE<sup>-1</sup> y se transformó a kg ha<sup>-1</sup> para el análisis estadístico (Figura 4).

#### Figura 4.

*Corte y recolección de material forrajero en campo*



Nota. a) Selección de un cuadrante a cortar. b) Muestra recolectada tras el primer corte

### 3.4.3 Rendimiento Por Hectárea En Materia Seca

Para lograr obtener datos de rendimiento  $\text{ha}^{-1}$  de materia seca se extrajo una muestra de 100g al azar de cada unidad experimental y se transportó al laboratorio de la Granja Experimental La Pradera de la Universidad Técnica del Norte (Figura 5). El material recolectado se fragmentó en porciones de aproximadamente 2 cm y se sometió a secado en estufa a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas, hasta alcanzar peso constante. Posteriormente, el valor obtenido se extrapoló y transformó a kilogramos de materia seca por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

### Figura 5.

*Procedimiento para la determinación de materia seca en laboratorio*



Nota: a) Reducción de cada muestra de 100g., b) Ingreso de cada muestra a la estufa para su secado., C: Pesaje de cada una de las muestras ya secas.

### 3.4.4 Costo De Producción Por Kilogramo De Materia Seca

El análisis de determinar el costo de producción de kg de materia seca es una metodología que tiene como objetivo medir la relación que existe entre los costos de un proyecto y los beneficios que otorga aplicando la Ecuación 2 (Otiniano, 2021).

$$\text{Costo por kg de Ms /ha/ año} = \frac{\text{costos totales}}{\text{kg de Ms}}$$

Ec. 2

### 3.5 Manejo específico del experimento

#### 3.5.1 Selección Del Predio

La selección del predio se realizó con base en criterios definidos que permitan condiciones óptimas para el establecimiento de los pastos (*Paspalum dilatatum* y *Pennisetum purpureum x P. Typhoides*). Por lo que se priorizó un terreno que cuente con las condiciones óptimas como la preparación de este, tras la eliminación de arvenses lo cual garantizó un nivel óptimo de fertilidad al ser un suelo con buena aireación y drenaje. De la misma manera se seleccionó un espacio con topografía en su mayoría plana excluyendo pendientes marcadas de esta manera, se redujo posibles variaciones en los datos y se aseguró la uniformidad de condiciones edáficas a lo largo del área experimental.

#### 3.5.2 Preparación De Terreno

Se estableció un área total de 560 m<sup>2</sup> para el área de estudio, para lo cual se realizaron diversas labores culturales con la ayuda de maquinaria agrícola (Figura 6). Se pasó tres manos de rastra para aflojar el suelo y airear el suelo, lo que facilita la adecuada incorporación de los nutrientes y mejorando las condiciones estructurales para el establecimiento de los pastos seleccionados.

#### Figura 6.

*Preparación de área de estudio con el uso de rastra*



#### 3.5.3 Delimitación De Parcelas

Tras haber preparado el terreno se realizó el delimitado de la zona de estudio de acuerdo con el diseño experimental. Obteniéndose un total de 24 unidades experimentales (Figura

7) con un área de 9 m<sup>2</sup>, distribuidas 8 en cada bloque, resultando 3 bloques que representan cada una de las repeticiones.

**Figura 7.**

*Delimitación de las unidades experimentales dentro del área de estudio.*



**3.5.4 Selección De La Planta**

Para la selección de plantas se tomó en cuenta el tiempo de producción que debían tener los esquejes. Se extrajeron esquejes en producción de más de 1 año calendario, en donde estos presentaron 3 y 4 nudos y una altura de 40 cm (Figura 8).

**Figura 8.**

*Selección de los patrones de pastos a sembrar.*



**3.5.5 Siembra**

Para el establecimiento del cultivo se aplicó dos métodos de siembra. El primero fue una siembra de esquejes verticales (perpendicular al piso) en donde se formaron surcos cada 40cm y la distancia entre cada planta fue de 30cm (Figura 9).

**Figura 9.**

*Establecimiento de pastos en cada una de las unidades experimentales de forma vertical.*



Para la siembra de forma horizontal se colocaron los esquejes de forma paralela al suelo. Para la siembra mediante este método horizontal la distancia de surco a surco fue de 40cm y los tallos deben ir de forma continua (Figura 10).

**Figura 10.**

*Siembra de esquejes de forma horizontal en cada una de las unidades experimentales.*



### **3.5.6 Inoculación De Las Bacterias Diazótrofas Al Suelo**

El proceso de inoculación se realizó de forma líquida, para lo cual se mezcló agua junto con las bacterias diazótrofas (10ml/l) donde se obtuvo una solución uniforme y fluida. Posteriormente se realizó la aplicación a cada una de las unidades experimentales en forma de drench. Cabe resaltar que las aplicaciones se realizaron 15 días después de la siembra hasta concluir la investigación.

**Figura 11.**

*Aplicación de bacterias diazótrofas por drench a las unidades experimentales.*



### 3.5.7 Control De Maleza

Dentro del tiempo que se llevó a cabo el experimento se realizó un control de malezas para que estas no interfirieran con los resultados finales. Para esto se realizó una limpieza cultural a mano con la ayuda de un machete o azadón para mantener limpios los caminos y entresurcos de las plantas. De esta forma se evitó el uso de herbicidas logrando conservar el suelo libre de factores químicos.

**Figura 12.**

*Limpieza de forma manual dentro de cada una de las unidades experimentales.*



### 3.5.8 Cosecha

Para el corte de pasto King Grass se tomó como referencia la inflorescencia del pasto, esto ocurrió a los 89 días post siembra. Por otra parte, el pasto Clon51 se lo cortó a los 109 días donde se mostró la senescencia en sus primeras hojas esto debido a que este pasto carece de flor. Para el estudio se realizaron dos cortes tomando en cuenta que se extraerán los datos de materia verde y seca. Para materia verde se cortó 1 m<sup>2</sup> de cada parcela, mientras que para evaluar materia seca se picó y se homogeneizó cada pasto para obtener una muestra de 100 g y llevar a los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte cabe resaltar que este mismo procedimiento se repitió para el segundo corte.

**Figura 13.**

*Cortes realizados para materia y para materia seca del primer y segundo corte.*



El segundo corte para King Grass y Clon 51 se realizó a los 57 días y 89 días post primer corte respectivamente siguiendo las mismas directrices, esto después del primer corte. Para determinar la MS se realizó el mismo procedimiento descrito anteriormente.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Porcentajes de brotes de los pastos de corte entre siembra de esquejes vertical y horizontales 15 días posteriores a la siembra.

La Tabla 6 muestra el análisis de varianza de la variable número de brotes, misma que se evaluó 15 días post siembra, la cual indica que no existe interacción entre las fuentes de variación cuando el factor bacterias entra en consideración ya que entre todos sus valores todos presentaron un  $p > 0.05$ . Por otra parte, se debe indicar que si existe interacción entre 3 de los factores en estudio como: corte:pasto:siembra. Es importante mencionar que también se encontraron interacciones entre dos factores como: pasto:siembra, corte:pasto y corte:siembra en donde los valores de  $p$  fueron  $< 0.0001$ . Lo que indicaría que el número de brotes va a depender del tipo de pasto, el método de siembra y el número de cortes.

**Tabla 6**

*Análisis de varianza del número de brotes a los 15 días del pasto King Grass y Clon 51.*

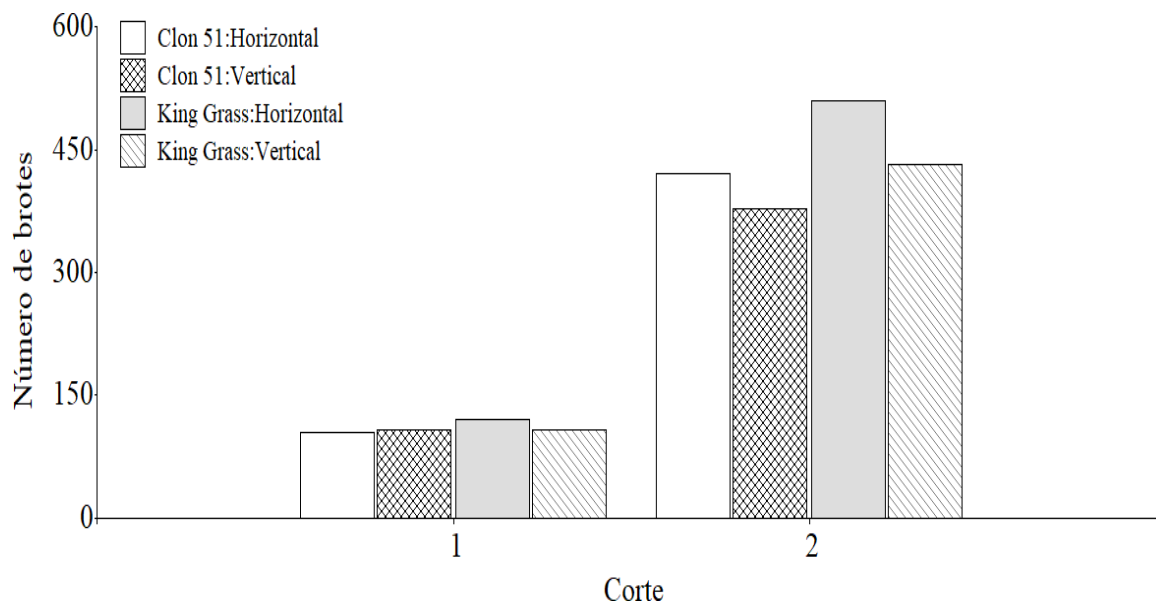
Fuentes de variación	GL	p valor
corte	1	$< 0.0001$
pastos	1	$< 0.0001$
siembra	1	$< 0.0001$
bacterias	1	0.0502
corte:pasto	1	$< 0.0001$
corte:siembra	1	$< 0.0001$
corte:bacterias	1	0.1354
pasto:siembra	1	$< 0.0001$
pasto:bacterias	1	0.4664
siembra:bacterias	1	0.2471
corte:pasto:siembra	1	$< 0.0001$
corte:pasto:bacterias	1	0.3939
corte:siembra:bacterias	1	0.6945
pasto:siembra:bacterias	1	0.9859
corte:pasto:siembra:bacterias	1	0.7285

La figura 14 muestra el comportamiento de los brotes de cada pasto (Clon 51 y King Grass) de acuerdo con el método de siembra (vertical y horizontal). Se observa que de manera general el método de siembra horizontal tuvo un mejor desempeño en cuanto al número de brotes después de cada corte. Sin embargo, se debe indicar que, en el único caso donde el método de siembra vertical fue superior al horizontal se refleja en el primer corte del pasto

Clon 51 (108 vs 105), donde el número de brotes fue en promedio superior en tan solo 2.86% (3 brotes).

**Figura 14.**

*Relación entre tipo de corte con número de brotes en los distintos métodos de siembra*



Para el número de brotes encontrados tras el primer corte, se debe indicar que en el caso del pasto King Grass, el método de siembra horizontal produjo 11.11% más brotes que su contraparte vertical (120 vs 108). Por otra parte, tras el segundo corte el método de siembra horizontal en los pastos King Grass (510 vs 432) y Clon 51 (420 vs 378) generaron 18.06 y 11.11% más brotes que en el método vertical respectivamente.

La siembra horizontal resulta una técnica favorable para el establecimiento temprano de pastos de corte, especialmente en King Grass. Su efectividad aumenta en cortes sucesivos, lo que demuestra su adaptabilidad a los ciclos productivos. Estos resultados coinciden con Moreno y Galvis (2013), quienes en sus recomendaciones para obtener un mayor rendimiento en cada corte mencionan que establecer una densidad de siembra, tipo de siembra y manejo agronómico ayuda a que el rendimiento y número de brotes sea mayor

Por otra parte Leonard et al. (2014) reportaron que la siembra inclinada, siendo similar al método de siembra vertical en esta investigación de *Pennisetum purpureum* incrementó significativamente la tasa de emergencia y la producción de materia seca debido a su alto número de brotes, en comparación con otros métodos de siembra. Paiva (2023), en un estudio con *Pennisetum* sp. Cuba 22, reportó que bajo sistemas de siembra horizontal incrementa el

rendimiento de materia verde en pastos de corte por su alto nivel de macollamiento o de rebrote, sugiriendo que la orientación del esqueje tiene efectos directos en el desarrollo inicial.

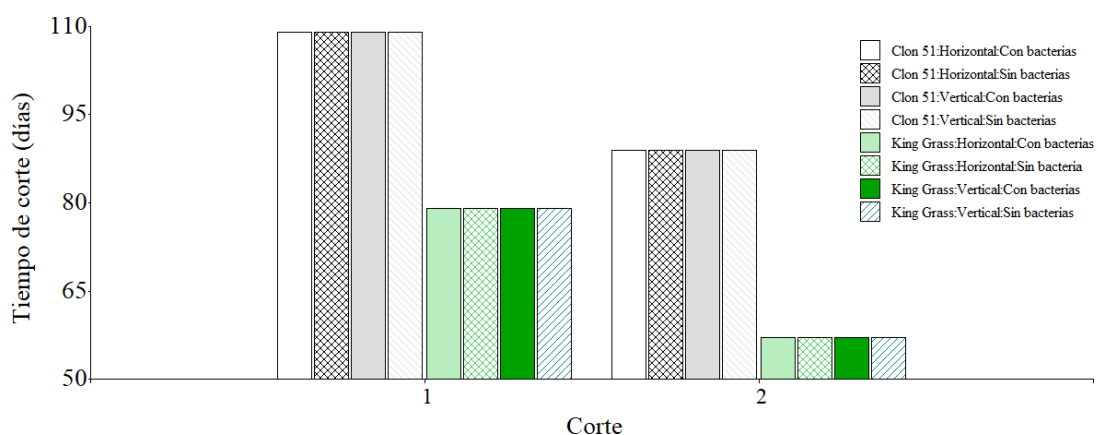
#### 4.2 Determinación del rendimiento de los pastos de corte, bajo dos métodos de siembra con aplicaciones de bacterias diazótroficas.

##### 4.2.1 Tiempo De Corte En Relación Con Los Métodos De Siembra Y Aplicación De Bacterias Diazótroficas.

Al analizar el tiempo de corte de los dos tipos de pasto utilizados *Paspalum dilatatum* y *Pennisetum purpureum x P. Typhoides* bajo dos tipos de siembra (horizontal y vertical) con la aplicación y la ausencia de bacterias diazótroficas en donde se determinó que tanto para el Clon 51 como para King Grass los tiempos de corte son de 109 y 79 días, respectivamente (Anexo 1) siendo King grass 27.52% más temprana su madurez. Estos tiempos se mantienen constantes en todas las unidades experimentales, sin que sean afectados por el método de siembra y la presencia o ausencia de inóculo de bacterias diazótroficas (Figura 15). Sin embargo, el número de días transcurridos para el segundo corte en los dos pastos en estudio se ven drásticamente reducidos. Es así como para el Clon 51 se debió esperar 89 días y para el King Grass 57 días sin que las parcelas se vean afectadas por el método de siembra y las bacterias utilizadas.

**Figura 15.**

*Relación de número de corte con el tiempo de corte en pastos CBD y SBD*



Fang et al. (2018) mencionan que después del primer corte, las plantas acumulan carbohidratos no estructurales (CNE) en estructuras subterráneas como raíces y rizomas, los cuales se utilizan para regenerar tejido foliar en fases posteriores. Este comportamiento es

característico de las gramíneas forrajeras, que presentan un rebrote más acelerado debido a la activación de yemas basales y la movilización de reservas energéticas.

Además, la defoliación induce una respuesta hormonal que favorece la brotación lateral, disminuyendo la dominancia apical e incrementando la densidad de macollos (Taiz et al., 2017). Esto contribuye a un crecimiento más rápido en los cortes subsiguientes, debido a que las plantas desarrollan una arquitectura más favorable para captar luz y regenerar biomasa.

Por otro lado, aunque la inoculación con bacterias diazotróficas (*Azospirillum*, *Herbaspirillum*, entre otras) ha demostrado mejorar la absorción de nitrógeno y el desarrollo radicular, su efecto en el tiempo de corte es limitado. Según Túquez (2021) las bacterias influyen más sobre la biomasa y la eficiencia fotosintética que sobre los intervalos de corte. De manera similar, Cortés (2020) sostiene que la interacción planta-microorganismo promueve el vigor vegetativo, pero no necesariamente acelera los ciclos fenológicos.

#### 4.2.2 Producción De Materia Verde

En la Tabla 7 se evidencia la interacción entre los factores corte, tipo de pasto, método de siembra y aplicación de bacterias diazótrofes ( $p=0.0040$ ). Esta interacción muestra que la producción de materia verde varía dependiendo de la combinación de estos cuatro factores.

**Tabla 7**

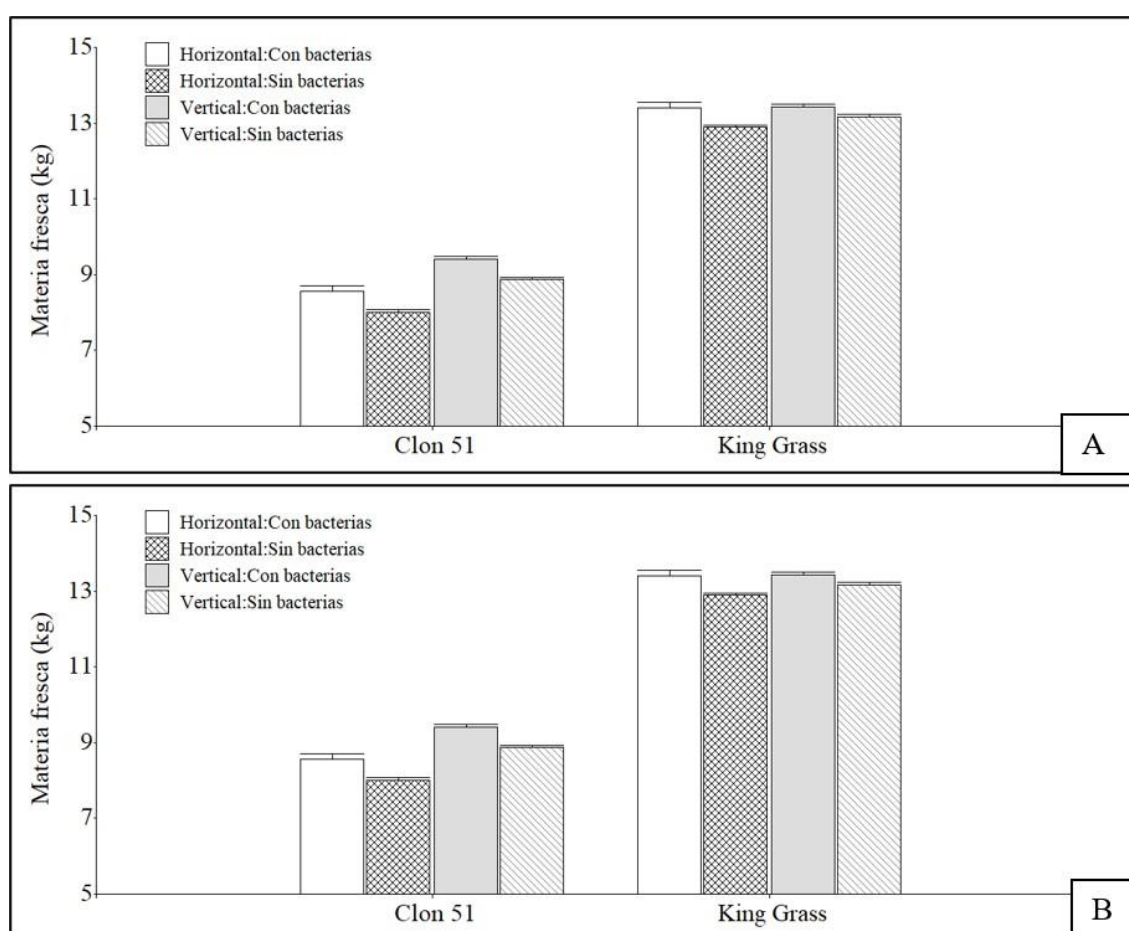
*Análisis de varianza de la producción de materia verde del pasto King Grass y Clon51*

	<b>F-value</b>	<b>p-value</b>
<b>Corte</b>	4688.54	<0.0001
<b>Pasto</b>	9773.64	<0.0001
<b>siembra</b>	125.65	<0.0001
<b>bacterias</b>	158.34	<0.0001
<b>corte:pasto</b>	54.77	<0.0001
<b>corte:siembra</b>	0.39	0.5346
<b>corte:bacterias</b>	2.11	0.1567
<b>pasto:siembra</b>	11.67	0.0018
<b>pasto:bacterias</b>	10.37	0.0031
<b>siembra:bacterias</b>	0.11	0.7409
<b>corte:pasto:siembra</b>	24.67	<0.0001
<b>corte:pasto:bacterias</b>	1.43	0.2405
<b>corte:siembra:bacterias</b>	1.58	0.2187
<b>pasto:siembra:bacterias</b>	2.98	0.0944
<b>corte:pasto:siembra:bacterias</b>	9.74	0.0040

Los resultados de la Figura 16 muestran la mayor producción de materia verde del pasto King Grass y su mejor respuesta a la inoculación de bacterias. El pasto King Grass obtuvo su rendimiento más alto en el segundo corte, con  $16.40 \text{ kg m}^{-2}$ . Este resultado se logró en el tratamiento de siembra vertical con bacterias diazotróficas (CBD), lo que representa un aumento del 4.12% sobre el mismo tratamiento sin bacterias ( $15.75 \text{ kg m}^{-2}$ ). Para el Clon 51 el rendimiento máximo también ocurrió en el segundo corte con siembra vertical y aplicación de bacterias con un valor de  $12.43 \text{ kg m}^{-2}$  superando al tratamiento de siembra vertical sin bacterias con  $0.61 \text{ kg m}^{-2}$ . Esta producción resulto notablemente inferior en comparación con el tratamiento más productivo antes mencionado, el cual superó al menos eficiente en 4.43 kg, lo que equivale un 35.6 % menos de rendimiento. Estos resultados evidencian que la aplicación de bacterias promueve un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas.

**Figura 16.**

*Producción de materia verde del pasto King Grass y Clon 51*



**Nota:** La imagen A muestra la producción de materia fresca en el primer corte del pasto King Grass y Clon 51. La imagen B corresponde al segundo corte de los pastos mencionados anteriormente.

Correa (2024) comparó rendimientos de materia verde con el pasto King Grass considerando su producción en t/ha. El estudio encontró que el abono orgánico fue 43.49% más productivo que la fertilización química con una edad de corte de 75 días después de la siembra. Resultados similares se identificaron en el estudio de Vargas (2018), en donde la aplicación de enmiendas orgánicas permite aumentar la producción del King Grass en un 65% a su rendimiento habitual. De forma similar, Rodrigues et al. (2022) evidenciaron que la aplicación conjunta de *Azospirillum brasilense* T. y *Bacillus subtilis* E. en *Pennisetum purpureum* S. promovió incrementos de entre 25 y 30 % en la producción de materia verde, especialmente en cortes posteriores al establecimiento.

#### 4.2.3 Porcentaje De Materia Seca

La Tabla 8 muestra la interacción entre los factores corte y el tipo de pasto ( $p < 0.0001$ ). Esta interacción indica que la acumulación de materia seca dependería de la especie de pasto y su respuesta fisiológica al manejo del corte.

**Tabla 8**

*Análisis de varianza con él % de materia seca de ll pasto King Grass y Clon 51*

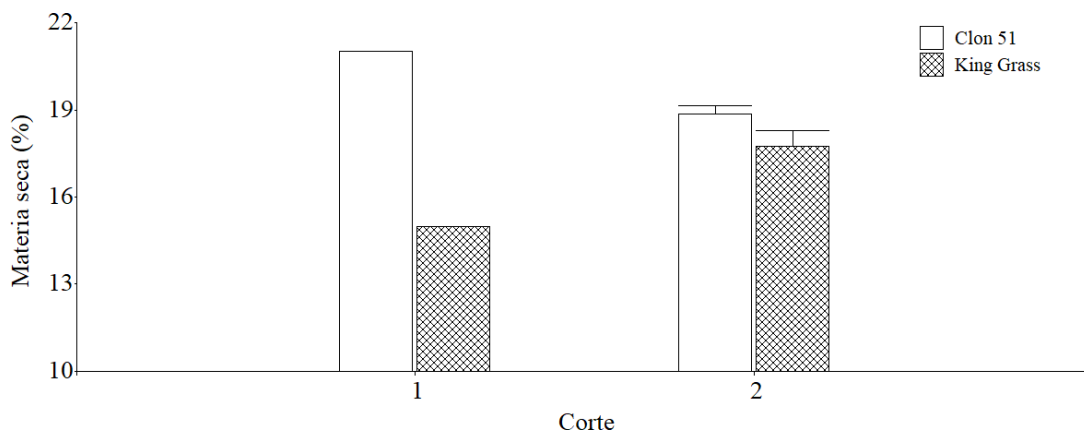
	F-value	p-value
<b>corte</b>	1.04	0.3154
<b>pasto</b>	148.03	<0.0001
<b>siembra</b>	1.61	0.2144
<b>bacterias</b>	1.43	0.2416
<b>corte:pasto</b>	69.06	<0.0001
<b>corte:siembra</b>	1.61	0.2144
<b>corte:bacterias</b>	1.43	0.2416
<b>pasto:siembra</b>	1.01	0.3234
<b>pasto:bacterias</b>	1.00	0.3261
<b>siembra:bacterias</b>	2.32	0.1386
<b>corte:pasto:siembra</b>	1.01	0.3234
<b>corte:pasto:bacterias</b>	1.00	0.3261
<b>corte:siembra:bacterias</b>	2.32	0.1386
<b>pasto:siembra:bacterias</b>	0.41	0.5253
<b><u>corte:pasto:siembra:bacter..</u></b>	<u>0.41</u>	<u>0.5253</u>

La Figura 17 indica que el Clon 51 tuvo un contenido de materia seca más elevado que el King Grass en los dos cortes estudiados. En el primer corte, el Clon 51 registró un 21.00% de MS, por lo que supera al King Gras en un 40%. Esta diferencia inicial sugiere que el Clon 51 es más eficiente en la acumulación de biomasa en su fase temprana. Sin embargo, en el segundo corte, esta ventaja se redujo significativamente. El Clon 51 obtuvo 18.86 % de MS,

mientras que el King Grass mejoró su rendimiento a 17.73% de MS. Este resultado indicaría un incremento en la eficiencia del King Grass para acumular materia seca a medida que aumenta el número de cortes.

**Figura 17.**

*Relación de cortes con porcentaje de materia seca*



Estos resultados concuerdan con el estudio de Montero de la Cueva et al. (2020) quienes observaron un incremento en el contenido de materia seca del pasto King Grass alcanzando un 17.03% de MS con la aplicación progresiva de fertilización orgánica. El estudio también evidenció un incremento en la calidad nutricional del forraje, alcanzando un contenido de proteína cruda (9.56 %) en el primer corte a los 60 días. De manera similar, Angulo y Rosero (2019) evaluaron el comportamiento del pasto a distintas edades de corte, donde encontraron que los valores de materia seca incrementan significativamente con la madurez fisiológica del pasto. De esta manera se evidencia que la eficacia en la acumulación de materia seca depende más del genotipo forrajero y su interacción con la edad de rebrote que de prácticas como la fertilización o el método de siembra.

#### **4.3 Producción de materia seca por metro cuadrado**

La Tabla 9 muestra la interacción entre los factores corte y tipo de pasto ( $p < 0.001$ ) esto se evidencia en la Figura 18 donde el rendimiento del pasto King Grass en el segundo corte muestra un incremento evidente.

**Tabla 9**

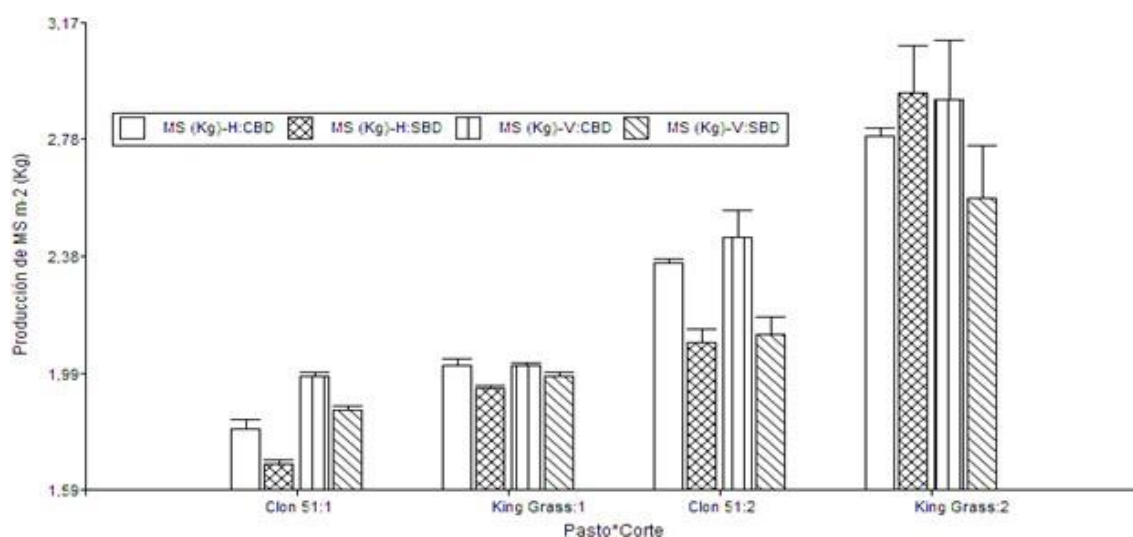
*Análisis de interacción entre los diferentes factores de estudio para rendimiento de materia seca*

	<b>F-value</b>	<b>p-value</b>
<b>Corte</b>	204.46	<0.0001
<b>Pasto</b>	65.67	<0.0001
<b>Siembra</b>	0.63	0.4323
<b>bacterias</b>	10.69	0.0027
<b>corte:pasto</b>	20.75	0.0001
<b>corte:siembra</b>	2.33	0.1378
<b>corte:bacterias</b>	1.58	0.2187
<b>pasto:siembra</b>	3.72	0.0634
<b>pasto:bacterias</b>	2.33	0.1378
<b>siembra:bacterias</b>	1.99	0.1689
<b>corte:pasto:siembra</b>	0.01	0.9167
<b>corte:pasto:bacterias</b>	0.73	0.4001
<b>corte:siembra:bacterias</b>	2.88	0.1000
<b>pasto:siembra:bacterias</b>	1.22	0.2789
<b>corte:pasto:siembra:bacterias</b>	1.73	0.1989

Al evaluar la relación pasto corte en la figura 18 se evidenció el rendimiento por metro cuadrado de los diferentes tratamientos en donde el pasto King Grass en el segundo corte sobrepasa con un 29,28 % al primer corte que tan solo alcanzó 1.98 kg/m<sup>2</sup>. De igual forma en Clon 51 el rendimiento alcanzado fue de 2.25 kg/m<sup>2</sup> para el segundo corte, en donde este superó por 0.42 kg/m<sup>2</sup> al primer corte.

**Figura 18.**

*Producción de materia seca (MS) por metro cuadrado*



Cargua-Chávez et al. (2024) mencionan en su estudio que la variedad de pasto tiene una relación directa con la producción de materia seca (kg/ha) en donde la variedad de pasto

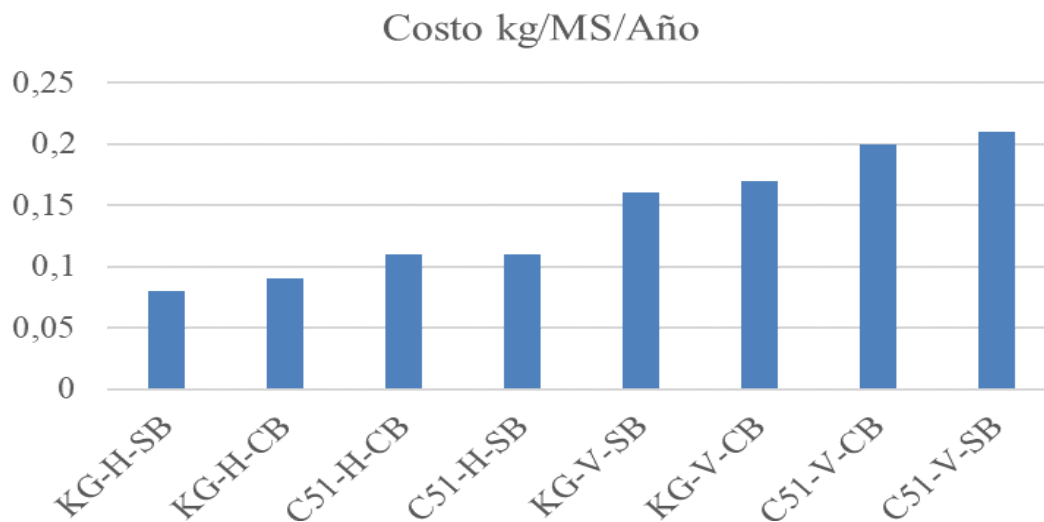
King Grass verde se asemeja a la variedad morada, superándola en 769 kg/ha. Este resultado muestra una tendencia diferente a los encontrados en la investigación ya que el King Grass sobrepasa al Clon 51 con 5,800 kg/ha. Estos datos coinciden con los encontrados por Wadi et al. (2004), en donde el King Grass produce mayor cantidad de materia seca cuando los cortes se hacen con frecuencias más largas (90 días). Sin embargo, al analizar la relación entre la aplicación de bacterias y el rendimiento de materia seca por hectárea no hay diferencia significativa ( $p=0.1378$ ), esto se debe a que si bien las bacterias diazótroficas ayudan en el desarrollo de la planta el efecto se ve determinado por agentes externos como el clima, la humedad y la sepa de bacteria que se inocule (Videira et al., 2011).

#### 4.4 Determinar el costo de producción por kilogramo de materia seca

Tras el análisis de costos de producción de cada uno de los tratamientos establecidos en campo se logró determinar que los pastos que fueron sembrados de forma horizontal resultaron ser más económicos. Dentro de este grupo la siembra del pasto King Grass resultó ser la más económica con un costo de producción de \$0.08 por cada kg ms  $m^{-2}$  año<sup>-1</sup>. Por otro lado, los métodos aplicados de forma vertical alcanzaron un costo más elevado destacando la del pasto Clon 51 sin bacterias diazótroficas con \$0.21 por cada kg ms  $m^{-2}$  año<sup>-1</sup> (Figura 19).

**Figura 19.**

*Análisis de costos de producción de kilogramo de materia seca por año*



El análisis de costos muestra que la siembra horizontal de King Grass es la opción más económica, con un costo de 0.08 USD kg ms  $m^{-2}$  año<sup>-1</sup> equivalente a (80 USD t ms/ha/año).

Por otro lado, la siembra vertical de Clon 51 sin bacterias es la más costosa, con 0.21 USD kg ms/m/año equivalente a (210 USD· t ms/ha/año). Esta diferencia de costos representa una variación del 62% en eficiencia económica entre los tratamientos. Estos resultados muestran que tanto el genotipo del forraje como el método de siembra son factores claves que determinan la viabilidad económica de la producción de biomasa.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Knoll y Anderson (2012), quienes indican que la siembra horizontal de Napiergrass (*Pennisetum*) puede incrementar los rendimientos hasta en un 25%, lo que genera una reducción directa en los costos unitarios de producción. Esta tendencia también se refleja en el comportamiento económico del King Grass, cuyo rendimiento estimado de 27 t de materia seca (MS) por hectárea guarda relación con el estudio de Islam et al. (2023), que registraron rendimientos de hasta 57 tn de materia seca por hectárea en sistemas de pequeños productores, reportando una reducción de los costos por tonelada de MS.

Por otro lado, el elevado costo asociado al Clon 51 sin inoculación bacteriana se explica por su reducido rendimiento, lo que incrementa el costo por kilogramo de forraje. Esta tendencia está respaldada por Duarte et al. (2020), quienes demostraron que la aplicación de *Azospirillum* puede incrementar la biomasa de gramíneas en aproximadamente 10%, gracias a la mejora en la fijación biológica de nitrógeno. Un aumento de esta magnitud no solo eleva la productividad por hectárea, sino que también permite reducir proporcionalmente los costos de producción, al distribuir los gastos fijos sobre un volumen mayor de biomasa obtenida. En consecuencia, la ausencia de inoculación en el Clon 51 limita su rendimiento y eleva su costo relativo frente a materiales más productivos como el King Grass.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La siembra horizontal demostró ser un método más eficiente ya que favorece el crecimiento vegetativo inicial y la capacidad de rebrote. Especialmente en King Grass, donde mostró una mejora considerable, con un aumento del 11.11% en el primer corte y un 18.06% en el segundo corte en comparación con la siembra vertical.
- La inoculación de bacterias diazótrofes ayuda a mejorar el rendimiento de los pastos estudiados ya que la producción de materia verde mostró su mejor rendimiento con el pasto King Grass, con el método de siembra vertical y la aplicación de bacterias (CBD) alcanzando 16.40 kg m<sup>-2</sup> en el segundo corte, aumentando 4.51% en comparación con el rendimiento del primer corte y una mejora del 5.6% con respecto al método de siembra vertical sin la inoculación de bacterias. Por su parte, el Clon 51 también mostró su mayor rendimiento en producción de MV en el tratamiento de siembra vertical con CBD, al registrar 12.43 kg m<sup>-2</sup>.
- En cuanto a materia seca se determinó que el pasto Clon 51 tuvo una eficiencia en el primer corte, alcanzó un 21% de materia seca, mientras que el King Grass registró un 15% de MS. Esta diferencia representa una ventaja del 40% para el Clon 51, lo que indica su capacidad para acumular biomasa en las fases iniciales. Sin embargo, esta diferencia se redujo en el segundo corte ya que el King Grass incrementó su contenido de MS en un 15,40%, acercándose significativamente al Clon 51, que alcanzó un 18.86% de MS, lo que indicaría que el King Grass mejora su eficiencia a medida que aumentan los cortes sucesivos.
- Los resultados de la producción de kilogramo de materia seca por metro cuadrado presento significancia en la relación de pasto-corte, en donde los cortes más distanciados permitieron la regeneración del forraje, es por ello que el King Grass alcanzó 2.82 kg/m<sup>2</sup> y clon 51 2.25 kg/m<sup>2</sup> sobrepasando a sus primeros cortes con 29,28 % y 18.66% respectivamente
- El análisis de costos evidenció que el método de siembra y el tipo de pasto son factores determinantes en la viabilidad económica de la producción de biomasa. La siembra horizontal de King Grass demostró ser la opción menos costosa con un costo de solo 0,08 USD/kg ms/año, en marcado contraste con el Clon 51 en siembra vertical sin bacterias kg ms m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>, que alcanzó un costo de 0,21 USD/ kg ms/ m<sup>2</sup>/ año. Esta diferencia de costos representa una variación del 62% en eficiencia económica. Este resultado no solo evidencia las diferencias entre tratamientos, sino que también demuestra que la elección del tipo de pasto y el método de siembra son decisiones clave para optimizar los costos de producción y maximizar la rentabilidad económica.

## RECOMENDACIONES

- Realizar un ensayo o investigación contigua por un periodo de tiempo más prolongado para evidenciar de mejor forma que la aplicación de bacterias diazótrofes aumentan el rendimiento de pasto King Grass y Clon 51.
- Priorizar la siembra horizontal con inoculación de bacterias diazótrofes para el establecimiento de pastos de corte, ya que este método favoreció un mayor porcentaje de brotes tanto en los primeros días como en cortes posteriores, especialmente en el pasto King Grass.
- Seleccionar el pasto Clon 51 cuando el objetivo principal sea el porcentaje de acumulación de materia seca, ya que este pasto mostró una mayor eficiencia en la producción de forraje seco, especialmente en el primer corte.
- Se recomienda realizar cortes con mayor intervalo de tiempo más largos para optimizar la regeneración del forraje y maximizar la producción de materia seca en los dos tipos de pastos ya que mostraron un mejor rendimiento en cortes posteriores.
- Enfocar el manejo agronómico en el genotipo forrajero y el ciclo de corte sobre otras prácticas como la biofertilización para obtener datos que permitan observar las características y determinar si la aplicación de bacterias diazótrofes influyen en el rendimiento del forraje y características del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcon, R., Herrera, J., Rey, Á., Pérez, J., y Hernández, G. (2014). Producción de King Grass como alimento para el ganado vacuno con riego por aspersión de baja intensidad. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(2), 40–44.
- Alvarado, A. (2022). *Efecto de diferentes niveles de fertilización química en pasto Saboya (Panicum maximum), Juján provincia del Guayas* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO\\_TAPIA\\_ALVARO\\_JOSUE.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO_TAPIA_ALVARO_JOSUE.pdf)
- Angulo, R., y Rosero, R. (2019). Efecto de la edad de corte en la producción de forraje y calidad nutricional del pasto angleton climacuna (*Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf) para la producción de heno en La Dorada (Caldas). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 32(4), 291–300.
- Arguello-Navarro, A., y Moreno-Rozo, L. (2014). Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazótroficas aisladas de suelos con cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 63(3), 238–245.
- Argüello, A., Madiedo, N., y Moreno, L. (2016). Cuantificación de bacterias diazótroficas aisladas de suelos cacaoteros (*Theobroma cacao* L.), por la técnica de Número Más Probable (NMP) Quantification of diazotrophs bacteria isolated from cocoa soils (*Theobroma cacao* L.), by the technique of Most Probabl. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 18(2), 40–47. <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n2/v18n2a06.pdf>
- Arias, J. (2012). *Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres variedades de pastos Pennisetum para corte en la zona de Pichilingue Provincia de Los Rios* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/f26e2ff8-f152-43a1-b25f-9b3499863a05>
- Arroyo, I. (2022). *Caracterización morfológica del pasto clon 51 (Pennisetum sp.) a tres edades de corte* [Tesis de pregrado, Universidad Laica “Eloy Alfaro” De Manabi]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/1101/1/ULEAM-ENF-0028.pdf>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial No. 449. [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2009). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*. Registro Oficial Suplemento 583.

[https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_lorsa.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_lorsa.pdf)

- Auquilla, E. (2024). *Análisis de las prácticas agrícolas sostenibles y su impacto en la productividad del cultivo de mango y sus derivados. Caso estudio “Tiku”* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/items/12425ad8-990b-47f8-a10d-6366d049afde>
- Ayvar, S., Díaz, J., Vargas, M., Mena, A., Tejeda, M., y Cuevas, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(1), 9–16. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Benalcázar, A. (2023). *Estudio ambispectivo sobre los pastos comúnmente sembrados en ganaderías de la provincia del Guayas* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BENALCAZAR\\_KENEZEVICH\\_AMANDA\\_MIA.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BENALCAZAR_KENEZEVICH_AMANDA_MIA.pdf)
- Brito, G., Terra, J. A., García, A., y Jaurena, M. (2015). Optimización de niveles de densidad de siembra y fertilización nitrogenada para distintos cultivares de INIA, Zona Norte. *Serie Técnica INIA*, 233, 39–42. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7468/1/ST-233-p.39-42.pdf>
- Canto, F., Ampuero, G., y Quispe, H. (2023). Effect of cutting height on agronomic parameters of *Tithonia diversifolia*. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(2), 117–121. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.518>
- Cardenas, A., y Garzon, J. P. (2011). Guía del manejo de pastos en la sierra ecuatoriana. *Iniap*, 12–13.
- Cargua-Chávez, J. E., Carrillo-Cruz, A. I., Cedeño-García, G. A., Jácome-Gómez, L. R., Valencia-Enríquez, X. P., Martínez-Sotelo, M. C., Mendoza-Vélez, C. F., Ronquillo-Narváez, E. X., Jumbo-Romero, P. A., de la Cueva, J. V., Chica-Solórzano, H. F., Cárdenas-Carrión, J. A., González-Buitrón, K. T., González-Sanango, H., y Coello-Merchán, B. M. (2024). *Alternativas de alimentación para rumiantes*. Editorial Grupo AEA. <https://www.editorialgrupo-aea.com/index.php/EditorialGrupoAEA/catalog/book/72>
- Casas, S., y Guerra, L. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. *Producción Animal*, 32(3), 1–13. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v32n3/2224-7920-rpa-32-03-87.pdf>
- Cerdas, R. (2011). Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes: Revista*

de Las Sedes Regionales, 12(24), 109–128.  
<http://www.redalyc.org/html/666/66622581007/>

- Chimbo, C. (2023a). *Evaluación de la producción forrajera del pasto maralfalfa (pennisetum purpureum sp) a diferentes edades de corte, en el centro de investigación postgrado y conservación de la biodiversidad amazónica*. [Tesis previo a la obtención de ingeniero agropecuario, Universidad Estatal Amazónica].
- Chimbo, C. (2023b). *Evaluación de la producción forrajera del pasto maralfalfa (Pennisetum purpureum sp) a diferentes edades de corte, en el centro de investigación postgrado y conservación de la biodiversidad amazónica* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica].  
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8277555>
- Correa, J. (2024). *Efecto de la época de corte, la fertilización química y orgánica en la producción de biomasa y contenido nutricional del King Grass en San Eduardo cantón Centinela del Cóndor*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Loja].  
[http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS WILSON FERNANDO.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf)
- Cortés, S. (2020). *Efecto de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal en pasto Ryegrass perenne sometido a déficit hídrico* [Tesis de Pregrado.Pontificia Universidad Javeriana].  
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3358134?show=full>
- Duarte, C. F. D., Cecato, U., Hungria, M., Fernandes, H. J., Biserra, T. T., Galbeiro, S., y da Silva, D. R. (2020). Morphogenetic and structural characteristics of Urochloa species under inoculation with plant-growth-promoting bacteria and nitrogen fertilisation. *Crop and Pasture Science*, 71(1), 82–89. <https://doi.org/10.1071/CP18455>
- Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 43–48.
- Fang, J., Qi, Y., Zhang, X., Liu, X., y Zhang, W. (2018). Carbon allocation, reallocation and carbohydrate dynamics in grasses: A review. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1767. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01767>
- Fonseca, D., Vivas, N., Cuervo, R., y Rodríguez, C. (2024). Contribución de gramíneas forrajeras a la fijación biológica de nitrógeno y su respuesta a la inoculación de diazotrofas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 446–461.
- Garcés, S. (2011). *“Efecto de la fertilización orgánica sobre la calidad nutricional Lolium multiflorum (ryegrass) en el cantón Cevallos”* [Tesis de maestría, Universidad Técnica

de Ambato].  
<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>

- Garrido, M., Cárdenas, D., Bonilla, R., y Baldani, V. (2010). Efecto de los factores edafoclimáticos y la especie de pasto en la diversidad de bacterias diazotróficas Effect of the edaphoclimatic factors and pasture species on the diversity of diazotrophic bacteria. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 403–412.
- González, A., y Camacho, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1733–1745. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.698>
- González, Á. J., Siéza, M. de la C., y Guido, J. R. (2024). Disponibilidad de biomasa y contenido de proteína cruda en dos pastos de corte, King Grass y Camerún en y sin asocio con *Leucaena leucocephala* cv Cunningham. *La Calera*, 24(42), 28–35. <https://doi.org/10.5377/calera.v24i42.18196>
- González Martínez, Á. J., Siézar Martínez, M. de la C., y Guido Álvarez, J. R. (2024). Disponibilidad de biomasa y contenido de proteína cruda en dos pastos de corte, King Grass y Camerún en y sin asocio con *Leucaena leucocephala* cv Cunningham. *La Calera*, 24(42), 28–35. <https://doi.org/10.5377/calera.v24i42.18196>
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*, 1–5. [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf)
- Guerrero, J. (2012). *Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres pastos de corte king grass (*pennisetum purpureum* x *pennisetum typhoides*), king grass morado (*pennisetum spp*) y maralfalfa (*pennisetum hibridum*) en el recinto la Independencia del cantón Ponce Enríquez*. [Tesis previa a obtener el título de ingeniero agropecuario, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Gutiérrez, L. (2020). *Producción masiva de *Azospirillum spp.*, formulación, control de calidad y su uso en la agricultura: Revisión de Literatura*. 29.
- Guzmán, D., y Montero, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), 87–101.
- Hernández, Y., Garcia, O., y Ramon, M. (2001). Utilización de algunos microorganismos del suelo en cultivos de interés para la ganadería. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*,

35(2), 85–97.

- Holguin, R. (2021). *Análisis de la incidencia de los precios de fertilizantes importados en las empresas comercializadoras de fertilizantes de Guayaquil* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23745>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2025). *Boletín técnico ESPAC 2024*.
- Islam, M. R., Garcia, S. C., Sarker, N. R., Islam, M. A., & Clark, C. E. F. (2023). Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) management strategies for dairy and meat production in the tropics and subtropics: Yield and nutritive value. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1269976. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1269976>
- Knoll, J. E., y Anderson, W. F. (2012). Vegetative propagation of Napier grass and energycane for biomass production in the southeastern United States. *Agronomy Journal*, 104(2), 518–522. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0301>
- Laiton, J., Hurtado, V., y Granados, J. (2021). Evaluación de tres especies de *Brachiaria* spp con pastoreo rotacional para ceba bovina. *Orinoquia*, 25(1), 15–22. <https://doi.org/10.22579/20112629.652>
- León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas* (U. P. Salesiana (ed.); 1st ed.). Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Leonard, I., Vargas, J. C., Uvidia, H., Torres, V., Andino, M., y Benítez, D. (2014). Influencia del método de siembra sobre la curva de crecimiento del *Pennisetum purpureum* vs. King grass en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 3(1), 33–48. <https://revistas.uea.edu.ec/index.php/racyt/article/view/35>
- Lindao, G. (2020). *Caracterización morfológica de pasto King Grass “morado” (Pennisetum purpureum), en las condiciones edafoclimáticas de Babahoyo* [[Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7995>
- Martínez, R. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible. *Tecnología En Marcha*, 22(2), 23–39. [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835851.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835851.pdf)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2016). *Acuerdo Ministerial No. E-234: Designación de AGROCALIDAD como autoridad competente para el registro, regulación y control de fertilizantes, enmiendas y acondicionadores de suelo*. <https://vlex.ec/vid/designense-funciones-agrocalidad-656499837>
- Mogollón, E., y Quimbay, Y. (2019). *La agricultura vertical como estrategia para*

- garantizar la seguridad alimentaria en términos de abastecimiento y calidad de productos en el municipio de Gachetá Cundinamarca.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)]. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/28457/1/ypquimbayd.pdf>
- Montalván, F. (2020). *Evaluación de cuatro tipos de material de propagación y dos reguladores de crecimiento en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)* [Tesis de pregrado, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6793>
- Montero de la Cueva, J., Chica, H., y Cárdenas, J. (2020). Manejo de King Grass (Pennisetum purpureum), como alternativa para el sector ganadero. In *Alternativas de alimentación para rumiantes* (pp. 55–70). Editorial GAEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.45>
- Moreno, L., y Galvis, F. (2013). Potencial biofertilizante de bacterias diazótrofes aisladas de muestras de suelo rizosférico. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 33–37. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=91532603&lang=es&site=ehost-live>
- Muñoz, E., Coello, M., Moreno, F., y Cruz, C. (2015). Metodología para la evaluación del nivel tecnológico del cultivo de Rye grass en los Andes ecuatorianos, microcuenca del río Chimborazo. *Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4(8), 88–117.
- Muñoz, J., y Olmedo, D. (2022). *Evaluación de la calidad bromatológica de dos tipos de ensilaje en el cantón Chone*. [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4840>
- Noda, Y. (2009). Las micorrizas: una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*, 32(2), 1–10. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269119695001.pdf>
- Ojeda-Quintana, L., Toledo-Hernández, L., Hernández-Hernández, C., Machado-Rodríguez, Y., y Furrázola-García, E. (2016). Influencia de la aplicación de Azospirillum lipoferum en Megathyrsus maximus vc. guinea tobiatá en suelo Pardo Grisáceo. *Pastos y Forrajes*, 39(1), 27–32. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269145163003>
- Osechas, D., y Becerra, L. (2009). Estrategias de manejo de pastizales para la producción sustentable en fincas doble propósito en el occidente de Venezuela. *Bioagro*, 21(2), 1–10.
- Otiniano, P. (2021). *Análisis del costo beneficio en la decisión de inversión en activo fijo para el proceso productivo de la empresa Inversiones Westin E.I.R.L, períodos 2020-*

- 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].  
<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3771?locale=kz>
- Paiva, R. (2023). *Influencia de la posición de siembra por esquejes en el rendimiento del forraje Pennisetum sp. Cuba 22 en Zungarococha, Loreto – 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].  
<https://repositorio.unapikitos.edu.pe/items/3c1707de-86e9-45e3-924c-8013a4b9657a>
- Prudencio, D., Hidalgo, Y., Chagray, N., Airahuacho, F., y Maguiña, R. (2020). Producción y calidad forrajera de tres especies del género Pennisetum en el Valle Altoandino de Ancash. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(1), 21–29.
- Ramírez de la Ribera, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecia, D., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J., y Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6), 1–12.  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060617/061701.pdf>
- Ramos- Hernández, E., y Martínez-Sánchez, J. (2020). Almacenes de biomasa y carbono aéreo y radicular en pastizales de Urochloa decumbens y Paspalum notatum (Poaceae) en el sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 1–20.  
<https://doi.org/10.15517/rbt.v68i2.37395>
- Redes de Innovación Territorial (RIT). (2019). Manual de sistemas silvopastoriles. In P. Natura (Ed.), *TNC* (Vol. 11, Issue 1).  
[http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484\\_SISTEM\\_PEMBETUNGAN\\_TERPUSAT\\_STRATEGI\\_MELESTARI](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI)
- Reiné, R., Barrantes, O., Broca, A., y Ferrer, C. (2009). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas* (Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (ed.); 1st ed.).  
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/59940/1/multifuncionalidadpastos2009996.pdf>
- Rodrigues, D. A., Meireles, J., Melo, J. D. G., y Oliveira Junior, O. B. de. (2022). Desarrollo forrajero de Pennisetum purpureum (Schumach) cv. BRS Kurumi en aplicación de Azospirillum brasilense (N) y Bacillus subtilis (P). *Research, Society and Development*, 11(9), e3155112739--e3155112739. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31551>
- Rodríguez, M. (2005). *Impacto ambiental del uso de fertilizantes nitrogenados en*

- agricultura* [Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires].  
[https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n3905\\_Rodriguez.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3905_Rodriguez.pdf)
- Saavedra, P. (2023). *Producción orgánica de pasto de corte king grass morado (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].  
[https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9556/Piter\\_Tesis\\_Titulo\\_2023.pdf](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9556/Piter_Tesis_Titulo_2023.pdf)
- Sánchez-de Jesús, M. A., Volke-Haller, V. H., Cortés-Flores, J. I., María-Ramírez, A., y San-Martín-Hernández, C. (2024). Aporte de nitrógeno por el suelo y eficiencia de aprovechamiento del nitrógeno aplicado en maíz de temporal. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(2), 99–107. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.2.99-107>
- Scivittaro, W., Sousa, R., da Silva, L., Cuadra, S., y Heinemann, A. (2020). Emisiones de gases de efecto invernadero en producción de arroz de riego. In M. Paredes, V. Becerra, & G. Donoso (Eds.), *100 años del cultivo del arroz en Chile: en un contexto internacional 1920--2020* (Vol. 2, pp. 652–673). INIA / FIA.  
<https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/147960>
- Sevilla, P. (2011). *LA UTILIZACIÓN DE MARALFALFA COMO ALIMENTO PRINCIPAL EN LA EXPLOTACIÓN BOVINA DE CARNE DE LA FINCA PULPANÁ DEL CANTÓN SIGCHOS*. [Tesis previa a la obtención de ingeniero agrónomo, Universidad Técnica de Ambato].
- Solano, M., y Villalobos, L. (2022). Fertilización nitrogenada en pastos del género *Cynodon*. *Nutrición Animal Tropical*, 16(1), 82–104. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i1.51542>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., y Murphy, A. (2017). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates, Oxford University Press.
- Torres, B. (n.d.). *Bacterias diazótroficas asociadas con leguminosas arbustivas con capacidad para tolerar condiciones de estrés ambiental* [Tesis de pregrado, Tecnológico de Tuxtla].  
<https://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/3092/MDRPIBQ2012063.pdf>
- Túqueréz, E. (2021). *Estudio del efecto de las bacterias diazótroficas sobre el rendimiento de tres tipos de pastos (Lolium perenne, Lolium multiflorum, Lolium hybridum) en San Juan de Ilumán, Otavalo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte].  
[https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11522/2/03\\_AG296\\_TRABAJO\\_DE\\_GRADO.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11522/2/03_AG296_TRABAJO_DE_GRADO.pdf?utm_source=chatgpt.com)

- Vargas, D. (2018). *Establecimiento de pasto King Grass (Pennisetum Sp.), con diferentes métodos de fertilización, como alternativa de alimentación de bovinos, en la finca de la UNAD Popayán, Departamento del Cauca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gde.2016.09.008><http://dx.doi.org/10.1007/s00412-015-0543-8><http://dx.doi.org/10.1038/nature08473><http://dx.doi.org/10.1016/j.jmb.2009.01.007><http://dx.doi.org/10.1016/j.jmb.2012.10.008><http://dx.doi.org/10.1038/s41598>
- Vargas, P., Alejandro, B., Centanaro, P., y Valverde, L. (2023). Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa*) en el cantón Pedro Carbo, provincia del Guayas. *Sathiri*, *18*(1), 144–157. <https://doi.org/10.32645/13906925.1196>
- Videira, S. S., Oliveira, D. M. de, Morais, R. F. de, Borges, W. L., Baldani, V. L. D., y Baldani, J. I. (2011). Genetic diversity and plant growth promoting traits of diazotrophic bacteria isolated from two *Pennisetum purpureum* Schum. genotypes grown in the field. *Plant and Soil*, *356*(1–2), 51–66. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1082-6>
- Wadi, A., Ishii, Y., y Idota, S. (2004). Effects of Cutting Interval and Cutting Height on Dry Matter Yield and Overwintering Ability at the Established Year in *Pennisetum* Species. *Plant Production Science*, *7*(1), 88–96. <https://doi.org/10.1626/pps.7.88>

## ANEXOS

### Anexo 1. Tabla de relación de número de corte con el tiempo de corte en pastos CBD y SBD

corte	Pasto	#siembra	bacterias	Variable	Media	E.E.
1	clon 51	1 H	CBD	tiempocorte	109.00	0.00
1	clon 51	1 H	SBD	tiempocorte	109.00	0.00
1	clon 51	2 V	CBD	tiempocorte	109.00	0.00
1	clon 51	2 V	SBD	tiempocorte	109.00	0.00
1	KG	1 H	CBD	tiempocorte	79.00	0.00
1	KG	1 H	SBD	tiempocorte	79.00	0.00
1	KG	2 V	CBD	tiempocorte	79.00	0.00
1	KG	2 V	SBD	tiempocorte	79.00	0.00
2	clon 51	1 H	CBD	tiempocorte	89.00	0.00
2	clon 51	1 H	SBD	tiempocorte	89.00	0.00
2	clon 51	2 V	CBD	tiempocorte	89.00	0.00
2	clon 51	2 V	SBD	tiempocorte	89.00	0.00
2	KG	1 H	CBD	tiempocorte	57.00	0.00
2	KG	1 H	SBD	tiempocorte	57.00	0.00
2	KG	2 V	CBD	tiempocorte	57.00	0.00
2	<u>KG</u>	<u>2 V</u>	<u>SBD</u>	<u>tiempocorte</u>	<u>57.00</u>	<u>0.00</u>

### Anexo 2. Costos directos de siembra vertical de King Grass con bacterias diazótrofes

COSTOS DIRECTOS SIEMBRA KING GRASS					
FASES Y ACTIVIDADES	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
PREPARACION DE TERRENO					
Rastrada		Hora	0,125	25	3,13
SIEMBRA					
Esquejes KING GRASS		Unidad	324	0,15	48,60
Bacterias Diazótrofes		ml	100	0,004	2,40
Siembra		Jornal	0,125	15	1,88
Subtotal de Siembra					52,88
LABORES CULTURALES					
Actividades agrícolas		Jornal	0,125	15	11,25

Subtotal de labores culturales					11,25
COSECHA					
Corte		jornal	0,125	15	11,25
Subtotal cosecha					11,25
TOTAL					78,5

### Anexo 3. Costos directos de siembra vertical de King Grass sin bacterias diazótrofes

COSTOS DIRECTOS SIEMBRA KING GRASS					
FASES Y ACTIVIDADES	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
PREPARACION DE TERRENO					
Rastrada		Hora	0,125	25	3,13
SIEMBRA					
Esquejes KING GRASS		Unidad	324	0,15	48,60
Siembra		Jornal	0,125	15	1,88
Subtotal de Siembra					50,48
LABORES CULTURALES					
Actividades agrícolas		Jornal	0,125	15	11,25
Subtotal de labores culturales					11,25
COSECHA					
Corte		jornal	0,125	15	11,25
Subtotal cosecha					11,25
TOTAL					76,1

### Anexo 4. Costos directos de siembra horizontal de King Grass con bacterias

#### diazótrofes

COSTOS DIRECTOS SIEMBRA KING GRASS					
FASES Y ACTIVIDADES	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
PREPARACION DE TERRENO					
Rastrada		Hora	0,125	25	3,13
SIEMBRA					
Esquejes KING GRASS		Unidad	90	0,15	13,50
Bacterias Diazótrofes		ml	100	0,004	2,40
Siembra		Jornal	0,125	15	1,88
Subtotal de Siembra					17,78
LABORES CULTURALES					
Actividades agrícolas		Jornal	0,125	15	11,25
Subtotal de labores culturales					11,25
COSECHA					
Corte		jornal	0,125	15	11,25
Subtotal cosecha					11,25

TOTAL					43,4
-------	--	--	--	--	------

### Anexo 5. Costos directos de siembra horizontal de King Grass sin bacterias

#### diazótrofas

COSTOS DIRECTOS SIEMBRA KING GRASS					
FASES Y ACTIVIDADES	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
PREPARACION DE TERRENO					
Rastrada		Hora	0,125	25	3,13
SIEMBRA					
Esquejes KING GRASS		Unidad	90	0,15	13,50
Siembra		Jornal	0,125	15	1,88
Subtotal de Siembra					15,38
LABORES CULTURALES					
Actividades agrícolas		Jornal	0,125	15	11,25
Subtotal de labores culturales					11,25
COSECHA					
Corte		jornal	0,125	15	11,25
Subtotal cosecha					11,25
TOTAL					41

### Anexo 6. Costos directos de siembra vertical de Clon 51 con bacterias diazótrofas

COSTOS DIRECTOS SIEMBRA CLON 51					
FASES Y ACTIVIDADES	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
PREPARACION DE TERRENO					
Rastrada		Hora	0,125	25	3,13
SIEMBRA					
Esquejes Clon 51		Unidad	324	0,15	48,60
Bacterias Diazótrofas		ml	100	0,004	2,40
Siembra		Jornal	0,125	15	1,88
Subtotal de Siembra					52,88
LABORES CULTURALES					
Actividades agrícolas		Jornal	0,125	15	11,25
Subtotal de labores culturales					11,25
COSECHA					
Corte		jornal	0,125	15	11,25
Subtotal cosecha					11,25
TOTAL					78,5

**Anexo 7. Costos directos de siembra vertical de Clon 51 sin bacterias diazótrofás**

COSTOS DIRECTOS SIEMBRA CLON 51					
FASES Y ACTIVIDADES	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
PREPARACION DE TERRENO					
Rastrada		Hora	0,125	25	3,13
SIEMBRA					
Esquejes CLON 51		Unidad	324	0,15	48,60
Siembra		Jornal	0,125	15	1,88
Subtotal de Siembra					50,48
LABORES CULTURALES					
Actividades agrícolas		Jornal	0,125	15	11,25
Subtotal de labores culturales					11,25
COSECHA					
Corte		jornal	0,125	15	11,25
Subtotal cosecha					11,25
TOTAL					76,1

**Anexo 8. Costos directos de siembra horizontal de Clon 51 con bacterias diazótrofás**

COSTOS DIRECTOS SIEMBRA CLON 51					
FASES Y ACTIVIDADES	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
PREPARACION DE TERRENO					
Rastrada		Hora	0,125	25	3,13
SIEMBRA					
Esquejes CLON 51		Unidad	105	0,15	15,75
Bacterias Diazótrofás		ml	100	0,004	2,40
Siembra		Jornal	0,125	15	1,88
Subtotal de Siembra					20,03
LABORES CULTURALES					
Actividades agrícolas		Jornal	0,125	15	11,25
Subtotal de labores culturales					11,25
COSECHA					
Corte		jornal	0,125	15	11,25
Subtotal cosecha					11,25
TOTAL					45,65

**Anexo 9. Costos directos de siembra horizontal de Clon 51 sin bacterias diazótrofes**

COSTOS DIRECTOS SIEMBRA CLON 51					
FASES Y ACTIVIDADES	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
PREPARACION DE TERRENO					
Rastrada		Hora	0,125	25	3,13
SIEMBRA					
Esquejes Clon 51		Unidad	105	0,15	15,75
Siembra		Jornal	0,125	15	1,88
Subtotal de Siembra					17,63
LABORES CULTURALES					
Actividades agrícolas		Jornal	0,125	15	11,25
Subtotal de labores culturales					11,25
COSECHA					
Corte		jornal	0,125	15	11,25
Subtotal cosecha					11,25
TOTAL					43,25