

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROPECUARIA

**Tema: “Evaluación de tres sistemas de siembra en la producción de una mezcla forrajera a base ray grass (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y llantén (*Plantago major*) en el Centro Experimental San Francisco”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Cuasapud Chamorro Lenin Alexander

TUTOR: Msc. Benavides Rosales Hernán Rigoberto, PhD

Tulcán, 2026

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Cuasapud Chamorro Lenin Alexander con el número de cédula 0401845904 respectivamente ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de tres sistemas de siembra en la producción de una mezcla forrajera a base ray grass (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y llantén (*Plantago major*) en el Centro Experimental San Francisco"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



Firmado electrónicamente por:  
**HERNAN RIGOBERTO  
BENAVIDES ROSALES**  
Validar únicamente con FirmaBC

---

MsC. Benavides Rosales Hernán Rigoberto PhD

**TUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Cuasapud Chamorro Lenin Alexander con cédula de identidad número 040184590-4 respectivamente declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

Cuasapud Chamorro Lenin Alexander

**AUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Cuasapud Chamorro Lenin Alexander declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de tres sistemas de siembra en la producción de una mezcla forrajera a base ray grass (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y llantén (*Plantago major*) en el Centro Experimental San Francisco" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Cuasapud Chamorro Lenin Alexander

**AUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para culminar esta etapa importante de mi formación profesional.

Mi sincero agradecimiento a mi tutor de tesis PhD. Hernán y al MSc. Guillermo, por su orientación, apoyo académico, paciencia y valiosos aportes, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

Agradezco a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por haberme formado académicamente y por haber puesto a disposición sus servicios, recursos y espacios, contribuyendo de manera significativa a mi formación profesional y al desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi familia, y en especial a mi madre, quien fue un pilar fundamental durante todo este proceso, brindándome su apoyo incondicional, tanto económico como moral, además de comprensión, motivación constante y confianza. Su esfuerzo y sacrificio fueron determinantes para la culminación de esta etapa de mi formación profesional.

A mis amigos por su apoyo y compañerismo a lo largo de este proceso, en especial a mi amiga Sandy por su colaboración y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo de investigación; así como a mi pareja, por su comprensión y apoyo constante, y a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de esta tesis.

Lenin Alexander Cuasapud Chamorro

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mí mismo, por el esfuerzo, la constancia y el sacrificio realizados a lo largo de este proceso académico, así como por la perseverancia para superar dificultades y alcanzar este objetivo.

De igual manera, lo dedico a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y acompañamiento permanente, los cuales fueron fundamentales para culminar esta etapa de mi formación profesional.

Lenin Alexander Cuasapud Chamorro

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	17
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	17
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	18
1.4.1. Objetivo General.....	18
1.4.2. Objetivos Específicos .....	18
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	19
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	20
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	20
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	23
2.2.1. Sistema de siembra .....	23
2.2.1.1. Voleo manual.....	23
2.2.1.1.1. Densidad de siembra al voleo .....	24
2.2.1.2. Voleadora manual .....	24
2.2.1.2.1. Principio de funcionamiento: .....	24
2.2.1.3 Voleadora acoplada al tractor.....	25
2.2.1.3.1. Principio de operación .....	26
2.2.1.3.2. Elementos clave del equipo .....	26
2.2.1.3.3. Regulación de la aplicación.....	27
2.2.1.3.4. Eficiencia operativa .....	27
2.2.2. Mezcla forrajera .....	27
2.2.2.1. Ray grass perenne ( <i>Lolium perenne</i> ) .....	27

2.2.2.1.1. Potencial de producción del ray grass perenne .....	28
2.2.2.1.2. Suelos aptos para el crecimiento del ray grass perenne .....	29
2.2.2.2 Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> ).....	29
2.2.2.2.1 Adaptación del trébol blanco.....	29
2.2.2.2.2 Clasificación taxonómica .....	30
2.2.2.2.3. Usos del trébol blanco en animales en pastoreo .....	30
2.2.2.2.4. Calidad Nutricional del trébol blanco .....	30
2.2.2.2.5. Establecimiento del trébol blanco .....	30
2.2.2.3 Llantén ( <i>Plantagos major. L</i> ) .....	31
2.2.2.3.1 Adaptación del llantén forrajero .....	31
2.2.2.3.2 Clasificación taxonómica .....	31
2.2.2.3.3. Usos del llantén forrajero.....	32
2.2.2.3.4. Calidad nutricional del llantén forrajero .....	32
2.2.2.3.5. Establecimiento del llantén forrajero.....	32
2.2.2.3.6. Fertilización del llantén forrajero .....	33
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....</b>	<b>34</b>
3.1.1. Enfoque .....	34
3.1.2. Tipo de Investigación.....	34
<b>3.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>34</b>
3.3.1. Definición de las variables .....	34
3.3.2. Operacionalización de las variables.....	36
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....</b>	<b>38</b>
3.4.1. Área de estudio .....	38
3.4.2. Tratamientos del diseño experimental.....	38
3.4.3. Características del diseño experimental.....	39

3.4.4. Distribución y características del experimento .....	39
3.4.5. Población y muestra de la investigación .....	40
3.4.6. Procedimientos .....	40
3.4.7. Variables evaluadas.....	41
3.4.7.1. Porcentaje de germinación.....	41
3.4.7.2. Días de germinación.....	41
3.4.7.3. Composición botánica .....	42
3.4.7.4. Producción de materia verde .....	42
3.4.7.5. Porcentaje de materia seca.....	42
3.4.7.6. Cobertura vegetal.....	42
3.4.7.7. Análisis costo - beneficio .....	43
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>43</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
4.1.1. Porcentaje de germinación.....	44
4.1.2. Días de germinación .....	45
4.1.3. Composición botánica .....	46
4.1.4. Producción de materia verde .....	47
4.1.5. Producción de materia seca.....	48
4.1.6. Cobertura vegetal.....	50
4.1.7. Análisis de costos .....	51
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de Ray Grass. ....	28
Tabla 2. Clasificación Taxonómica del Trébol blanco .....	30
Tabla 3. Clasificación Taxonómica del llantén forrajero.....	31
Tabla 4. Operacionalización de variables .....	36
Tabla 5. Tratamientos .....	39
Tabla 6. Características del experimento .....	39
Tabla 7. ANOVA para el porcentaje de germinación .....	44
Tabla 8. Prueba de Tukey al 5 % para el porcentaje de germinación .....	45
Tabla 9. ANOVA para días de germinación .....	45
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5 % para días de germinación .....	46
Tabla 11. ANOVA para la composición botánica .....	46
Tabla 12. Tukey al 5 % para la composición botánica .....	47
Tabla 13. ANOVA para la producción de materia verde .....	47
Tabla 14. Tukey al 5 % para la producción de materia verde .....	48
Tabla 15. ANOVA para producción de materia seca en Kg .....	49
Tabla 16. Tukey al 5 % para producción de materia seca en Kg .....	49
Tabla 17. ANOVA para producción de materia seca en porcentaje .....	50
Tabla 18. Tukey al 5 % para producción de materia seca en porcentaje.....	50
Tabla 19. ANOVA para cobertura vegetal .....	51
Tabla 20. Tukey al 5 % para cobertura vegetal .....	51
Tabla 21. Análisis de costos .....	51
Tabla 22. Costos de producción por ha de la mezcla forrajera Mejor tratamiento T1 .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Voleadora manual de mochila .....	25
Figura 2. Voleadora acoplada al tractor.....	25
Figura 3. Ubicación del experimento .....	38
Figura 4. Distribución del ensayo.....	40
Figura 5. Llenado de tanque del aguilón.....	65
Figura 6. Aplicación herbicida .....	65
Figura 7. Trazado de parcelas.....	65

Figura 8. Aplicación de cal .....	65
Figura 9. Semilla de ray grass.....	59
Figura 10. Mezcla de semillas .....	65
Figura 11. Fertilizante .....	66
Figura 12. Pase de rodillo .....	66
Figura 14. Conteo hojas .....	66
Figura 13. Cobertura vegetal.....	66
Figura 15. Corte del pasto .....	66

### **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC .....	61
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas .....	62
Anexo 3. Costos de producción por hectárea .....	64
Anexo 4. Proceso experimental .....	65
Anexo 5. Script para realizar el análisis estadístico en R Studio de un DBCA .....	67

## RESUMEN

La baja productividad de los sistemas ganaderos en la provincia del Carchi se atribuye, en gran medida, a deficiencias técnicas durante el establecimiento de pasturas, donde el método de siembra tradicional limita el rendimiento forrajero. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar tres sistemas de siembra: voleo manual, voleadora manual de mochila y voleadora acoplada al tractor, para determinar su eficiencia en la producción de una mezcla forrajera compuesta por *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Plantago major*. Se empleó una metodología cuantitativa de tipo experimental, bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en el Centro Experimental San Francisco. Los resultados demostraron que la siembra mecanizada con la voleadora acoplada al tractor (T1) fue estadísticamente superior, alcanzando una germinación del 91.50 % y un rendimiento de materia seca de 2534,4 kg/ha, en contraste con el voleo manual (T3) que obtuvo apenas 935,42 kg/ha y una alta incidencia de malezas del 9,05 %. El análisis económico ratificó la viabilidad del T1 con una relación beneficio/costo de 1,21. Se concluye que la tecnificación mediante siembra con la voleadora coplada al tractor garantiza una cobertura uniforme y maximiza la rentabilidad del productor lechero, constituyendo una estrategia efectiva para la sostenibilidad ganadera local.

**Palabras Claves:** Sistemas de siembra, Mezcla forrajera, Rendimiento agronómico, Rentabilidad, Mecanización agrícola.

## ABSTRACT

The low productivity of livestock systems in the province of Carchi is largely attributed to technical deficiencies during pasture establishment, where traditional sowing methods limit forage yield. The objective of this study was to evaluate three sowing systems: manual broadcasting, manual backpack spreader, and tractor-mounted spreader; to determine their efficiency in the production of a forage mixture composed of *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, and *Plantago major*. A quantitative experimental methodology was applied using a Randomized Complete Block Design (RCBD) at the San Francisco Experimental Center. The results showed that tractor-mechanized sowing (T1) was statistically superior, achieving a germination rate of 91.50% and a dry matter yield of 2,534.4 kg/ha, in contrast to the manual method (T3), which reached only 935.42 kg/ha and presented a high weed incidence of 9.05%. The economic analysis confirmed the viability of T1, with a benefit–cost ratio of 1,21. It is concluded that mechanized sowing ensures uniform coverage and maximizes profitability for dairy producers, representing an effective strategy for local livestock sustainability.

**Keywords:** Sowing systems, forage mixture, agronomic yield, profitability, agricultural mechanization.

## INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina constituye uno de los ejes dinamizadores más importantes de la economía agropecuaria en la región andina del Ecuador, siendo la principal fuente de ingresos para miles de familias rurales. En la provincia del Carchi, esta actividad ha experimentado un crecimiento sostenido, consolidándose como la tercera cuenca lechera del país (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023). Sin embargo, este desarrollo se ve constantemente desafiado por la necesidad de incrementar la eficiencia productiva por unidad de superficie, un reto que depende directamente de la disponibilidad y calidad de la base forrajera ofertada al ganado.

A pesar de las condiciones edafoclimáticas favorables de la zona alta para el desarrollo de pasturas, el rendimiento de biomasa en los sistemas de producción tradicionales se mantiene por debajo de su potencial genético. Una de las causas estructurales de esta baja productividad radica en las deficiencias tecnológicas durante la etapa de establecimiento de la pradera. La práctica generalizada de la siembra al voleo manual, si bien accesible económicamente, conlleva problemas de distribución poco uniforme de la semilla, competencia intraespecífica y espacios vacíos que favorecen la proliferación de malezas, comprometiendo la vida útil y la calidad nutricional del pastizal desde su inicio (Suttie, 2003; Swissmex-Rapid, 2024).

En este contexto, la tecnificación de las labores de siembra surge como una alternativa viable para optimizar el uso de recursos y maximizar los rendimientos. El uso de implementos como voleadoras manuales de mochila o acopladas al tractor permite, en teoría, una dosificación precisa y una cobertura uniforme; no obstante, su adopción en la localidad es aún limitada debido a la falta de validación local que demuestre su costo-beneficio frente al método convencional. Además, la innovación en la composición de las mezclas forrajeras, mediante la inclusión de especies estratégicas como el *Lolium perenne* (energía), *Trifolium repens* (proteína) y *Plantago major* (minerales y resistencia), requiere de protocolos de establecimiento ajustados para garantizar la persistencia de todos sus componentes. Se ha documentado la pertinencia de esta mezcla específica en la región de Carchi, lo que justifica su elección (Quelal, 2023).

La presente investigación se enfoca en evaluar comparativamente tres sistemas de siembra: voleo manual, voleadora manual de mochila y voleadora acoplada al

tractor, con el propósito de determinar cuál método ofrece las mejores condiciones para el establecimiento de una mezcla forrajera de alto valor. El estudio analiza variables agronómicas críticas como la uniformidad de germinación, composición botánica y rendimiento de materia seca, así como la viabilidad económica de cada sistema. Los resultados obtenidos pretenden dotar al productor carchense de criterios técnicos objetivos para transitar hacia una ganadería más eficiente, rentable y sostenible.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ganadería lechera constituye uno de los pilares fundamentales de la economía agropecuaria en la región andina. En Ecuador, aproximadamente el 96% de la producción ganadera se desarrolla bajo sistemas extensivos basados en el pastoreo (Rodríguez, 2024), siendo la provincia del Carchi la tercera mayor productora de leche a nivel nacional, con un volumen estimado de 380,000 litros diarios (Prefectura de Imbabura, 2023). Sin embargo, a pesar de esta relevancia estratégica, el sector enfrenta una brecha productiva significativa: el promedio de producción en la zona es de apenas 9.4 litros/vaca/día, muy por debajo del potencial de 15 a 18 litros que alcanzan las fincas tecnificadas (Morocho *et al.*, 2025).

Esta baja productividad no se debe a la falta de genética animal, sino principalmente a la deficiente oferta forrajera, tanto en cantidad como en calidad. Investigaciones recientes en el trópico alto señalan que el déficit energético de las dietas, derivado de pasturas mal establecidas y manejadas, es la mayor limitante para la productividad animal (Cardona *et al.*, 2020). La crisis se agudiza en épocas de sequía, donde la falta de reservas forrajeras y el manejo inadecuado de las praderas han provocado caídas de hasta un 20% en la producción de leche de los pequeños ganaderos (El Comercio, 2024).

El origen de la baja productividad forrajera en la región se encuentra, en gran medida, en la etapa de establecimiento de la pastura, donde el método de siembra predominante es el voleo manual, una técnica ancestral que, si bien es de bajo costo inicial, carece de precisión técnica; de hecho, la siembra manual genera una distribución heterogénea de la semilla (Swissmex, 2024), lo cual provoca dos problemas agronómicos críticos: zonas de alta densidad, donde el hacinamiento causa que las plántulas compitan excesivamente por luz y nutrientes, generando plantas débiles y susceptibles a enfermedades, y espacios vacíos o "calvas", que son rápidamente colonizados por malezas agresivas como el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), las cuales compiten por recursos y reducen significativamente la vida útil de la pradera (FAO, 2024).

A pesar de que existen tecnologías de siembra mecanizada (voleadoras acopladas al tractor) o semi-mecanizada (voleadoras manuales de mochila) que prometen mejorar la uniformidad y eficiencia del establecimiento, su adopción es limitada debido a la falta de estudios locales que validen su rentabilidad frente al método tradicional. El desconocimiento sobre la densidad óptima y la eficiencia comparativa de estos sistemas lleva al productor a mantener prácticas ineficientes que perpetúan los bajos rendimientos y elevan los costos unitarios de producción por litro de leche.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera influyen los sistemas de siembra (voleo manual, voleadora manual de mochila y voleadora acoplada al tractor) en la uniformidad de establecimiento, composición botánica y rendimiento productivo de una mezcla forrajera de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Plantago major* en el Centro Experimental San Francisco?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación se justifica desde una triple perspectiva: técnica-productiva, económica y socioambiental, respondiendo a la necesidad crítica de optimizar los sistemas de producción lechera en la provincia del Carchi.

Relevancia técnica y productiva: La eficiencia en el establecimiento de pasturas es el punto de partida para cualquier sistema ganadero exitoso. En la actualidad, la mayoría de los pequeños y medianos productores de la zona alta del Carchi continúan empleando métodos de siembra manuales y empíricos, lo que resulta en praderas con baja densidad poblacional, distribución heterogénea y alta susceptibilidad a la invasión de malezas. Esta deficiencia técnica limita la expresión del potencial genético de mezclas forrajeras de alto valor como *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Plantago major*. La validación de sistemas de siembra mecanizados (voleadoras) no solo busca incrementar el rendimiento de biomasa por hectárea, sino también garantizar una cobertura vegetal uniforme que actúe como barrera natural contra la erosión y la competencia de especies arvenses, asegurando una oferta forrajera estable y de calidad nutricional superior para el ganado lechero (INIAP, 2024).

Impacto Económico: El sector lechero enfrenta un escenario de márgenes de utilidad cada vez más estrechos, donde el costo de alimentación representa entre el 60% y 70% de los costos totales de producción. La ineficiencia en la siembra se traduce directamente en pérdidas económicas por dos vías: el desperdicio de semilla

(costosa y a menudo importada) debido a tasas de germinación subóptimas, y la necesidad de resiembras o control químico de malezas a corto plazo. Al identificar el sistema de siembra más costo-efectivo, esta investigación proporciona al ganadero una herramienta de decisión financiera basada en datos reales, permitiéndole maximizar el retorno de su inversión inicial y reducir el costo unitario por litro de leche producido, factor clave para la competitividad en el mercado actual (EOS Data Analytics, 2025).

**Beneficio Socioambiental:** Desde la perspectiva social, la tecnificación de labores agrícolas como la siembra contribuye a dignificar el trabajo del productor rural, reduciendo la fatiga física asociada a las labores manuales y liberando tiempo para otras actividades de gestión de la finca, lo que favorece el desarrollo socioeconómico (Pérez & Roldán, 2025). Ambientalmente, la incorporación estratégica de especies como el *Plantago major* y el *Trifolium repens* en la mezcla forrajera promueve servicios ecosistémicos vitales (Quelal, 2024) el trébol fija nitrógeno atmosférico reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos (Molina & Valencia, 2018), mientras que el sistema radicular profundo del llantén mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención hídrica. Optimizar el método de siembra para estas especies implica fomentar una ganadería más resiliente al cambio climático y menos demandante de agroquímicos, alineándose con los principios de una agricultura sostenible y responsable (Vallejo *et al.*, 2025).

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

##### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar tres sistemas de siembra en la producción de una mezcla forrajera a base de ray grass (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y llantén (*Plantago major*) en el Centro Experimental San Francisco.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar qué sistema de siembra (voleo manual, voleadora manual de mochila y voleadora acoplada al tractor) me permite alcanzar la mayor cantidad de materia verde y materia seca de la mezcla forrajera (ray grass, trébol y llantén) aplicados en el Centro Experimental "San Francisco".
- Identificar qué sistema de siembra (voleo manual, voleadora manual de mochila y voleadora acoplada al tractor) permite alcanzar una cobertura vegetal

equilibrada en cuanto a la composición botánica que conforma la mezcla forrajera (ray grass, trébol y llantén) en el Centro Experimental "San Francisco".

- Evaluar cual sistema de siembra aplicado a la mezcla forrajera (ray grass, trébol y llantén) otorga mayor rentabilidad para el productor.

#### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál de los sistemas de siembra evaluados permite alcanzar la mayor cantidad de materia verde (MV) y materia seca (MS) de la mezcla forrajera ray grass (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y llantén (*Plantago major*) aplicados en las condiciones específicas del Centro Experimental "San Francisco"?
- ¿Qué sistema de siembra permite alcanzar la cobertura vegetal más equilibrada en términos de la composición botánica (ray-grass, trébol y llantén) de la mezcla forrajera en el Centro Experimental "San Francisco"?
- ¿Cuál de los sistemas de siembra aplicado a la mezcla forrajera a base de ray grass (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y llantén (*Plantago major*) proporciona la mayor rentabilidad económica para el productor ganadero?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Giudice (2018), llevó a cabo una investigación con el objetivo de evaluar el impacto de la distribución espacial y la fertilización nitrogenada en la implantación de la grama Rhodes (*Chloris gayana Kunt.*) en ambientes de la Pampa Deprimida, buscando incrementar la producción de forraje estival en suelos salino-sódicos. El diseño implementado fue un Diseño en Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA) con cinco repeticiones. Los tratamientos combinaron dos distribuciones de siembra (voleo vs. líneas) con dos niveles de fertilización (sin N y 100 kg de N/ha), resultando en cuatro combinaciones por cultivar. Las variables de estudio incluyeron el reclutamiento de plántulas, la velocidad y eficiencia de implantación (%), la capacidad de estolonización y macollaje, y la producción de materia seca (kg MS/ha) en cuatro momentos fenológicos. Los resultados demostraron que, para las condiciones de este ensayo, el tratamiento Voleo Fertilizado (VF) fue el más eficaz, obteniendo los mayores valores de reclutamiento (66.40 pl/m<sup>2</sup>) y eficiencia de implantación (4.43%). La producción de Materia Seca (MS) en los tratamientos al voleo (con o sin fertilización) fue en promedio 2.5 veces superior (8445 kg MS/ha) a la obtenida con los tratamientos en línea, concluyendo que la combinación de siembra al voleo con fertilización nitrogenada maximiza el establecimiento y la productividad de la grama Rhodes.

La investigación de Vélez (2019), titulada "adaptabilidad de seis variedades de ryegrass y su desempeño productivo en la hacienda Tajamar, cantón Cayambe", tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico de seis cultivares de Ryegrass. El ensayo se estableció mediante un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cinco repeticiones y una estructura de tratamientos de parcela dividida (3x6). Las variables estudiadas incluyeron el porcentaje de germinación, la altura de planta, la tasa de crecimiento, el porcentaje de cobertura, la producción de materia verde (MV) y la producción de materia seca (MS). El análisis estadístico se basó en el Análisis de Varianza (ANOVA), encontrando que la interacción variedad x corte no fue significativa ni para el porcentaje de cobertura (P=0.1166) ni para la

producción de materia seca ( $P=0.6424$ ). En cuanto a los resultados, la variable porcentaje de germinación fue máxima en T3 ('Alto') con 91% y mínima en T1 ('Shogun') con 56%. El cultivar T4 ('Hogan') mostró el mejor desarrollo vegetativo, alcanzando la mayor altura de planta promedio (39.69 cm) y la tasa de crecimiento más alta (1.64 cm/día). A nivel descriptivo, la producción de forraje verde más alta fue para T4 ('Hogan') con 26,372.6 kg MV/ha. Sin embargo, en producción de materia seca (con un intervalo de corte de 28 días), el mayor rendimiento lo obtuvo T2 ('Bealey') con 3,448.36 kg MS/ha (14.31% MS), seguido de T1 ('Shogun') con 3,126.91 kg MS/ha, mientras que T6 ('Viscount') presentó el rendimiento más bajo (2,698.11 kg MS/ha), concluyendo que la adaptabilidad y el desempeño productivo variaron considerablemente entre cultivares, siendo 'Bealey' y 'Hogan' los de mejor rendimiento productivo.

Paucar (2012), realizó una investigación con el objetivo de evaluar y caracterizar morfoagronómicamente el *Plantago lanceolata* (llantén forrajero) en Sicalpa, Chimborazo (Ecuador). El diseño implementado incluyó un total de ocho unidades experimentales con cuatro repeticiones, utilizando una dosis de 2 kg/ha de semilla. Los tratamientos compararon dos sistemas de siembra: siembra en hileras y siembra al voleo, en parcelas de 24 m<sup>2</sup> durante 120 días. Las variables de estudio se centraron en la fenología y la productividad, incluyendo la altura de planta, los tiempos de ocurrencia fenológica (pre floración, floración, post floración), la producción de materia fresca (t/ha/corte), materia seca (t/MS/ha/corte) y el porcentaje de proteína. Los resultados concluyeron que la siembra en hilera fue el mejor método de cultivo, registrando diferencias significativas y produciendo el mayor rendimiento (29.77 t/fv /ha /corte y 3.65 t /MS /ha /corte) con un alto contenido de proteína (17.15%). El sistema al voleo fue el menos recomendable debido a bajos rendimientos y menor población de plantas, derivado de la deficiente distribución y el encharcamiento. Por lo tanto, se recomienda emplear el sistema de siembra en hileras en el establecimiento de llantén por su mayor uniformidad, mejor distribución de agua y control de malezas.

La investigación de Pizango (2013), titulada "Influencia de tres métodos de siembra, tacarpo, voleo y esqueje, en la fase de establecimiento de la especie forrajera *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, en trópico húmedo - Yurimaguas" se llevó a cabo utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA). Las variables estudiadas fueron la altura de planta, el porcentaje de cobertura y el número de plantas por metro

cuadrado. Los datos obtenidos fueron sometidos a Análisis de Varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba de Tukey utilizando el programa estadístico SAS. Los resultados indicaron que no existe diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los métodos de siembra en la fase de establecimiento de *Brachiaria brizantha*. Específicamente, para la variable altura de plantas/ m<sup>2</sup>, no se encontró diferencia significativa, aunque el método al voleo presentó mayor altura, lo que se atribuyó a la competencia por luz solar debido a la alta aglomeración de plantas. En cuanto al porcentaje de cobertura, se observó un mayor incremento entre las semanas 4 y 8 para todos los métodos. Sin embargo, a la semana 12, el método con esqueje (68.33%) superó ligeramente al método al voleo (60.83%), lo cual se presume es debido al desarrollo radicular inicial de los esquejes, que facilita la absorción de agua. Finalmente, para la variable número de plantas/m<sup>2</sup>, el método con tacarpo tuvo mayor desarrollo a las 4 y 12 semanas, mientras que al voleo fue superior en la semana 8. La conclusión principal del estudio fue que los métodos de siembra (tacarpo, voleo y esqueje) no ejercen una influencia significativa en el establecimiento final de la especie forrajera.

El estudio de Ramírez *et al.* (2013), titulado "Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte" tuvo como objetivo evaluar el rendimiento y el valor nutritivo del forraje de avena bajo diferentes manejos de siembra y cosecha. El diseño experimental se estableció mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo de parcelas sub-divididas, donde la localidad fungió como repetición, y el sistema de siembra, el estado de madurez al corte y la variedad se asignaron como factores. Las variables estudiadas incluyeron el rendimiento de materia seca (MS) en kg/ha, la composición química del heno (% de proteína cruda y fracciones de fibra), la materia seca digestible (MSD, %) y la energía neta de lactancia (ENL, Mcal/kg). El análisis estadístico (ANOVA) mostró que el sistema de siembra no afectó significativamente ni al rendimiento ( $P = 0.20$ ) ni a la composición química ( $P > 0.05$ ). No obstante, los resultados revelaron un fuerte efecto del estado de madurez: el rendimiento de MS se incrementó linealmente ( $P < 0.01$ ) con la maduración, pasando de 2,247 kg/ha a 4,475 kg/ha entre la Etapa de Embuche y la Madurez Fisiológica (MF), respectivamente. En paralelo, la proteína cruda disminuyó cuadráticamente ( $P < 0.01$ ), pero la disminución de las fracciones de fibra ( $P < 0.05$ ) resultó en un aumento lineal ( $P < 0.05$ ) de la MSD y la ENL. El estudio concluyó que la mejora en la calidad química del heno de avena, evidenciada por la disminución de fibra y el aumento

de ENL, está determinada principalmente por la cosecha en estados de madurez más avanzados (cerca de MF).

El estudio de Bolaños (2021), titulado "Efecto de la fertilización foliar orgánica como complemento de la fertilización edáfica tradicional en Rye grass perenne (*Lolium perenne*)", evaluó el impacto de bioestimulantes sobre el rendimiento y calidad del forraje en el Carchi mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos (Biol, Humus líquido, fertilizante químico Agronitrógeno y un testigo). Las variables analizadas incluyeron la altura de planta, el rendimiento de materia seca (MS) y la composición bromatológica, reportando que el tratamiento químico (Agronitrógeno) obtuvo el desempeño superior con una altura de 29,07 cm y una producción de 47,48 t MS/ha/año, frente a los 36,31 t MS/ha/año del testigo. En el ámbito nutricional, la fertilización química influyó significativamente en los niveles de grasa (2,90%) y cenizas (11,71%), mientras que el análisis financiero determinó que este mismo tratamiento logró el mejor costo por kilogramo de materia seca con un valor de \$0,24 USD, concluyendo que la suplementación foliar química es la estrategia más eficiente para maximizar la productividad y rentabilidad del Ryegrass en la zona altoandina.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### 2.2.1. Sistema de siembra

El sistema de siembra constituye la operación crítica inicial que determina la densidad poblacional, la uniformidad de la cobertura y el éxito final del establecimiento de la pradera. Agronómicamente, su objetivo es situar la semilla en el sitio y profundidad adecuados para garantizar su contacto con el suelo y la humedad, factores que impactan directamente en la germinación y el rendimiento final del cultivo (INIAP, 2005).

#### 2.2.1.1. Voleo manual

La siembra al voleo es la técnica predominante para el establecimiento de pasturas debido a su bajo costo operativo y capacidad para cubrir grandes superficies rápidamente. Consiste en la distribución aleatoria de semillas sobre la superficie del suelo. Sin embargo, su éxito depende críticamente de la "uniformidad de distribución". Según Swissmex (2024), el principal desafío de este método es lograr una dispersión homogénea; cuando se realiza incorrectamente, genera parches de alta densidad

(competencia excesiva intraespecífica) y espacios vacíos o "calvas" que reducen el rendimiento potencial y permiten la invasión de malezas.

El voleo manual depende enteramente de la pericia y el ritmo del operario. Aunque es la técnica con menor inversión inicial, estudios señalan que la irregularidad en el paso y el movimiento del brazo pueden generar coeficientes de variación superiores al 30% en la distribución de semillas, resultando en una cobertura vegetal heterogénea (Sumire, 2022).

#### 2.2.1.1.1. Densidad de siembra al voleo

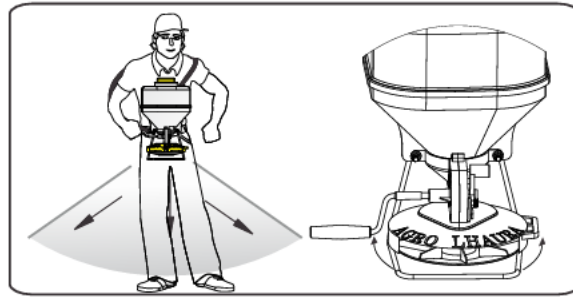
En este sistema, la densidad suele expresarse en kg/ha. Debido a la menor eficiencia de implantación (pérdidas por depredación o desecación al quedar la semilla expuesta), se recomienda incrementar la densidad de semilla entre un 20% y 30% respecto a la siembra en hileras para asegurar una población adecuada (Ojeda, 2024).

#### 2.2.1.2. Voleadora manual de mochila

Este implemento introduce un principio de mecanización básica en la labor de siembra. A diferencia del voleo manual simple, la voleadora manual de mochila utiliza un disco distribuidor centrífugo accionado por una manivela, lo que mejora la dispersión lateral de los insumos (semillas o fertilizantes granulados).

##### 2.2.1.2.1. Principio de funcionamiento

La semilla desciende por gravedad desde la tolva hacia un plato giratorio. La fuerza centrífuga generada por el giro manual proyecta las semillas en un patrón de abanico semicircular (Agroscopio, 2024). Aunque mejora la uniformidad respecto al lanzamiento a mano, la constancia de la distribución sigue dependiendo de la velocidad de caminata del operador y de la velocidad de rotación de la manivela, variables que pueden fluctuar durante la jornada laboral causando inconsistencias en la densidad de siembra (LHAURA, 2024).



**Figura 1.** Voleadora manual de mochila  
**Fuente:**(LHAURA, 2024)

### 2.2.1.3 Voleadora acoplada al tractor

La voleadora acoplada al tractor es una herramienta agrícola esencial para la distribución eficiente de semillas y/o fertilizantes sobre el terreno. Su principio de funcionamiento se basa en la utilización de la fuerza centrífuga generada por discos rotatorios que dispersan la semilla o el fertilizante de manera homogénea. Dependiendo de la configuración del sistema de distribución, la forma y el alcance de la dispersión varían. (Hernández Ávila *et al.*, 2022).

La siembra mecanizada mediante voleadoras acopladas a la toma de fuerza (TDF) del tractor representa el nivel más alto de tecnificación para la siembra al voleo. Este sistema permite ajustar con precisión tanto el ancho de trabajo (franja de siembra) como el caudal de salida (kg/min), independizando la distribución del factor humano directo (Monja, 2023).



**Figura 2.** Voleadora acoplada al tractor  
**Fuente:** (Cuasapud, 2025)

#### 2.2.1.3.1. Principio de operación

El funcionamiento de las voleadoras centrífugas se basa en la rotación de discos a alta velocidad, lo que genera una fuerza centrífuga que proyecta la semilla o el fertilizante sobre el suelo. En función del número de discos, la distribución varía: en las voleadoras de doble disco, volean de forma triangular, mientras que en las de disco simple, volean hacia un lado del eje de distribución. Las paletas que se encuentran en los discos son regulables, lo que permite ajustar la distancia de aplicación y el patrón de distribución de acuerdo con las necesidades específicas del cultivo (Hernández Ávila *et al.*, 2022).

#### 2.2.1.3.2. Elementos clave del equipo

Hernández Ávila *et al.* (2022), mencionan que las voleadoras centrífugas están compuestas por diversos componentes que, al trabajar de manera conjunta, garantizan la distribución eficiente del fertilizante o las semillas:

- Tolva central: Es el compartimiento donde se almacena el fertilizante o la semilla antes de su distribución. La tolva tiene una o varias aberturas de salida y un sistema de agitación que mantiene el material suelto y en movimiento, evitando que se compacte y obstruya la salida.
- Agitador: Este componente, ubicado en el fondo de la tolva, tiene la función de mantener el material a volear en movimiento para evitar la formación de grumos y asegurar que se distribuya de manera uniforme.
- Mecanismo dosificador: Consiste en dos anillos ubicados en la parte inferior de la tolva. El anillo interior cuenta con compuertas triangulares que controlan la cantidad del material a volear que se libera, mientras que el anillo exterior tiene extensiones que tapan parcialmente estas compuertas, regulando aún más la cantidad que sale hacia los discos de distribución.
- Discos de distribución: Son los encargados de esparcir el material sobre el terreno. Estos discos están provistos de paletas ajustables que permiten modificar el patrón de distribución, asegurando una cobertura precisa y eficiente.
- Eje de mando: Conectado a la Toma de Fuerza (TDF) del tractor, este componente transmite la energía necesaria para hacer girar los discos, permitiendo la dispersión del fertilizante o la semilla.

#### 2.2.1.3.3. Regulación de la aplicación

Para asegurar que la voleadoras centrífugas distribuya la cantidad correcta de fertilizante, es necesario regular varios aspectos. La abertura de las salidas de la tolva es uno de los principales mecanismos de ajuste, ya que controla el flujo de las semillas o fertilizante hacia los discos. Adicionalmente, la velocidad de avance del tractor influye directamente en la dosis aplicada: a mayor velocidad, mayor será la dispersión en un área determinada (Xajil, 2024). El ancho de trabajo de la voleadora depende del tipo de producto que se utilice.

#### 2.2.1.3.4. Eficiencia operativa

Según Hernández *et al.* (2022), la ventaja técnica radica en la capacidad de mantener una dosificación constante y un patrón de traslape controlado. Esto garantiza que cada metro cuadrado de terreno reciba la dosis exacta de semilla calculada, optimizando la competencia por luz y nutrientes, y eliminando los espacios vacíos que favorecen a las malezas.

### 2.2.2. Mezcla forrajera

La asociación de gramíneas y leguminosas conforman la mezcla forrajera y son las encargadas de brindar un alimento balanceado a los rumiantes. Tienen la característica de incrementar la producción animal, si estas reciben un adecuado manejo, ya que pueden expresar al máximo sus características nutricionales (Robles, 2022).

#### 2.2.2.1. Ray grass perenne (*Lolium perenne*)

El Ray Grass inglés (*Lolium perenne*) es originario de las zonas templadas de Asia y el norte de Europa. Es una especie de ciclo vegetativo perenne que puede alcanzar una altura de hasta 60cm. Sus hojas, que miden entre 28 y 30cm, son angostas, numerosas y de un característico color verde brillante. A diferencia de otras especies de Ray Grass, esta variedad destaca por su mayor número de macollos y, simultáneamente, por una menor producción de semilla y forraje. Su floración se presenta en espigas cortas con una baja cantidad de espiguillas florecidas (Robles, 2022).

##### 2.2.2.1.1 Adaptación del ray grass perenne

Este tipo de planta se desarrolla mejor en suelos fértiles, pesados y húmedos, con un pH entre 5.0 y 7.0. No tolera suelos salinos, y la falta de nitrógeno puede ser un factor

limitante. Tampoco es resistente a la saturación de aluminio ni a suelos densos. Su crecimiento se da a altitudes que oscilan entre los 2.400 y 3.000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), en un rango de temperaturas de 10 a 14 °C, y requiere precipitaciones anuales que varían entre 900 y 2.500 milímetros, siendo al menos 1.500 milímetros por año lo mínimo necesario (Robles, 2022).

#### 2.2.2.1.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Ruano (2013), la clasificación científica del Ray Grass (*Lolium perenne*) es la siguiente:

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del cultivo de Ray Grass.

<b>Nombre común</b>	<b>Ray Grass Ingles</b>
Nombre científico	<i>Lolium perenne</i>
Ciclo vegetativo	Perenne.
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Poeae
Subtribu	Loliinae
Género	<i>Lolium</i>
Especie	<i>L. perenne.</i>

**Fuente:**(Ruano, 2013)

#### 2.2.2.1.3 Valor nutricional y manejo

En estados fenológicos óptimos (2.5 a 3 hojas), ofrece una digestibilidad de la materia seca superior al 75%. Su arquitectura de macollaje denso le permite tolerar el pisoteo intensivo. Sin embargo, su rendimiento depende de una fertilización nitrogenada adecuada y una distribución espacial uniforme para evitar el autosombreado basal (Sirac, 2023).

#### 2.2.2.1.4. Potencial de producción del ray grass perenne

En comparación con el pasto ray grass anual, este pasto genera menos forraje en los primeros cortes; sin embargo, con el tiempo, la producción de ambos pastos tiende a igualarse, aunque el ray grass inglés tiene la ventaja debido a su ciclo vegetativo perenne. Puede alcanzar rendimientos de 16 a 20 toneladas de materia seca por hectárea al año. Además, los animales que consumen este pasto experimentan ganancias de peso diarias de entre 600 y 700 gramos, mientras que los animales lecheros producen entre 16 y 18 litros de leche por día (Robles, 2022).

#### 2.2.2.1.5. Suelos aptos para el crecimiento del ray grass perenne

Requiere suelos con alta fertilidad y se adapta bien tanto a suelos francos como franco-arcillosos, preferiblemente con un pH cercano a la neutralidad. No tolera en absoluto condiciones de salinidad ni alcalinidad, así como tampoco es resistente a sequías o inundaciones (Ruano, 2013).

#### 2.2.2.2 Trébol blanco (*Trifolium repens*)

El trébol (*Trifolium repens*) es una leguminosa perenne originaria de Europa, el norte de África y Asia occidental, que se encuentra introducida y bien adaptada en Norteamérica (Robles, 2022). Esta planta se desarrolla óptimamente en climas templados y presenta un crecimiento rastrero, alcanzando una altura de hasta 10cm. Su sistema radicular es de tipo adventicio estolonífero. Sus hojas son pecioladas y compuestas por tres folíolos ovalados, siendo característica una mancha blanca en su superficie; los tallos y los estolones, rodeados por estípulas membranosas derivadas de las hojas, carecen de vello. La floración se organiza en glomérulos (cabezuelas) de 1.5 a 2cm de diámetro, situados sobre un pedicelo de hasta 7cm de largo. Cada glomérulo contiene entre 50 y 100 flores de tipo papilionáceo, generalmente de color blanco o blanco-rosado (Robles, 2022).

Su hábito de crecimiento rastrero complementa el crecimiento erecto del Ray grass, cubriendo los intersticios del suelo y reduciendo la evapotranspiración. Nutricionalmente, eleva la calidad de la mezcla al aportar proteína cruda (>22%) y mejorar la tasa de pasaje ruminal debido a su baja resistencia a la degradación física (FAO, 2021).

##### 2.2.2.2.1 Adaptación del trébol blanco

Este cultivo puede establecerse en diversos tipos de suelos, siempre y cuando cuenten con una humedad adecuada. Requiere suelos bien drenados, altamente fértiles y con una textura que puede variar de superficial a media o pesada, con un pH entre 5.0 y 7.5. Se desarrolla mejor a altitudes de entre 2.000 y 3.000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Es particularmente adecuado para zonas con temperaturas entre 10 y 20 °C, y tiene una buena tolerancia a condiciones de alta nubosidad. Además, necesita precipitaciones anuales que varíen entre 800 y 1.600 mm (Robles, 2022).

#### 2.2.2.2.2 Clasificación taxonómica

**Tabla 2.** Clasificación Taxonómica del Trébol blanco

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Subfamilia	<i>Faboideae</i>
Tribu	<i>Trifolieae</i>
Género	<i>Trifolium</i>
Especie	<i>T. repens</i>

**Fuente:**(Robles, 2022)

#### 2.2.2.2.3. Usos del trébol blanco en animales en pastoreo

Gracias a su hábito estolonífero, esta especie se adapta muy bien al pastoreo, siendo utilizada principalmente en sistemas de Pastoreo Rotacional en combinación con gramíneas como el pasto Ray-grass. El porcentaje de tréboles en los potreros aumenta de forma gradual pero constante a medida que avanzan los pastoreos, siendo este incremento más notable durante la época seca, cuando la competencia con las gramíneas es menor. Además, se puede conservar en forma de heno o ensilaje, lo que permite utilizarlo como fuente de alimentación durante la temporada crítica (Robles, 2022).

#### 2.2.2.2.4. Calidad Nutricional del trébol blanco

Esta leguminosa es capaz de fijar nitrógeno en el suelo, lo que mejora la fertilidad. Además, aporta un excelente valor nutricional, con un 36% de fibra detergente neutro (FDN), 23% de proteína y 3.0 Mcal de energía metabolizable (EM), especialmente cuando se combina con gramíneas u otras especies forrajeras. La selección adecuada de la variedad de trébol permitirá lograr una asociación equilibrada, ofreciendo un aporte significativo tanto en calidad como en cantidad de forraje (Robles, 2022).

#### 2.2.2.2.5. Establecimiento del trébol blanco

Este cultivo puede establecerse mediante dos métodos: utilizando semilla asexual (a través de estolones) o semilla sexual. Cuando se utiliza semilla sexual, la siembra puede realizarse al voleo y es común asociarla con semillas de gramíneas. En áreas de clima frío, se recomienda no usar más de 2 kilos de semilla de trébol por hectárea, ya que esta planta tiende a crecer de forma espontánea.(Robles, 2022)

Las semillas de trébol son de forma redondeada y presentan pequeñas protuberancias que marcan la futura ubicación de la radícula. También cuentan con una cubierta seminal que crea una capa gruesa y suberizada alrededor de la semilla, lo que actúa como una protección natural (Robles, 2022).

### 2.2.2.3 Llantén (*Plantago major*. L)

El llantén es una especie forrajera originaria de Eurasia, específicamente de las zonas tropicales. En Ecuador se encuentran en la sierra y costa con mayor abundancia, en la amazonia en contadas ocasiones. Es una planta pequeña que en sus mejores condiciones alcanza hasta los 40 cm de altura. Sus hojas pueden presentar diferentes presentaciones como ovaladas y arrosetadas con un color verde claro. Las flores son unisexuales y pequeñas, están asociadas en espigas erguidas que alcanzan desde los 6 hasta los 25 cm de altura, estas presentan una tonalidad verde ambarino blancuzco con un largo de 2 mm. Sus semillas de color oscuro presentan un tamaño diminuto, son redondas o fusiformes. Tienen raíz fasciculada (Robles, 2022).

Tradicionalmente clasificada como una arvense medicinal, el *Plantago major* ha sido revalorizado en la ganadería moderna como un recurso forrajero funcional. Su inclusión en la mezcla no es accidental, sino estratégica para la nutrición animal.

#### 2.2.2.3.1 Adaptación del llantén forrajero

Este pasto se adapta a una variedad de escenarios climáticos, pero no tolera temperaturas inferiores a cero. Prefiere suelos areno-arcillosos, ricos en materia orgánica y no sujetos a excesiva humedad. Se encuentra en biotopos naturales que habitan terrenos no inundables, a campo abierto o en áreas semisombreadas, con una humedad moderada y cierta tolerancia a la falta de agua. Sin embargo, no soporta inundaciones (Robles, 2022).

#### 2.2.2.3.2 Clasificación taxonómica

**Tabla 3.** Clasificación Taxonómica del llantén forrajero

Nombres comunes	Llantén
Nombre científico	( <i>Plantago major</i> )
Ciclo vegetativo	Perenne.
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Plantaginaceae
Género	<i>Plantago</i>
Especie	<i>Plantago major</i>

**Fuente:**(Robles, 2022)

#### 2.2.2.3.3. Usos del llantén forrajero

Este cultivo se establece en las restingas que se inundan anualmente o en suelos de tierra firme ricos en materia orgánica, donde se asocia con otros cultivos temporales como yuca, plátano, maíz y varias hortalizas. En los sistemas de producción de hortalizas en tierra firme, puede cultivarse junto a nabo, rabanito, col, tomate, lechuga, menta y hierbabuena. En cuanto a su propagación, se realiza mediante semilla botánica, y la siembra puede hacerse de forma directa o por trasplante. Si se opta por el trasplante, se recomienda hacerlo cuando la plántula haya alcanzado los 2 cm de altura (Robles, 2022).

#### 2.2.2.3.4. Calidad nutricional del llantén forrajero

Es una especie elegida por su excelente calidad nutricional, con un 36% de fibra detergente neutro (FDN), 22% de proteína y 2.8 Mcal de energía metabolizable (EM). Se destaca por su alta palatabilidad, lo que se traduce en un elevado porcentaje de cosecha, así como por su destacada producción de materia seca, que supera los 55 kg de materia seca por hectárea al día. Además, tiene una gran resistencia al estrés hídrico gracias a su sistema radicular profundo. Su contenido proteico varía entre 5.3% y 10.3%, y su digestibilidad se encuentra en un rango de 50.5% a 68.5% (Robles, 2022).

#### 2.2.2.3.5. Potencial de producción llantén forrajero

Este cultivo se establece en las restingas que se inundan anualmente o en suelos de tierra firme ricos en materia orgánica. En los sistemas de producción de pasto, puede asociarse con especies como raigrás, trébol, entre otras. En cuanto a su propagación, se utiliza semilla botánica, y la siembra puede ser directa o por trasplante. Si se opta por el trasplante, se recomienda hacerlo cuando las plántulas alcancen los 2 cm de altura. Además, para asegurar una producción óptima, se debe sembrar una cantidad de 3 kg de semilla por hectárea al año (Robles, 2022).

#### 2.2.2.3.6. Establecimiento del llantén forrajero

Esta hierba, que tradicionalmente se consideraba una "maleza noble" y se utilizaba en la medicina popular, ha visto recientemente un aumento en su valoración dentro de la agricultura moderna. Es una especie rica en hojas anchas y largas, que crecen en una roseta desde una corona central, con un crecimiento erecto y un sistema

radicular denso. El espaciamiento de siembra recomendado es de 0,30 m x 0,20 m o 0,30 m x 0,30 m, utilizando aproximadamente 3 kilos de semilla por hectárea. El primer corte se realiza entre los 28 y 45 días después de haber establecido el cultivo (Robles, 2022).

#### 2.2.2.3.7. Fertilización del llantén forrajero

Este cultivo requiere fertilización regular por hectárea, siendo el nitrógeno el nutriente que debe aplicarse con mayor frecuencia. Se recomienda aplicar entre 75 y 150 kilos de nitrógeno por hectárea cada tres pastoreos o cortes, lo que equivale a aproximadamente 1,5 a 3 bultos de urea cada 3 a 5 semanas, para asegurar una buena producción de forraje durante todo el año. Además, se aconseja fertilizar con los siguientes elementos y cantidades por hectárea: 50,20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 21 kg de K<sub>2</sub>O, 27 kg de MgO y 48,8 kg de SO<sub>4</sub> (Robles, 2022).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO**

##### 3.1.1. Enfoque

La investigación se orientará al enfoque cuantitativo debido al análisis, toma de datos, tabulaciones de las variables a estudiar para determinar la eficiencia de los sistemas de siembra que se aplicaran para determinar cuál permite tener una mayor uniformidad de siembra y mejor densidad en la cobertura vegetal de la mezcla forrajera.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

Experimental: Se implementará un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para evaluar los tres sistemas de siembra, donde se observará el comportamiento de las variables, con el objetivo de tener resultados medibles y definir conclusiones que permitan afirmar o rechazar la hipótesis.

#### **3.2. HIPÓTESIS**

Ho: Ninguno de los sistemas de siembra es uniforme y tiene una densidad desigual en la cobertura vegetal.

Ha: Al menos uno de los sistemas de siembra consigue tener una mayor uniformidad y una densidad uniforme en la cobertura vegetal de la mezcla forrajera.

#### **3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

##### 3.3.1. Definición de las variables

Variable Independiente:

Sistemas de siembra:

- Voleadora acoplada al tractor
- Voleadora manual de mochila
- Voleo manual

Variable dependiente:

- Porcentaje de germinación
- Días de germinación
- Composición botánica
- Producción de materia verde
- Producción de materia seca
- Cobertura vegetal

### 3.3.2. Operacionalización de las variables

**Tabla 4.** Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumento	
	Voleadora acoplada tractor	al	Se esparció 1,66 kg de ray Grass, 0,13 kg de trébol blanco y 0,08 kg de llantén forrajero en cada parcela asignada	Mecanizado	Voleadora mecánica
	Voleadora manual mochila	de	Se esparció 1,66 kg de ray Grass, 0,13 kg de trébol blanco y 0,08 kg de llantén forrajero en cada parcela asignada	Semi mecanizado	Mochila voleadora manual
	Voleo manual		Se esparció 1,66 kg de ray Grass, 0,13 kg de trébol blanco y 0,08 kg de llantén forrajero en cada parcela asignada	Manual	Trabajador y costal
	Porcentaje de germinación		A los primeros 15 días por medio de observación directa se realizó un conteo de las semillas germinadas, el resultado se expresará en %  $\%Emergencia = \frac{N^{\circ} \text{ plantas germinadas}}{N^{\circ} \text{ plantas sembradas}} \times 100$	Observación Manual	Caja petri Libreta
	Días de germinación		Observación diaria dentro de los primeros 15 días  <i>Días de germinación; fecha de germinación – fecha de siembra</i>	Observación	Libreta
	Composición botánica		Utilizando un cuadrante se tomaron tres muestras de cada parcela en zigzag donde en cada punto de muestra de se identificó las especies vegetales presentes.	Observación Manual	Cuadrante Libreta de campo

---

Producción de materia verde	Cuando el pasto obtuvo de 2,5 a 3 hojas verdaderas se utilizó un cuadrante, mismo que se lanzó aleatoriamente en la parcela donde se hizo el corte dejando un residual de 5cm del piso para después pesar cada muestra obtenida.	Monitoreo Corte manual Pesaje y registro	Cuadrante Hoz Pesa Libreta
Producción de materia seca	Deshidratación de las muestras obtenidas del material vegetal, utilizando un microondas hasta obtener un peso constante.	Registro Pesaje	Microondas Pesa
Cobertura vegetal	Se estimó las áreas cubiertas por vegetación lanzando un cuadrante sobre cada parcela 3 veces al azar.	Observación Registro	Cuadrante Libreta de campo

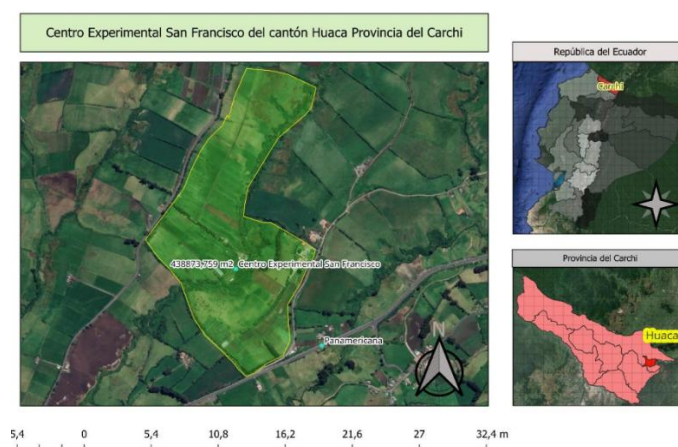
---

**Fuente:** Cuasapud, L. (2025)

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.4.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el Centro Experimental San Francisco (UPEC), situado en el cantón San Pedro de Huaca, mismo que se localiza a una altitud de 2959 m.s.n.m., esta localidad se caracteriza por presentar un clima frío, donde la temperatura media ronda los 10°C, la precipitación anual llega hasta los 1100 mm y la humedad relativa se mantiene cercana al 76%. En esta zona predominan los suelos con texturas franco-arenosas y franco-limosas, estos sobresalen por tener una buena capacidad para retener humedad y drenar adecuadamente el agua, estas características son favorables para diversos tipos de cultivos entre los que comúnmente predominan cultivos como papa principalmente, maíz, fréjol, entre otras hortalizas. Si a todos estos factores le sumamos que la localización del centro tiene un buen relieve con pendientes moderadas, se concluye que es un lugar favorable para desarrollar estudios agrícolas que fomenten y promuevan las prácticas de manejo sostenible (Tupe, 2025).



**Figura 3.** Ubicación del experimento

**Fuente:** (Tupe, 2025)

#### 3.4.2. Tratamientos del diseño experimental

La totalidad de la investigación presentó 3 tratamientos, para ello a continuación se presenta una descripción detallada:

**Tabla 5.** Tratamientos

Tratamientos	Descripción	Semilla mezcla forrajera
T1	Voleadora acoplada al tractor	1,66 kg de ray Grass, 0,13 kg de trébol blanco y 0,08 kg de llantén forrajero
T2	Voleadora sembradora manual	1,66 kg de ray Grass, 0,13 kg de trébol blanco y 0,08 kg de llantén forrajero
T3	Voleo manual	1,66 kg de ray Grass, 0,13 kg de trébol blanco y 0,08 kg de llantén forrajero

### 3.4.3. Características del diseño experimental

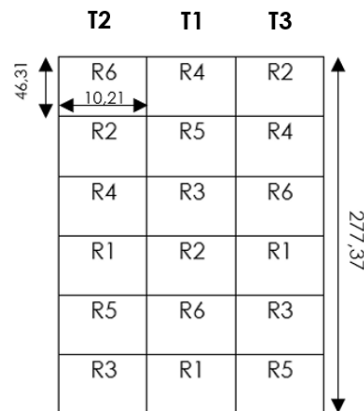
La investigación se llevó a cabo empleando tres sistemas de siembra para la mezcla forrajera, cada tratamiento incluyó 6 unidades experimentales, dando como resultado 18 unidades experimentales en total. Para todo esto se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Los sistemas de siembra que fueron evaluados en esta investigación son los que se usan con mayor frecuencia a la hora de sembrar pasto.

**Tabla 6.** Características del experimento

DBCA	Dimensiones
Tratamientos	3
Repeticiones	6
Unidades experimentales	18
Área unidad experimental	472,84 m <sup>2</sup>
Área total del experimento	8516,74 m <sup>2</sup>
Plantas por unidad experimental	1,66 kg de ray Grass, 0,13 kg de trébol blanco y 0,08 kg de llantén forrajero
Plantas totales del experimento	30 kg de ray Grass, 2,5 de trébol blanco y 1,5 kg de llantén forrajero

### 3.4.4. Distribución y características del experimento

El diseño experimental empleado fue de bloques completamente al azar, donde la investigación se desarrolló en una superficie total de 8516,74 m<sup>2</sup>, se trabajó con 3 tratamientos y 6 repeticiones, teniendo así una sumatoria de 18 unidades experimentales.



**Figura 4.** Distribución del ensayo

### 3.4.5. Población y muestra de la investigación

Para el experimento se trabajó con un diseño que tuvo 18 unidades experimentales, 3 tratamientos y 6 repeticiones, en cada unidad experimental se esparcieron 1,66 kg de ray Grass, 0,13 kg de trébol blanco y 0,08 kg de llantén forrajero con el tratamiento correspondiente.

### 3.4.6. Procedimientos

#### 3.4.6.1 Preparación del terreno

Para la implementación de la mezcla forrajera fue necesario preparar el terreno de forma adecuada, para ello lo primero que se realizó fue la eliminación de la cobertura vegetal existente mediante un control químico, utilizando glifosato. Esta aplicación se realizó 20 días antes de iniciar con las labores de labranza, posteriormente se realizó dos pases de rastra y uno de rotavator para mullir bien el suelo. Finalmente se hizo una aplicación de cal agrícola para corregir la acidez del suelo.

#### 3.4.6.2 Trazado

La investigación se implantó a campo abierto en un área total de 8516,74 m<sup>2</sup> del Centro Experimental San Francisco. Las 18 unidades experimentales fueron organizadas en 3 tratamientos con 6 repeticiones, cada una con dimensiones de 472,84 m<sup>2</sup>. Para que los tratamientos sean distinguidos uno de otro, se optó por colocar estacas que delimitaban cada unidad experimental.

#### 3.4.6.3. Siembra

Para la siembra se utilizó 30 kg de semilla de ray grass, 2,5kg de trébol blanco y 1,5kg de llantén. El primer procedimiento fue mezclar de manera homogénea toda la semilla, aquí se incluyó también 50 kg de fertilizante químico 18-46-0. Una vez incorporada toda la mezcla se pesó para distribuir en cantidades exactas para cada tratamiento. Cuando ya todo estuvo listo se ejecutó el proceso de siembra empleando los tres métodos estudiados en la presente investigación: la voleadora acoplada al tractor, voleadora manual de mochila y el voleo manual.

#### 3.4.6.4. Fertilización

La fertilización se realizó aplicando los nutrientes en kilogramos (kg) como unidad de medida. El proceso se dividió en dos frecuencias: la primera aplicación se hizo de manera simultánea con la siembra, y la segunda aplicación se llevó a cabo 15 días después de la siembra, coincidiendo con la germinación de la semilla. La técnica de aplicación consistió en la incorporación de 50 kg de fosfato diamónico (18-46-0) en la primera etapa, seguido por la incorporación de 100 kg de urea (0-0-46) en la segunda etapa, una vez que la semilla había germinado. El instrumento utilizado para la distribución de los fertilizantes sólidos fue la voleadora acoplada al tractor.

#### 3.4.7. Variables evaluadas

##### 3.4.7.1. Porcentaje de germinación

El Porcentaje de Germinación se estimó utilizando el porcentaje (%) como unidad de medida. La frecuencia de la medición se estableció a los 15 días después de la siembra, ya que las especies sembradas generalmente germinan y emergen en este periodo de tiempo. La técnica utilizada fue la estimación visual directa de la superficie de cada parcela. Finalmente, el instrumento empleado para registrar y recolectar los datos de las observaciones fue una libreta de campo.

##### 3.4.7.2. Días de germinación

La emergencia de las plántulas fue monitoreada y evaluada de forma visual a partir del día posterior a la siembra. El registro de los días a germinación se llevó a cabo diariamente durante los primeros 15 días posteriores a la siembra. Los datos obtenidos permitieron determinar el inicio y la progresión del proceso de emergencia.

#### 3.4.7.3. Composición botánica

La composición botánica de la pradera se evaluó utilizando el porcentaje como unidad de medida. La frecuencia de esta medición se estableció a los 60 días de crecimiento, coincidiendo con la fase de desarrollo en la que el ray-grass presentaba de 2.5 a 3 hojas verdaderas. Para la determinación se empleó el método del cuadrante como técnica, el cual fue lanzado aleatoriamente en cada parcela experimental siguiendo un patrón en zigzag, donde se estimaron visualmente las especies vegetales presentes. Finalmente, los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron la estimación visual y una libreta de campo para el registro detallado de cada muestra.

#### 3.4.7.4. Producción de materia verde

La Materia Verde (MV) se evaluó utilizando el kilogramo (kg) como unidad de medida. La frecuencia de la medición se estableció a los 60 días de crecimiento, coincidiendo con la fase fenológica en la que el ray-grass presentaba de 2.5 a 3 hojas verdaderas. Para la recolección de las muestras se empleó un cuadrante de 0.5 x 0.5 m, el cual se lanzó aleatoriamente siguiendo un patrón en zigzag para obtener un total de tres muestras por parcela. Las muestras de forraje obtenidas fueron cortadas dejando un residual de 5 cm desde la superficie del suelo. Finalmente, el instrumento utilizado para registrar el peso de cada muestra fue una balanza.

#### 3.4.7.5. Porcentaje de materia seca

La Materia Seca (MS) se midió en kilogramos (kg) como unidad de medida, a una frecuencia de 60 días después de la siembra. Para la determinación se emplearon las muestras de materia verde obtenidas y cortadas previamente. La técnica consistió en la deshidratación de cada muestra vegetal utilizando un microondas en repeticiones sucesivas hasta alcanzar un peso constante. Finalmente, el instrumento utilizado para registrar el peso del material vegetal deshidratado fue una balanza.

#### 3.4.7.6. Cobertura vegetal

La Cobertura Vegetal se evaluó utilizando el porcentaje (%) como unidad de medida. La frecuencia de la medición fue a los 45 días después de la siembra. Se empleó el método del cuadrante como técnica, el cual fue lanzado aleatoriamente en un patrón en zigzag dentro de cada parcela. Finalmente, los instrumentos utilizados para

la recolección de los datos fueron la estimación visual y una libreta de campo para el registro detallado de las observaciones.

#### 3.4.7.7. Análisis costo - beneficio

El análisis de Costo/Beneficio (ACB) se llevó a cabo para evaluar la viabilidad económica de cada sistema de siembra, expresando todos los valores en dólares estadounidenses (\$). Este análisis económico se fundamentó en el rendimiento productivo por hectárea del cultivo, donde los ingresos fueron determinados por la venta estimada del producto, y los egresos correspondieron a los costos operativos específicos de cada tratamiento. Los cálculos se realizaron al finalizar la investigación, permitiendo una evaluación precisa de la rentabilidad diferencial que ofrece cada método de siembra.

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las múltiples variables agronómicas estudiada, se empleará un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA). El análisis primario para cada variable se realizará mediante un Análisis de Varianza (ANOVA), ajustando el modelo a los factores de Tratamiento y Bloque para aislar y controlar la variabilidad ambiental. Previo a la interpretación del ANOVA, se verificarán los supuestos fundamentales del modelo mediante la prueba de Shapiro-Wilk (para la normalidad de los residuos) y la prueba de Bartlett (para la homogeneidad de varianzas). Finalmente, cuando el ANOVA indique diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p\text{-value} < 0.05$ ), se aplicará la prueba Tukey de Diferencia Significativa Honesta (HSD) como análisis *post-hoc* para realizar la separación de medias e identificar qué tratamientos específicos diferirán entre sí, lo que permitirá la formación de grupos homogéneos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1. Porcentaje de germinación

La Tabla 7 presenta el análisis de varianza para el porcentaje de germinación de la mezcla forrajera. El factor Tratamientos (sistemas de siembra) mostró diferencias altamente significativas ( $p = 9.13E-07$ ), lo que indica que al menos un método de siembra influyó de manera distinta en la capacidad germinativa de las semillas. Por el contrario, el factor Bloques no presentó un efecto significativo ( $p = 0.24$ ), lo que sugiere una homogeneidad ambiental adecuada en el área experimental. El porcentaje de germinación promedio general fue del 85.94 %, con un coeficiente de variación (CV) de solo 2.35%, lo que refleja una alta precisión y consistencia en las mediciones realizadas en campo.

**Tabla 7.** ANOVA para el porcentaje de germinación

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P valor
Bloques	5	32.90	6.59	1.61	0.24
Tratamientos	2	619.10	309.56	75.71	9.13E-07***
Error	10	40.90	4.09		
Total	17	692.90			
$\bar{x}$ (%)					85.94
CV (%)					2.35

**Nota.** \*  $\leq 0.05$ , \*\*  $\leq 0.01$ , \*\*\*  $\leq 0.001$

Los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 8) permiten identificar las diferencias específicas entre los sistemas de siembra. Los tratamientos Voleadora acoplada al tractor (91.50 %) y Voleo manual de mochila (88.50 %) forman el grupo estadístico "a", lo que significa que no presentan diferencias significativas entre sí, pero ambos superan significativamente al tratamiento Voleo manual (77.83 %), que se agrupa de forma independiente ("b"). Esto evidencia que los sistemas que emplean equipos (tractor o mochila) logran una distribución de semillas que favorece un mayor porcentaje de germinación en comparación con la siembra manual al voleo.

**Tabla 8.** Prueba de Tukey al 5 % para el porcentaje de germinación

Variable	Media (%)	Grupo
Voleadora acoplada al tractor	91.50	a
Voleo manual de mochila	88.50	a
Voleo manual	77.83	b

#### 4.1.2. Días de germinación

La Tabla 9 presenta el análisis de varianza para la variable días de germinación de la mezcla forrajera. Los resultados indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ni para el factor Tratamientos ( $p = 0.37$ ) ni para el factor Bloques ( $p = 0.74$ ). Esto demuestra que el tiempo que tardaron las semillas en emerger fue independiente del sistema de siembra empleado (voleo tractor, voleo mochila o voleo manual). La homogeneidad en la germinación temporal sugiere que las condiciones de humedad, temperatura y contacto semilla-suelo necesarias para la activación metabólica y radicular fueron similares en todos los tratamientos. El promedio general de días hasta la germinación fue de 11.89 días, con un coeficiente de variación moderado del 6.81 %, lo que refleja una consistencia aceptable en los datos y que la germinación fue un proceso relativamente uniforme en toda el área experimental.

**Tabla 9.** ANOVA para días de germinación

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P valor
Bloques	5	1.78	0.36	0.54	0.74
Tratamientos	2	1.44	0.72	1.10	0.37
Error	10	6.56	0.66		
Total	17	9.78			
$\bar{x}$ (días)					11.89
CV (%)					6.81

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 10) confirma la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos, aunque se observan ligeras variaciones numéricas (entre 11.50 y 12.17 días), estas no son estadísticamente relevantes. Este hallazgo indica que, si bien los sistemas mecanizados o asistidos (tractor y mochila) mejoraron el porcentaje final de germinación (Tabla 8), no aceleraron el proceso de emergencia. La velocidad de germinación estuvo determinada principalmente por la fisiología de las semillas y las condiciones ambientales generales, y no por el método de distribución de la semilla en el suelo.

**Tabla 10.** Prueba de Tukey al 5 % para días de germinación

Variable	Media (Días)	Grupo
Voleadora acoplada al tractor	12.17	a
Voleo manual de mochila	12.00	a
Voleo manual	11.50	a

#### 4.1.3. Composición botánica

La Tabla 11 presenta el análisis de varianza para la composición botánica del establecimiento forrajero. El factor Tratamientos mostró un efecto altamente significativo ( $p < 0.001$ ) sobre la proporción de las seis especies evaluadas, lo que demuestra que el sistema de siembra fue determinante en la composición de especies final de la parcela. En contraste, el factor Bloques no presentó efectos significativos ( $p > 0.05$  en todos los casos), confirmando la homogeneidad ambiental del sitio experimental. La composición promedio estuvo dominada por las especies sembradas (Ray grass: 37.11 %, Trébol: 23.44 %, Llantén: 23.39 %), mientras que las especies no sembradas (malezas) presentaron una presencia menor pero diferenciada (Kikuyo: 9.17 %, Corazón herido: 3.67 %, Lengua de vaca: 3.22 %). Los bajos coeficientes de variación para las especies sembradas ( $CV < 5$  %) indican una alta precisión en las mediciones, mientras que los valores más altos para las especies no sembradas reflejan su distribución naturalmente más heterogénea.

**Tabla 11.** ANOVA para la composición botánica

Fuente	Grados de libertad	Ray grass %	Trébol %	Llantén %	Kikuyo %	Corazón herido %	Lengua de vaca %
Bloques	5	0.49	0.12	0.45	0.98	0.09	0.42
Tratamientos	2	1.17E-07***	7.71E-05***	5.42E-08***	4.90E-10***	2.37E-06***	1.46E-06***
Error	10						
Total	17						
$\bar{x}$ (%)		37.11	23.44	23.39	9.17	3.67	3.22
CV (%)		2.39	3.62	4.18	9.55	14.94	17.62

**Nota.** \*  $\leq 0.05$ , \*\*  $\leq 0.01$ , \*\*\*  $\leq 0.001$

El análisis de comparación de medias de Tukey (Tabla 12) revela un patrón claro y consistente en la respuesta de la comunidad vegetal a los sistemas de siembra. Para las especies de la mezcla forrajera (Ray grass, Trébol, Llantén) se observa un gradiente positivo directamente relacionado con la precisión del sistema de siembra. La voleadora acoplada al tractor generó la mayor proporción de las tres especies (grupo a), seguido por el Voleo mochila (grupo b), y finalmente el Voleo manual (grupo c) con los valores más bajos. Esto confirma que una distribución más uniforme de la semilla optimiza el establecimiento y la dominancia de las especies objetivo. Mientras que, para las especies no sembradas (Kikuyo, Corazón herido, Lengua de

vaca) se evidencia un patrón inverso y estadísticamente significativo. La menor incidencia de estas especies se registró en el tratamiento Voleadora acoplada al tractor (grupo a), fue intermedia en el Voleo mochila (grupo b), y alcanzó sus valores máximos en el Voleo manual (grupo c). Este hallazgo es de gran importancia práctica, ya que evidencia que una distribución óptima de la semilla, lograda mediante el voleo con la voleadora acoplada al tractor, produciendo una zona vegetal más densa y uniforme desde las primeras etapas de crecimiento, donde esta cobertura temprana y homogénea compite de manera más eficaz por luz, espacio y nutrientes, lo que limita significativamente el desarrollo de plantas invasoras. La siembra manual, al producir una distribución irregular, creó condiciones propicias para la proliferación de estas especies.

**Tabla 12.** Tukey al 5 % para la composición botánica

Variable	Ray grass %		Trébol %		Llantén %		Kikuyo %		Corazón herido %		Lengua de vaca %	
	$\bar{x}$	G	$\bar{x}$	G	$\bar{x}$	G	$\bar{x}$	G	$\bar{x}$	G	$\bar{x}$	G
Voleo tractor	41.00	a	25.17	a	27.17	a	3.50	a	1.83	a	1.33	a
Voleo mochila	37.17	b	23.67	b	24.83	b	7.33	b	3.83	b	3.17	b
Voleo manual	33.17	c	21.50	c	18.17	c	16.67	c	5.33	c	5.17	c

**Nota.**  $\bar{x}$ : media, G: grupo. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia entre tratamientos.

#### 4.1.4. Producción de materia verde

La Tabla 13 presenta el análisis de varianza para la producción de materia verde de la mezcla forrajera. El factor Tratamientos ejerció una influencia altamente significativa ( $p = 3.92E-07$ ) sobre el rendimiento de forraje, confirmando que el sistema de siembra es un determinante crucial de la productividad inicial del pastizal. Por otro lado, el factor Bloques no mostró un efecto significativo ( $p = 0.33$ ), indicando una homogeneidad adecuada en las condiciones de suelo y ambiente. La producción promedio general de MV/ha fue de 8000 kg, con un coeficiente de variación muy bajo (4.74 %), lo que denota una alta precisión en la medición de esta variable y una consistencia notable en los datos recolectados.

**Tabla 13.** ANOVA para la producción de materia verde

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P valor
Bloques	5	6.00E-04	1.20E-04	1.33	0.33
Tratamientos	2	1.63E-02	8.15E-03	90.56	3.92E-07***
Error	10	9.00E-04	9.00E-05		
Total	17	1.78E-02			
$\bar{x}$ (Kg MV/ha)					8000
CV (%)					4.74

**Nota.** \*  $\leq 0.05$ , \*\*  $\leq 0.01$ , \*\*\*  $\leq 0.001$

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 14) identifica con precisión las diferencias en la productividad entre los sistemas de siembra. El tratamiento Voleadora acoplada al tractor produjo significativamente más materia verde (9600 kg MV/ha) que los otros dos métodos, formando un grupo estadístico independiente (a). Los tratamientos Voleo manual de mochila (7468 kg MV/ha) y Voleo manual (6868 kg MV/ha) no mostraron diferencias estadísticas entre sí, agrupándose ambos en la letra b. Este resultado evidencia que la mayor uniformidad y densidad de siembra lograda con el tractor se traduce directamente en un mayor volumen de forraje fresco al momento del primer corte. La ventaja productiva del sistema voleadora acoplada al tractor no solo es estadísticamente clara, sino también de magnitud relevante, superando en aproximadamente un 29 % al rendimiento del voleo con mochila y en un 41 % al del voleo manual.

**Tabla 14.** Tukey al 5 % para la producción de materia verde

Variable	Media (Kg MV/ha)	Grupo
Voleadora acoplada al tractor	9600	a
Voleo manual de mochila	7468	b
Voleo manual	6868	b

#### 4.1.5. Producción de materia seca

##### 4.1.5.1. Materia seca en Kg

La Tabla 15 presenta el análisis de varianza para la producción de materia seca en kilogramos. Al igual que con la materia verde, el factor Tratamientos ejerció un efecto altamente significativo ( $p = 7.93E-07$ ) sobre el rendimiento de forraje seco, lo que reafirma la fuerte influencia del sistema de siembra en la productividad real del pastizal. El factor Bloques no mostró significancia ( $p = 0.84$ ), corroborando la uniformidad del sitio experimental. La producción promedio general de materia seca fue de 1544 kg MS/ha, con un coeficiente de variación de 14.43 %, que en comparación con el de la materia verde, es esperable debido a la naturaleza del proceso de secado y a la variabilidad inherente en el contenido de humedad del tejido vegetal al momento del corte, lo cual introduce una mayor dispersión.

**Tabla 15.** ANOVA para producción de materia seca en Kg

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P valor
Bloques	5	6.67E-05	1.33E-05	0.40	0.84
Tratamientos	2	5.20E-03	2.60E-03	78	7.93E-07***
Error	10	3.33E-04	3.33E-05		
Total	17	5.60E-03			
$\bar{x}$ (Kg MS/ha)					1544
CV (%)					14.43

**Nota.** \*  $\leq 0.05$ , \*\*  $\leq 0.01$ , \*\*\*  $\leq 0.001$

La prueba de Tukey (Tabla 16) revela un patrón de diferenciación completo y jerárquico entre los tres sistemas de siembra en cuanto a la producción de materia seca. A diferencia de la materia verde, donde la mochila y el manual se agrupaban, aquí cada tratamiento forma un grupo estadístico distinto, indicando diferencias significativas entre los tres. El Voleo con la voleadora acoplada al tractor produjo la mayor cantidad de materia seca (2534,4 kg MS/ha), duplicando prácticamente el rendimiento del Voleo manual de mochila (1335,27 kg MS/ha) y triplicando el del Voleo manual (935,42 kg MS/ha). Esta ventaja del sistema de voleadora acoplada al tractor en la materia seca es el indicador más preciso del valor alimenticio real y del potencial de carga animal del forraje producido, al eliminar la variable del contenido de agua.

**Tabla 16.** Tukey al 5 % para producción de materia seca en Kg

Variable	Media (Kg MS/ha)	Grupo
Voleadora acoplada al tractor	2534,4	a
Voleo manual de mochila	1335,27	b
Voleo manual	935,42	c

#### 4.1.5.2. Materia seca en %

La Tabla 17 presenta el análisis de varianza para el porcentaje de materia seca en el forraje, un indicador clave de la calidad y concentración nutritiva del pasto. El factor Tratamientos mostró un efecto altamente significativo ( $p = 2.30E-05$ ) sobre este parámetro, confirmando que el sistema de siembra influye no solo en la cantidad, sino también en la composición del forraje producido. El factor Bloques no fue significativo ( $p = 0.89$ ), manteniendo la consistencia de un ambiente experimental homogéneo. El porcentaje promedio general de materia seca fue de 19.30 %, lo que indica que el forraje en su punto de corte contenía aproximadamente un 80 % de humedad. El coeficiente de variación (13.51 %) refleja una variabilidad moderada en este indicador de calidad.

**Tabla 17.** ANOVA para producción de materia seca en porcentaje

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P valor
Bloques	5	11	2.19	0.32	0.89
Tratamientos	2	508	254.01	37.35	2.30E-05***
Error	10	68	6.80		
Total	17	587			
$\bar{x}$ (%)					19.30
CV (%)					13.51

**Nota.** \*  $\leq 0.05$ , \*\*  $\leq 0.01$ , \*\*\*  $\leq 0.001$

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 18) revela diferencias estadísticas marcadas y progresivas entre los tratamientos. Los tres sistemas de siembra forman grupos estadísticamente distintos. El forraje producido con Voleadora acoplada al tractor presentó el mayor porcentaje de materia seca (26.40 %), superando significativamente al de la Voleadora manual de mochila (17.88 %) y, en mayor medida, al del Voleo manual (13.62 %). Esta ventaja del sistema mecanizado (voleadora acoplada la tractor) representa un incremento de aproximadamente un 48 % en el contenido de materia seca respecto a la mochila y de un 94 % respecto al método manual. Este hallazgo es de gran importancia agronómica. Un mayor porcentaje de materia seca significa que el forraje producido con la voleadora acoplada al tractor contiene una mayor concentración de nutrientes por kilogramo de forraje fresco, mayor valor alimenticio para el ganado, mejor eficiencia en procesos de conservación, al requerir menor tiempo y energía para el secado, mayor producción de materia seca total por hectárea. La superior calidad del forraje bajo el sistema de la voleadora acoplada al tractor puede atribuirse a un establecimiento más uniforme y denso, que probablemente resultó en plantas más vigorosas, con mejor relación hoja/tallo y menor contenido de humedad en los tejidos al momento del corte.

**Tabla 18.** Tukey al 5 % para producción de materia seca en porcentaje

Variable	Media (%)	Grupo
Voleadora acoplada al tractor	26.40	a
Voleo manual de mochila	17.88	b
Voleo manual	13.62	c

#### 4.1.6. Cobertura vegetal

La Tabla 19 presenta el análisis de varianza para la cobertura vegetal, que mide el porcentaje de suelo cubierto por la vegetación. El factor Tratamientos no mostró un efecto significativo ( $p = 0.95$ ), esto significa que, al momento de la evaluación, los tres sistemas de siembra lograron un grado de cobertura del suelo estadísticamente

indistinguible. El factor Bloques tampoco presentó significancia ( $p = 0.19$ ). El valor promedio de cobertura fue de 98.28 %, indicando que el establecimiento forrajero fue exitoso en cubrir prácticamente la totalidad del suelo disponible en todos los tratamientos. El coeficiente de variación fue muy bajo (1.08 %), reflejó una homogeneidad notable en las mediciones de cobertura.

**Tabla 19.** ANOVA para cobertura vegetal

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P valor
Bloques	5	10.28	2.06	1.83	0.19
Tratamientos	2	0.11	0.06	0.05	0.95
Error	10	11.22	1.12		
Total	17	21.61			
$\bar{x}$ (%)					98.28
CV (%)					1.08

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 20) confirma la ausencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos, los valores de cobertura son numéricamente muy similares y cercanos al 100 %, lo que demuestra que, independientemente del método de siembra utilizado, la mezcla forrajera logró establecerse de manera efectiva para cubrir el suelo. Todos los métodos lograron el objetivo fundamental de cubrir el suelo con vegetación, cumpliendo así la función de protección contra la erosión y creando una pradera visualmente establecida. Sin embargo, esta medición de cobertura total no distingue qué tipo de plantas conforman la parcela verde. Una cobertura del 98 % puede estar compuesta principalmente por la valiosa mezcla forrajera o, por el contrario, por malezas invasoras.

**Tabla 20.** Tukey al 5 % para cobertura vegetal

Variable	Media (%)	Grupo
Voleadora acoplada al tractor	98.33	a
Voleo manual de mochila	98.17	a
Voleo manual	98.33	a

#### 4.1.7. Análisis de costos

El análisis financiero de la presente investigación revela una disparidad significativa en la rentabilidad según el método de siembra empleado. El tratamiento T1 (Voleadora acoplada al tractor) se posiciona como la única alternativa financieramente viable, logrando un beneficio directo de 0,21 dólares por cada dólar invertido y una utilidad neta de 106,91 USD. Este resultado es producto de una mayor

eficiencia operativa, al combinar el costo de tratamiento más bajo (501,35 USD/ha) con el rendimiento de materia seca más elevado (2534,4 kg/ha).

En contraste, los métodos manuales (T2: Voleadora manual de mochila y T3: Voleo manual) resultaron en pérdidas económicas sustanciales, con utilidades netas negativas de -216,12 USD y -294,47 USD, respectivamente. Particularmente, el T3 presentó el escenario más desfavorable con un costo beneficio de apenas 0,43, lo que implica que la producción no alcanza a cubrir ni la mitad de la inversión inicial debido a un rendimiento deficiente de tan solo 935,42 kg/ha.

**Tabla 21.** Análisis de costos

Tratamientos	MS (kg/ha)	Venta MS USD/Kg	Total ingresos USD/ha	Costo por tratamiento USD/ha	Utilidad neta USD	Costo beneficio	Beneficio directo
T1 Voleadora acoplada al tractor	2534,4	\$0,24	\$608,26	501,35	106,91	1,21	0,21
T2 Voleadora manual de mochila	1335,27	\$0,24	\$320,46	536,59	-216,12	0,60	-0,40
T3 Voleo manual	935,42	\$0,24	\$224,50	518,97	-294,47	0,43	-0,57

## 4.2. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, se analiza el comportamiento de la mezcla forrajera bajo los tres sistemas de siembra evaluados, contrastando los hallazgos con la teoría y estudios previos.

### Análisis de la Germinación y Emergencia

El porcentaje de germinación evidenció una superioridad estadística significativa de los métodos asistidos mecánicamente. El tratamiento T1 (Voleadora acoplada al tractor) alcanzó el mayor éxito germinativo (91.50%), formando un grupo estadístico homogéneo con el T2 (Voleadora manual) (88.50%). Ambos métodos superaron ampliamente al T3 (Voleo manual), que registró el valor más bajo (77.83%). Estos resultados coinciden con Giudice (2018), quien destaca que la tecnificación en la distribución de semillas incrementa la eficiencia de implantación al asegurar una dispersión homogénea. La diferencia de casi 14 puntos porcentuales entre el T1 y el T3 se atribuye a la falta de uniformidad del método manual, el cual tiende a generar aglomeraciones (competencia intraespecífica letal) y espacios vacíos (mayor exposición a desecación), reduciendo la supervivencia inicial de las plántulas (Swissmex, 2024).

Por otro lado, la variable días a la germinación no presentó diferencias significativas entre tratamientos, con un promedio general de 11.89 días. Este comportamiento valida la teoría de Requelme & Villalba (2021), la cual establece que la velocidad de emergencia depende primariamente de la energía germinativa de la semilla y las condiciones de humedad/temperatura del suelo, factores que fueron constantes para todos los bloques, independientemente del método de dispersión utilizado.

#### Análisis de la Composición Botánica y Cobertura

La composición botánica fue la variable donde el sistema de siembra mostró su mayor impacto ecológico. El T1 logró la conformación de pradera más deseable, con un 89.33% de especies cultivadas (*Ray grass*, *Trébol*, *Llantén*) y apenas un 10.67% de malezas. En contraste drástico, el T3 (Voleo manual) presentó la mayor infestación de especies invasoras (27.17%), principalmente Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Lengua de Vaca. Estos resultados concuerdan con Paucar (2012), quien advirtió que la siembra al voleo manual favorece la invasión de malezas debido a la distribución irregular. Los espacios vacíos dejados por el T3 permitieron la entrada de luz al suelo desnudo, estimulando la germinación del banco de semillas de arvenses, las cuales compitieron agresivamente por recursos (FAO, 2024).

Es relevante notar que, aunque el porcentaje de Cobertura Vegetal total fue estadísticamente igual para todos los tratamientos (~98%), cualitativamente el T3 fue inferior debido a que gran parte de esa cobertura correspondía a biomasa indeseable. Esto corrobora lo expuesto por Velásquez y Mora (2012), quienes señalan que la cobertura *per se* no es un indicador suficiente de éxito si no se discrimina la calidad de las especies presentes; el T1 cubrió el suelo con forraje, mientras que el T3 lo hizo con una mezcla de pasto y maleza.

#### Análisis del Rendimiento y Calidad del Forraje

La superioridad en la implantación del T1 se tradujo directamente en rendimiento. El uso del tractor generó la mayor producción de Materia Seca (2534,4 kg/ha), duplicando al T2 y triplicando al T3. Asimismo, el T1 presentó el mayor porcentaje de materia seca (26.40%), lo que indica un forraje con mayor concentración de nutrientes y menor contenido de agua en comparación con el pasto "más tierno" o inmaduro del sistema manual (13.62%). Estos hallazgos se alinean con Posada-Ochoa *et al.* (2013), quienes sostienen que la siembra mecanizada optimiza la densidad espacial de las plantas, evitando el auto-sombreado excesivo y permitiendo un

desarrollo fisiológico más avanzado y vigoroso de la mezcla forrajera al momento del corte.

#### Análisis Económico

Finalmente, el análisis de costos ratificó la eficiencia del sistema voleadora manual de mochila. El tratamiento T1 obtuvo la mejor relación Beneficio/Costo de 1,21 generando un beneficio directo de 0,21 USD por cada dólar invertido. A pesar de que el costo operativo por hora de tractor puede percibirse como alto, la elevada producción de biomasa diluye los costos fijos, resultando en un menor costo unitario por kilogramo de forraje. Por el contrario, el T3 (Voleo manual) mostró la rentabilidad más baja (B/C de 0,43). Esto difiere de la creencia común de que la mano de obra manual es más "barata" para el pequeño productor; tal como indica Brastal (2025), la baja eficiencia productiva de los métodos manuales limita severamente el retorno económico, haciendo que la mecanización sea la opción más sostenible financieramente a mediano plazo.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- El sistema de Voleadora acoplada al tractor (T1) maximizó la producción alcanzando 3780 kg MS/ha y un contenido de materia seca del 26.40%. Este rendimiento fue significativamente superior al del voleo manual (T3), que obtuvo el desempeño más bajo con solo 1380 kg MS/ha y 13.62% de materia seca, demostrando que la mecanización duplica la productividad forrajera.
- Aunque todos los tratamientos cubrieron más del 98% del suelo, la calidad difirió drásticamente. El T1 logró una composición botánica ideal con 89.33% de especies forrajeras y solo 10.67% de malezas. Por el contrario, la distribución irregular del T3 favoreció la invasión de malezas (*Kikuyo*, *Corazón herido* y *Lengua de vaca*), las cuales ocuparon el 27.17% de la pradera, reduciendo su valor nutricional.
- El sistema voleadora acoplada al tractor (T1) resultó ser la opción más rentable con una relación Beneficio/Costo de 1,21 (ganancia neta de 0,21 USD por dólar invertido). A pesar del costo de la maquinaria, su alta eficiencia superó ampliamente al sistema manual (T3), que presentó la rentabilidad más baja con un B/C de 0,43 demostrando que la inversión en tecnología se recupera con volumen de producción.

### 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de voleadoras acopladas al tractor para el establecimiento de pasturas, ya que garantiza la homogeneidad necesaria para obtener altos rendimientos (>2000 kg MS/ha) y controlar culturalmente las malezas desde la siembra.
- En casos donde el uso de tractor no sea viable, se sugiere incrementar la densidad de semilla en un 20% a 30% al volear manualmente. Esto compensará la menor tasa de germinación y reducirá los espacios vacíos que permiten la proliferación del porcentaje de malezas observadas en este estudio.
- Se recomienda que en investigaciones posteriores relacionadas con la siembra de mezclas forrajeras al voleo se considere la evaluación del uso de drones

como una alternativa tecnológica para la distribución de semillas. El empleo de drones podría mejorar la uniformidad de siembra, optimizar el uso de insumos y reducir los costos operativos y la compactación del suelo, especialmente en áreas de difícil acceso o con topografía irregular. Asimismo, futuros estudios podrían comparar este método con los sistemas tradicionales y tecnificados, analizando variables como cobertura vegetal, composición botánica, producción de materia verde y materia seca, con el fin de determinar su eficiencia agronómica y viabilidad técnica en sistemas de producción forrajera.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroscopio. (2024). Manual técnico de equipos de dispersión centrífuga: Voleadora sembradora manual. Agroscopio.com.
- Bolaños Nazate, D. A. (2021). *Efecto de la fertilización foliar orgánica como complemento de la fertilización edáfica tradicional en Rye grass perenne (Lolium perenne) en el centro experimental San Francisco* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio Digital UPEC. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1271>
- Brastal. (2025). Siembra tradicional vs. neumática: encuentre la solución perfecta para sus campos. Recuperado de <https://brastal.pl/es/Siembra-tradicional-vs-neum%C3%A1tica>
- Cardona *et al.*, (2020). Evaluación de sólidos solubles en recursos forrajeros del trópico alto en el departamento de Nariño. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1900-96072020000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072020000200008)
- Requelme, N. A., & Villalba, D. E. (2021). *Evaluación del rendimiento y calidad nutricional de mezclas forrajeras (Lolium perenne y Trifolium repens) bajo diferentes métodos de siembra en la provincia de Imbabura* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital UTN. <https://repositorio.utn.edu.ec/>
- El Comercio. (2024, 1 de octubre). En Ecuador, la crisis del pasto afecta la producción de leche de pequeños ganaderos. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/en-ecuador-la-crisis-del-pasto-afecto-la-produccion-de-leche-de-pequenos-ganaderos/>
- EOS Data Analytics. (2025). Tecnología Agrícola: Innovación En El Cultivo De Cosechas y Gestión de Costos. Recuperado de <https://eos.com/es/blog/tecnologias-en-la-agricultura/>
- FAO. (2021). Manejo de leguminosas forrajeras en sistemas de producción ganadera: El trébol blanco. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2024). Dinámica y complejidad de la competencia de malezas en cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/4/t1147s/t1147s07.htm>


- Fitia. (2024). Información nutricional: Hierba Llantén Plantago Major. Recuperado de <https://fitia.app/es/calorias-informacion-nutricional/hierba-llanten-plantago-major-5032128/>
- Giudice, R. (2018). Ventajas de la siembra al voleo y la fertilización nitrogenada sobre la implantación de *Chloris gayana* Kunth en la depresión del salado. Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- Hernández Ávila, J., Gutiérrez, F., & Díaz, A. (2022). Evaluación del nivel de mecanización tecno-agrícola y eficiencia de equipos de siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 421–432.
- INIAP. (2005). Manual técnico de cultivos agrícolas bajo riego. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- INIAP. (2024). Tecnologías para el establecimiento de pastos de clima frío. Portal de Tecnología INIAP. Recuperado de <https://tecnologia.iniap.gob.ec/pastos/>
- INTA. (2019). Analizan la competencia entre malezas y pasturas templadas: Impacto en el Ryegrass. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/noticias/analizan-la-competencia-entre-malezas-y-pasturas-templadas>
- Jacto. (2023, 3 de abril). Descubre cómo llevar a cabo la siembra mecanizada en tus cultivos: Ventajas y Eficiencia. Blog Jacto Latinoamérica. Recuperado de <https://bloglatam.jacto.com/siembra-mecanizada/>
- LHAURA. (2024). Abonadora sembradora 12 K: Manual del usuario y especificaciones técnicas. Lhaura Maquinaria Agrícola.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, & Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *Estadísticas agropecuarias de la provincia de Carchi | 2023*. PIDARA. [https://pidara.mag.gob.ec/wpcontent/uploads/2024/09/4.Provincia\\_Carchi\\_2023.pdf](https://pidara.mag.gob.ec/wpcontent/uploads/2024/09/4.Provincia_Carchi_2023.pdf)
- Monja, K. (2023). Evaluación de sistemas de siembra mecanizada en cultivos extensivos. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Molina, C., & Valencia, A. (2018). Evaluación agronómica del *Rhizobium* con inoculación y fertilización nitrogenada en una pastura de Trébol Blanco (*Trifolium repens*) y Ryegrass perenne [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Morocho, J., et al. (2025). Clasificación de la producción lechera a pequeña escala en la zona fronteriza Ecuador-Colombia. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 59. [http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v59/es\\_2079-3480-cjas-59-e01.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v59/es_2079-3480-cjas-59-e01.pdf)

- Ojeda, W. (2024). Evaluación de densidades de siembra al voleo en materiales forrajeros. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Paucar, P. (2012). Evaluación y Caracterización Morfoagronómica del *Plantago lanceolata*. ESPOCH.
- Pérez, M. y Roldán, A. (2025). Tecnificación agrícola: impacto en el rendimiento productivo y el desarrollo socioeconómico de los productores de arroz. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades.
- Pizango, E. (2013). Influencia de tres métodos de siembra en la fase de establecimiento de especies forrajeras. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Posada-Ochoa, S., Rosero-Noguera, R., & Ayaza, W. (2013). Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium sp.*) con cero labranza. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 8(1), 26-36.
- Prefectura de Imbabura. (2023). Estrategias de fortalecimiento de la cadena de valor de ganadería de leche y lácteos. Agenda Productiva Zonal. Recuperado de <https://www.imbabura.gob.ec/>
- Quelal Cuatin, L. J. (2024). Uso del pino... para una mezcla forrajera de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Plantago major* [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte.
- Quelal, L. J. (2023). *Uso del pino (Pinus sylvestris) como bioestimulante para una mezcla forrajera de Lolium perenne, Trifolium repens y Plantago major, en el cantón Espejo, Carchi* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica del Norte.
- Rodríguez, A. (2024). Análisis del impacto económico del sector ganadero en la región Sierra – Ecuador (2017–2021) [Tesis de Grado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27255/1/UPS-CT011269.pdf>
- Sumire, L. (2022). Comparativa Técnica: Siembra Manual vs. Mecanizada en cultivos. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/581706105/Tarea-Tema-5-Tub>
- Sirac. (2023). Catálogo técnico de semillas de pastos de clima frío para Ecuador. Recuperado de <https://siracecuador.com/wp-content/uploads/2023/02/Catalogo-Semillas-de-Pasto.pdf>
- Suttie, J. M. (2003). *Recursos de la FAO: Manejo y utilización de pastos y forrajes*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).


- Swissmex. (2024, 8 de julio). Siembra al Voleo: Importancia de la uniformidad y ventajas de la precisión. Swissmex-Rapid. Recuperado de <https://www.swissmex.com/PortalWeb/noticias/siembra-al-voleo/>
- Tupe, S. (2025). Evaluación de bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de papa nativa variedad chaucha amarilla (*Solanum phureja*) en el Centro Experimental San Francisco - UPEC
- Valderrama, J., & Rivera, J. (2014). Valoración nutricional y emisión de gases de algunos recursos forrajeros del trópico de altura (*Plantago major*). Revista de Ciencias Agrícolas, 31(2). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-01352014000200010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352014000200010)
- Vallejo, J. G., et al. (2025). Fortalecimiento de la Ganadería Ecuatoriana: Manejo Sostenible de Pastos, Forrajes y Sistemas Silvopastoriles para un Futuro Resiliente. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades.
- Velásquez, R., & Mora, J. (2012). Cobertura arbórea y herbácea en pasturas naturalizadas de fincas ganaderas del Trópico Seco. Revista Agroforestería en las Américas, 49, 53-60.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA DE AGROPECUARIA

**ACTA**  
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

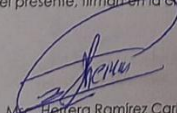
ESTUDIANTE:	Cuztapud Chamorro Lenín Alexander	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401845904
PERIODO ACADÉMICO:	2025B		
PRESIDENTE TRIBUNAL	Msc. Herrera Ramírez Carlos David	DOCENTE TUTOR:	PhD Hernán Rigoberto Benavides Rosales
DOCENTE:	Msc Cindy Carolina López Guerrero		
<b>TEMA DEL TIC:</b> "Evaluación de tres sistemas de siembra en la producción de una mezcla forrajera a base ray grass (Lolium perenne), trébal blanco (Trifolium repens) y hantén (Plantago major) en el Centro Experimental San Francisco"			

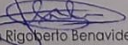
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,00	
3	METODOLOGÍA	9,00	
4	RESULTADOS	9,00	Trabajar con las unidades de medida del sistema internacional acorde a las variables evaluadas.
5	DISCUSIÓN	9,00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9,00	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,00	Corregir faltas de ortografía
	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	9,00	Seguir el formato institucional para el informe final del TIC

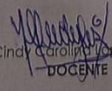
Obteniendo una nota de: **9,00** Por lo tanto, **APRUEBA**; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **22/12/2025**

  
**Msc. Herrera Ramírez Carlos David**  
**PRESIDENTE TRIBUNAL**

  
**PhD Hernán Rigoberto Benavides Rosales**  
**DOCENTE TUTOR**

  
**Msc Cindy Carolina López Guerrero**  
**DOCENTE**

**Anexo 2.** Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND  
NATIVE LANGUAGES CENTER

**ABSTRACT- EVALUATION SHEET**

**NAME:** Cuasapud Chamorro Lenin Alexander  
**DATE:** Lunes, 12 de enero de 2026  
**TOPIC:** "Evaluación de tres sistemas de siembra en la producción de una mezcla forrajera a base de ray grass (Lolium perenne), trébol blanco (Trifolium repens) y llantén (Plantago major) en el Centro Experimental San Francisco"

**MARKS AWARDED**                      **QUANTITATIVE AND QUALITATIVE**

VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	<b>TOTAL 9</b>			

9 - 10: EXCELLENT  
 7 - 8,9: GOOD  
 5 - 6,9: AVERAGE  
 0 - 4,9: LIMITED



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND  
NATIVE LANGUAGES CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

**Autor:** Cuasapud Chamorro Lenin Alexander

**Fecha de recepción del abstract:** Martes 23 de diciembre de 2025

**Fecha de entrega del informe:** Lunes, 12 de enero de 2026

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

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

**Observaciones:**

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

Atentamente

MSc. Jairo Guevara



**DIRECTOR DE CENTROS ACADÉMICOS Y DE  
FORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

### Anexo 3. Costos de producción por hectárea

**Tabla 22.** Costos de producción por ha de la mezcla forrajera Mejor tratamiento T1

<b>Centro Experimental San Francisco</b>				
	<b>Sistema:</b> Tecnificado		<b>Lugar:</b> UPEC	
	<b>Área:</b> 2837 m <sup>2</sup>		<b>Responsable:</b> Lenin Cuasapud	
<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Medida</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
<b>Mano de obra</b>				
Preparación de terreno				
Tractor aguilón- Aplicación herbicida	1	Horas	6,66	6,66
Tractor (rastra/ rotavator)	3	Horas	19,98	59,94
Aplicación de cal	1	Jornal	3,99	3,99
Trazado de parcelas	2	Jornal	3,99	7,98
Mezcla de semillas + DAP	1	Jornal	3,99	3,99
Siembra voleadora de tractor	1	Jornal	6,66	6,66
Fertilización voleadora acoplada al tractor	1	Horas	6,66	6,66
Cosecha	1	Jornal	3,99	3,99
<b>Materiales</b>				<b>71,2</b>
Estacas	24	Unidad	1	24
Cinta métrica	1	Unidad	26,2	26,2
Calculadora	1	Unidad	3	3
Libreta de campo	1	Unidad	1	1
Cuadrante	1	Unidad	2	2
Balanza	1	unidad	10	10
Hoz	1	Unidad	5	5
<b>Insumos</b>				<b>93,735</b>
Cal agrícola	2	qq	12	24
<i>Lolium perenne</i> (Semilla)	9,96	kg	2,8	27,888
<i>Tifolium repens</i> (semilla)	0,78	kg	10,26	8,0028
<i>Plantago major</i> (Semilla)	0,48	Kg	8,29	3,9792
DAP (18-46-0)	0,33	qq	48	15,84
Urea (0-0-46)	0,33	qq	34,5	11,385
Glifosato	0,33	Lt	8	2,64
			<b>Costo Total</b>	<b>264,805</b>

#### Anexo 4. Proceso experimental



**Figura 5.** Aplicación herbicida



**Figura 6.** Llenado de tanque del aguilón



**Figura 7.** Aplicación de cal



**Figura 8.** Trazado de parcelas



**Figura 9.** Semilla ray grass



**Figura 10.** Mezcla de semillas



**Figura 11.** Fertilizante



**Figura 12.** Pase de rodillo



**Figura 13.** Cobertura vegetal.



**Figura 14.** Conteo hojas



**Figura 15.** Corte del pasto

## Anexo 5. Script para realizar el análisis estadístico en R Studio de un DBCA

```
library(agricolae)
###DBCA
# Subir base de datos
dbca=read.delim("clipboard")
attach(dbca)
str(dbca)

##### % GERMINACIÓN #####

summary(dbca)
boxplot(Germ ~ Trat)

mod1= aov(Germ ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(Germ ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

B=HSD.test(mod1, "Trat", console=T)
bar.group(B$groups,ylim=c(0,120), col=2:4, ylab="Germinación %"
, main="Germinación")
box()

##### DÍAS DE GERMINACIÓN #####

summary(dbca)
boxplot(DG ~ Trat)

mod1= aov(DG ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(DG ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

##### % RAY GRASS #####

summary(dbca)
boxplot(RayG ~ Trat)
```

```

mod1= aov(RayG ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

```

```

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(RayG ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

```

```

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

```

```

##### % TREBOL #####

```

```

summary(dbca)
boxplot(Trebol ~ Trat)

```

```

mod1= aov(Trebol ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

```

```

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(Trebol ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

```

```

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

```

```

##### % LLANTEN #####

```

```

summary(dbca)
boxplot(Llanten ~ Trat)

```

```

mod1= aov(Llanten ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

```

```

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(Llanten ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

```

```

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

```

```

##### % KIKUYO #####

```

```

summary(dbca)

```

```

boxplot(Kikuyo ~ Trat)

mod1= aov(Kikuyo ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(Kikuyo ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

##### % CORAZÓN HERIDO #####

summary(dbca)
boxplot(CoraH ~ Trat)

mod1= aov(CoraH ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(CoraH ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

##### % LENGUA VACA #####

summary(dbca)
boxplot(LengV ~ Trat)

mod1= aov(LengV ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(LengV ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

##### MATERIA VERDE KG #####

summary(dbca)

```

```

boxplot(MV ~ Trat)

mod1= aov(MV ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(MV ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

##### MATERIA SECA KG #####

summary(dbca)
boxplot(MS ~ Trat)

mod1= aov(MS ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(MS ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

##### MATERIA SECA % #####

summary(dbca)
boxplot(MS.. ~ Trat)

mod1= aov(MS.. ~ Bloq + Trat)
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
cv.model(mod1) # 24,59

#SUPUESTOS
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
bartlett.test(MS.. ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05

library(agricolae)
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY

##### COBERTURA VEGETAL #####

summary(dbca)

```

```
boxplot(CV ~ Trat)
```

```
mod1= aov(CV ~ Bloq + Trat)
```

```
summary(mod1) # Bloq p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE BLOQUES
```

```
# Trat p-value = MENOR a 0,05 HAY DIFERENCIA ENTRE TRATAMIENTOS
```

```
cv.model(mod1) # 24,59
```

```
#SUPUESTOS
```

```
shapiro.test(residuals(mod1)) #p-value debe ser mayor a 0,05
```

```
bartlett.test(CV ~ Trat) # p-value debe ser mayor a 0,05
```

```
library(agricolae)
```

```
HSD.test(mod1, "Trat", console=T) #PRUEBA DE TUKEY
```

