

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: "Evaluación del efecto a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares como promotores del crecimiento y nutrición en el Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*) en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC".

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

AUTOR: Huancha Querembas Leandro Sebastian

TUTOR: MSc. Balarezo Urresta Luis Rodrigo, PhD

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Huancha Querembas Leandro Sebastian con el número de cédula 0401824495 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del efecto a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares como promotores del crecimiento y nutrición en el Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*) en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC".

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.

MSc. Balarezo Urresta Luis Rodrigo, PhD

TUTOR

Tulcán, julio de 2025.

AUTORÍA DE TRABAJO

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

Yo, Huancha Querembas Leandro Sebastian con cédula de identidad número 0401824495 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Huancha Querembas Leandro Sebastian

AUTOR

Tulcán, julio de 2025.

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Huancha Querembas Leandro Sebastian declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del efecto a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares como promotores del crecimiento y nutrición en el Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*) en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Huancha Querembas Leandro Sebastian

AUTOR

Tulcán, julio de 2025.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza, por haberme guiado a lo largo de este camino académico. Su presencia me sostuvo en los momentos de incertidumbre, me brindó paz en medio de las dificultades y me permitió culminar satisfactoriamente mi carrera universitaria.

A mis padres, Jaime Huancha y Rocío Querembas, por estar a mi lado en cada momento, por ser un pilar fundamental en mi vida, por nunca dejarme solo y por brindarme siempre su apoyo incondicional. Sus consejos me dieron el ánimo necesario para seguir adelante, y su amor me ha permitido construir un camino hacia un mejor futuro.

A mis abuelitos, a mi hermano y a toda mi familia, quienes han sido una fuente constante de motivación a lo largo de mi carrera universitaria. En especial a mi abuelita Elena, que, aunque ya no está físicamente conmigo, vive para siempre en mi corazón. Su amor, sus palabras y su ejemplo siguen siendo una luz que me guía desde el cielo. Esta meta también es suya. Gracias por inspirarme a no rendirme y a dar siempre lo mejor de mí.

De igual forma, expreso mi sincero agradecimiento a mi tutor, MSc. Guillermo Jácome, por compartir generosamente sus conocimientos, por su paciencia y por ser una guía clave en el desarrollo de este trabajo de investigación. Su acompañamiento fue fundamental para culminar este proyecto con éxito.

También extiendo mi gratitud a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme académica y profesionalmente en esta prestigiosa institución. Gracias por contribuir de manera significativa a mi crecimiento personal y profesional.

Huancha Querembas Leandro Sebastian

DEDICATORIA

Con profunda alegría y gratitud, dedico este logro a mis padres, Jaime Huancha y Rocío Querembas, quienes han sido mi apoyo incondicional en cada etapa de este camino. Gracias por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles, por no dejarme caer cuando sentí desfallecer y por brindarme su amor, paciencia y sabios consejos que me impulsaron a seguir luchando por mis sueños. Su ejemplo de sacrificio y perseverancia ha sido mi mayor inspiración. Este triunfo también es de ustedes, y les agradezco desde lo más profundo de mi corazón por ser la fuerza que me ha guiado hasta alcanzar esta meta.

Huancha Querembas Leandro Sebastián

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
I. EL PROBLEMA	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo General	20
1.4.2. Objetivos Específicos	20
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	20
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. MARCO TEÓRICO	25
2.2.1. Ryegrass (<i>Viscount</i>)	25
2.2.2. Importancia del cultivo	25
2.2.3. Descripción botánica	26
2.2.4. Requerimientos edafoclimáticos	27
2.2.5. Características del <i>Viscount</i>	27
2.2.6. Fertilización.....	28
2.2.7. Fertilizante Químico: YaraMila Rafos	29
2.2.8. Composición Química Garantizada	29
2.2.9. Beneficios YaraMila Rafos	29
2.2.10. Hongos promotores de crecimiento.....	30
2.2.11. Importancia de los hongos micorrízicos	31

2.2.12. Beneficios de las micorrizas	31
2.2.13. Micorrizas Autóctonas	33
2.2.14. Tipos de micorriza	34
2.2.15. Resid MG: <i>Glomus iranicum</i> var. <i>Tenuihypharum</i>	34
III. METODOLOGÍA	36
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	36
3.1.1. Enfoque.....	36
3.1.2. Tipo de Investigación.....	36
3.2. HIPÓTESIS	36
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	37
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	39
3.4.1. Área de estudio	39
3.4.2. Tratamientos del diseño experimental.....	39
3.4.3. Características del diseño experimental	39
3.4.4. Distribución y características del experimento	40
3.4.5. Población y muestra de la investigación.....	40
3.4.6. Procedimientos	41
3.4.7. Variables a evaluar	42
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. RESULTADOS	45
4.1.1. Altura de planta	45
4.1.2. Número de hojas	47
4.1.3. Biomasa	48
4.1.3.1. Materia Verde	48
4.1.3.2. Materia Seca.....	50
4.1.4. Rendimiento.....	52
4.1.5. Contenido nutricional	53

4.1.6. Análisis costo/beneficio.....	55
4.2. DISCUSIÓN.....	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1. CONCLUSIONES	62
5.2. RECOMENDACIONES	62
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
VII. ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de Ryegrass Viscount	25
Tabla 2. Composición nutricional del Ryegrass Viscount (Lolium perenne)	26
Tabla 3. Características morfológicas	27
Tabla 4. Requerimientos nutricionales de Fertilizante.....	29
Tabla 5. Composición química.....	29
Tabla 6. Operacionalización de las variables.....	37
Tabla 7. Tratamientos.....	39
Tabla 8. Características de la unidad experimental.....	40
Tabla 9. Análisis de Varianza para altura de la planta.....	45
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5 % para altura de planta corte 1	46
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para la altura en el Corte 1	46
Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para la altura	47
Tabla 13. Análisis de varianza para número de hojas.....	47
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para número de hojas de la planta	48
Tabla 15. Análisis de varianza para el rendimiento Materia verde.....	49
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para para Materia Verde	50
Tabla 17. Análisis de varianza para el rendimiento Materia Seca	51
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para Materia Seca Fertilización.....	51
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para Materia Seca, Microorganismos.....	52
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para Materia Seca Corte 3.....	52

Tabla 21. Rendimiento materia verde y materia seca	53
Tabla 22. Análisis de varianza para el contenido nutricional	53
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para el contenido nutricional	54
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para extracto estéreo y proteína	55
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para el contenido nutricional de proteína ..	55
Tabla 26. Análisis costo/beneficio para el cultivo del Ryegrass perenne (Viscount)	56
Tabla 27. Costo de Producción	71
Tabla 28. Costo beneficio	78
Tabla 29. Normalidad y Homogeneidad de varianzas	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fertilizante	30
Figura 2. Resid MG	35
Figura 3. Ubicación geográfica del terreno	39
Figura 4. Distribución de los tratamientos	40
Figura 5. Muestra de la Investigación	41
Figura 6. Preparación del terreno	76
Figura 7. División de parcelas	76
Figura 8. Insumo utilizado	76
Figura 9. Siembra del pasto	76
Figura 10. Fertilización	76
Figura 11. Inoculación de micorrizas	76
Figura 12. Corte 2	77
Figura 13. Peso de materia seca	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	68
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	69

Anexo 3. Costos de producción	71
Anexo 4. Análisis de suelo	72
Anexo 5. Análisis bromatológicos	73
Anexo 6. Proceso Experimental.....	76
Anexo 7. Costo beneficio Ryegrass Viscount por hectárea	78
Anexo 8. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas	79
Anexo 9. Boxplot y pruebas de Tukey al 5% para las variables evaluadas	80
Anexo 10. Script para realizar el análisis estadístico en R Studio de un DBCA con arreglo factorial 4x3.....	83

RESUMEN

El propósito del estudio fue evaluar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares como promotores del crecimiento y nutrición en el Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*) en el Centro experimental San Francisco de la UPEC; este estudio fue cuantitativo; se diseñó bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial 4×3, tuvo una superficie de 936 m², se aplicaron 10 tratamientos y 4 repeticiones, y 40 unidades experimentales, los tratamientos utilizados fueron T1 (Micorrizas nativas, 16g/m²), T2 (Resid Mg, 1g/m²) T3 (Micorrizas nativas + fertilizante edáfico, 16g/m² + 100 % NPK (20g/m²)), T4 (Resid Mg + fertilizante edáfico, 1g/m² + 100 % NPK (20g/m²)), T5 (Micorrizas nativas+ fertilizante edáfico, 16g/m² + 75 % NPK (15g/m²), T6 (Resid Mg + fertilizante edáfico, 1g/m² + 75 % NPK (15g/m²), T7 (Micorrizas nativas+ fertilizante edáfico, 16g/m² + 50 % NPK (10g/m²), T8 (Resid Mg + fertilizante edáfico, 1g/m² + 50 % NPK(10g/m²), T9 (Fertilizante edáfico, 100 % NPK (20g/m²) y T10 Testigo absoluto. Los resultados de esta investigación muestran que en la altura de la planta en el Corte 3, que el T4 y T3 y T7 obtuvieron una media de 48.23 cm, 47.11 cm y 44.54 cm, respectivamente; en relación al número de hojas del corte 1, en el primer grupo A como mejor tratamiento T9 lo cual mostro con la mejor media 6.47, en la materia verde se obtuvo en el corte 2, los mejores tratamientos T4 y T3 con medias de 660.50 g y 447.50 g, respectivamente, para Materia Seca en el corte 3 el mejor tratamiento el T4 obtuvo un peso de 138.25g, el contenido nutricional el tratamiento con Resid MG destacó como el más favorable, con el 24.12%., el tratamiento T4 genera un beneficio directo de 1.36 dólares por cada dólar invertido.

Palabras clave: Inoculación, hongos micorrízicos, Ryegrass

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation as promoters of growth and nutrition in Viscount ryegrass (*Lolium perenne*) at the San Francisco Experimental Center of UPEC. This was a quantitative study designed as a randomized complete block design (RCBD) with a 4×3 factorial arrangement, covering an area of 936 m². In total, 10 treatments were tested with four replications, and 40 experimental units were used. The treatments were as follows: T1 (native mycorrhizae, 16 g/m²), T2 (Resid Mg, 1 g/m²), T3 (native mycorrhizae + soil fertilizer, 16 g/m² + 100% NPK (20 g/m²)), T4 (Resid Mg + soil fertilizer, 1 g/m² + 100% NPK (20 g/m²)), T5 (native mycorrhizae + soil fertilizer, 16 g/m² + 75% NPK (15 g/m²)), T6 (Resid Mg + soil fertilizer, 1 g/m² + 75% NPK (15 g/m²)), T7 (native mycorrhizae + soil fertilizer, 16 g/m² + 50% NPK (10 g/m²)), T8 (Resid Mg + soil fertilizer, 1 g/m² + 50% NPK (10 g/m²)), T9 (soil fertilizer, 100% NPK (20 g/m²)), and T10 (absolute control). The results of this research show that in the height of the plant in cut 3, T4, T3 and T7 obtained a mean of 48.23 cm, 47.11 cm and 44.54 cm, respectively. Concerning the number of leaves in cut 1, in the first group A the optimal treatment was T9 which showed the best mean of 6.47, in the green matter was obtained in cut 2, the best treatments T4 and T3 with averages of 660.50 g and 447.50 g, respectively, for dry matter in cut 3 the best treatment T4 obtained a weight of 138.25g. The nutritional content the treatment with Resid MG stood out as the most favorable, with 24.12%, the T4 treatment generates a direct benefit of 1.36 dollars for each dollar invested.

Key words: Inoculation, mycorrhizal fungi, Ryegrass.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*) es ampliamente reconocido en los sistemas ganaderos por su alta palatabilidad, considerable rendimiento en materia seca y notable resistencia a diversas enfermedades que afectan a los pastos. No obstante, para alcanzar su máximo potencial productivo, la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se ha presentado como una estrategia eficaz, especialmente en suelos afectados por salinidad. Un estudio reciente evidenció que, bajo condiciones de salinidad moderada (0.05 % NaCl), la asociación simbiótica con HMA incrementó la altura de las plantas en un 25.9 %, la biomasa aérea en un 37.1 % y la biomasa subterránea en un 55.6 %. Además, se registró un aumento del 31 % en el contenido de clorofila *a*, lo cual refleja una mejora significativa en los procesos fotosintéticos y el desarrollo general de la planta (Li et al., 2023).

En la región Sierra del Ecuador, el Ryegrass (*Lolium perenne*) se ha consolidado como una gramínea forrajera esencial para el sector ganadero, especialmente en áreas de altitud media y alta, donde las condiciones climáticas son favorables para su cultivo y rendimiento. Esta especie destaca por su elevada digestibilidad, alto contenido proteico y un balance nutricional que la hace idónea para alimentar bovinos tanto de carne como de leche. Su inclusión en las pasturas contribuye a mejorar la calidad del forraje y, por ende, la eficiencia alimenticia y productividad animal. Investigaciones realizadas en la Universidad de Cuenca muestran que el valor energético de esta especie varía considerablemente según la edad en la que se realiza el corte, enfatizando la importancia de un manejo adecuado en el momento de la cosecha para optimizar su calidad nutricional. Así, ajustar la frecuencia de corte de acuerdo con la etapa fenológica del pasto permite maximizar su contenido energético, representando una alternativa técnica y sostenible para productores pequeños y medianos en la zona andina (Silva et al., 2015)

En los últimos años, el sector ganadero en Ecuador ha experimentado un crecimiento notable, lo que ha puesto en evidencia la importancia de mejorar la producción de pastos como recurso estratégico para la alimentación animal. Sin embargo, gran parte de los productores continúa utilizando sistemas tradicionales, como el monocultivo con una alta carga animal, sumado a un manejo inadecuado del

terreno. Además, existe un conocimiento limitado sobre los beneficios que aporta la aplicación de micorrizas y el manejo correcto de nutrientes esenciales, como nitrógeno y fósforo, para mejorar el rendimiento de los pastos, lo que representa una oportunidad para optimizar el sector pecuario nacional.

En el marco de la agricultura sostenible, los hongos promotores del crecimiento vegetal surgen como una alternativa ecológica y eficiente para fortalecer las prácticas agrícolas. Estos microorganismos, que actúan como biofertilizantes y bioestimulantes, promueven el desarrollo radicular y mejoran la absorción de nutrientes sin generar residuos químicos perjudiciales. Diversos estudios han demostrado que las plantas inoculadas con estos microorganismos presentan una mayor capacidad para absorber agua y nutrientes, reflejándose en un mejor estado nutricional y mayor salud del suelo. Asimismo, la utilización de biofertilizantes microbianos contribuye a la reducción del uso de recursos no renovables, disminuye la contaminación ambiental, protege la biodiversidad del suelo y reduce los costos de producción al reemplazar en parte a los fertilizantes (Beltrán & Figueroa, 2022).

El equilibrio entre la productividad agrícola y la conservación del medio ambiente constituye un desafío fundamental para los agricultores y ganaderos. Los hongos promotores del crecimiento vegetal (HPCV) desempeñan un papel crucial al mejorar la absorción de nutrientes, fortalecer la salud de las plantas y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. De este modo, fomentan sistemas productivos más sostenibles y eficientes, con un impacto ambiental significativamente menor. En consecuencia, su incorporación en las prácticas agropecuarias nacionales se está consolidando como una estrategia viable y necesaria para el desarrollo sostenible del sector.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería analizó la extensión de tierras dedicadas a la actividad ganadera en el país. Se identificó un potencial de aproximadamente 4,7 millones de hectáreas destinadas a la ganadería, de las cuales 2,8 millones son utilizadas por medianos y grandes productores. El estudio también reveló que estos terrenos, caracterizados por pendientes pronunciadas y una alta densidad de ganado, presentan deficiencias en la información sobre variedades forrajeras y limitaciones en la capacitación para el manejo ambiental. Estos factores pueden afectar la productividad y sostenibilidad del sector ganadero, resaltando la necesidad de estrategias de gestión más eficientes (Ministerio de agricultura y Ganadería, 2019).

Las dificultades a gran escala en el pastoreo radican en la falta de conciencia sobre la gestión del forraje, lo que afecta la calidad y producción del pasto. Esta deficiencia reduce el contenido de materia seca en el forraje, lo que puede llevar a la desnutrición de los animales. Es fundamental que los pastos absorban todos los nutrientes disponibles en el suelo; sin embargo, el monocultivo genera un problema importante: el bloqueo de nutrientes. Este fenómeno impide que las gramíneas absorban ciertos minerales esenciales, lo que provoca deficiencias nutricionales en el Ryegrass(Washington State, s. f.).

En los últimos años, el sector ganadero en Ecuador ha experimentado un incremento en la producción, lo que ha generado un mayor interés en la gestión de los pastos. Sin embargo, la mayoría de los productores siguen utilizando sistemas tradicionales, como el monocultivo, lo que conlleva una explotación intensiva de los recursos y un manejo inadecuado de los terrenos. Además, existe un desconocimiento sobre los beneficios que pueden aportar la aplicación de micorrizas y el ajuste adecuado de los niveles de nitrógeno y fósforo en los suelos para mejorar el rendimiento del sector pecuario.

Estudios realizados en 22 granjas ganaderas de cantones como Manabí y Bolívar, mediante encuestas, han identificado dificultades en el crecimiento de pastos. Los análisis revelaron que más del 52 % de los suelos presentan una alta acidez y una deficiencia de nutrientes y micronutrientes, lo que afecta directamente el rendimiento de las gramíneas y la disponibilidad de fósforo y potasio. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar estrategias agronómicas que optimicen la fertilización y el uso de microorganismos benéficos, como las micorrizas, para mejorar la calidad de los pastos y garantizar una producción más sostenible en el sector ganadero (Álvarez et al., 2020).

En el sector, el uso del suelo está orientado principalmente a la actividad ganadera, lo que exige condiciones óptimas para alcanzar un alto rendimiento productivo. Para ello, es fundamental que el suelo permita el desarrollo de pastos con características adecuadas como buen grosor de tallo, abundancia de hojas y una rápida recuperación tras el corte, lo que contribuye a una mayor competencia frente a malezas, plagas y enfermedades, además de garantizar un alto valor nutricional. Sin embargo, la eficiencia del suelo se ha visto afectada de manera progresiva debido a diversos factores, entre los cuales destaca la erosión provocada por el uso inadecuado de maquinaria agrícola en zonas con pendientes pronunciadas, típicas de la región Sierra. Esta problemática se agrava con la práctica del monocultivo y el uso excesivo de fertilizantes químicos, lo que no solo bloquea la disponibilidad de nutrientes esenciales, sino que también acelera la degradación del suelo. Esto refleja una falta de manejo técnico del suelo y de prácticas que lo conserven el equilibrio del ecosistema. (Chamorro, 2018).

En la parroquia Bolívar, ubicada en la mancomunidad de la provincia del Carchi, uno de los principales problemas que afecta la sostenibilidad de la actividad agropecuaria es la erosión del suelo. Esta situación se agrava por las condiciones topográficas de la zona, donde la pérdida de suelo por erosión puede alcanzar entre 30 y 50 toneladas por hectárea al año en terrenos con pendientes superiores al 25 %, y entre 10 y 30 t/ha/año en pendientes entre el 12 % y el 25 %. Incluso en pendientes menores al 12 %, se registran pérdidas de entre 5 y 10 t/ha/año. El origen de esta problemática radica en la disminución de la cobertura vegetal como consecuencia del laboreo constante del suelo para fines agrícolas, unido a una baja disponibilidad hídrica que limita el desarrollo de la vegetación. A esto se suman factores como la textura frágil del suelo, baja materia orgánica, compactación, deficiente estructura,

y el uso de prácticas agrícolas inadecuadas, como el empleo excesivo de fertilizantes químicos y el riego por gravedad en zonas de ladera. Un problema particular dentro de este contexto es la presencia de capas endurecidas de cangahua, las cuales dificultan la infiltración y limitan el aprovechamiento agrícola del terreno. A pesar de ello, estos suelos no han sido incorporados adecuadamente al sistema productivo, en una parroquia cuya economía depende fundamentalmente de la agricultura y la ganadería (Carlosama & Jiménez, 2018).

En la provincia del Carchi, los suelos predominantes son andosoles de origen volcánico, caracterizados por su alta capacidad de fijación de fósforo. A pesar de ubicarse en zonas de altitud elevada y con condiciones de humedad favorables, la intensificación de la actividad agrícola ha provocado una progresiva pérdida de nutrientes y minerales esenciales. Esta degradación del suelo compromete directamente la calidad y disponibilidad de pastos, afectando la productividad forrajera y, por ende, la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios de la región.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué efecto produce la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares como promotores en la etapa vegetativa, rendimiento y calidad nutricional en el Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*) en el Centro experimental San Francisco de la UPEC?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los hongos micorrízicos establecen una relación mutualista con las raíces de las plantas, formando una asociación que no perjudica al hospedero, sino que facilita la absorción de nutrientes clave como fósforo y nitrógeno a través de una red de hifas que amplía la capacidad de exploración del suelo. Se estima que entre el 85 % y 95 % de las especies vegetales terrestres mantienen este tipo de simbiosis, lo cual refleja su amplia distribución y gran importancia ecológica. Además, estos hongos contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, favorecen la formación de agregados, incrementan la retención de agua y ayudan a las plantas a tolerar mejor el estrés abiótico y la acción de patógenos (Garzón, 2016).

Los hongos micorrízicos aportan múltiples beneficios para el crecimiento, desarrollo y adaptación de las plantas, al incrementar la absorción de minerales y nutrientes presentes en el suelo. Esta mejora se centra en la disponibilidad de elementos móviles esenciales como fósforo, zinc, azufre, calcio, molibdeno y boro, incrementando especialmente la eficiencia en la utilización del fósforo. La simbiosis entre hongos y

raíces permite un intercambio beneficioso de nutrientes y energía, facilitando un mejor acceso a nutrientes fundamentales para el crecimiento, como el fósforo y el nitrógeno. Las plantas que establecen esta relación presentan además una mayor resistencia frente a patógenos y mejor capacidad para enfrentar estrés ambiental, lo que favorece su supervivencia y desarrollo. Por ello, el empleo de micorrizas resulta clave para optimizar la absorción de nutrientes y mantener la salud y estabilidad de los ecosistemas, promoviendo prácticas agrícolas y ecológicas sostenibles (Carrillo et al., 2022).

En los ecosistemas andinos, especialmente en los páramos, los hongos micorrízicos juegan un papel esencial debido a que una gran variedad de plantas establece esta relación simbiótica. Esto sugiere que las micorrizas son vitales para estimular la nutrición, el crecimiento y desarrollo de pastos y otras especies vegetales. Se calcula que cerca del 95 % de estas especies dependen de las micorrizas para su supervivencia, hecho que también se extiende a varios cultivos y tipos de pastos. Por lo tanto, los hongos micorrízicos son fundamentales para preservar la productividad y la salud de estos frágiles ecosistemas de alta montaña (Romero et al., 2004).

El Ryegrass constituye un componente clave en la ganadería, dado que mejora la calidad nutricional de los pastos y, en consecuencia, el rendimiento animal. No obstante, la interacción simbiótica entre hongos micorrízicos y pastos es poco explorada, lo que representa una oportunidad para mejorar la producción y calidad del forraje. Las micorrizas potencian la absorción de nutrientes, principalmente fósforo, favoreciendo un suelo más fértil y plantas más vigorosas, lo que beneficia directamente a la ganadería. En la Sierra, donde aproximadamente el 46 % de los ingresos ganaderos provienen de productos lácteos, la aplicación de fertilización orgánica con micorrizas se presenta como una alternativa rentable y sostenible para optimizar la nutrición animal y la salud del suelo (Acevedo et al., 2020).

El uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en pasturas, especialmente en Ryegrass (*Lolium perenne*), ha mostrado ser efectivo para mejorar la tolerancia de las plantas frente a condiciones adversas como la sequía. La inoculación con HMA, en particular con *Glomus mosses*, ha evidenciado aumentos significativos en la altura y biomasa del Ryegrass bajo estrés hídrico intenso, optimizando su rendimiento en situaciones desfavorables. Además, la presencia de estos hongos disminuye la acumulación de compuestos dañinos como el malondialdehído y la prolina en las hojas, mientras que incrementa la actividad de enzimas antioxidantes, mejorando la

capacidad de la planta para resistir el estrés. Estos hallazgos indican que la simbiosis con HMA favorece no solo el crecimiento y desarrollo de los pastos, sino también su sostenibilidad y productividad en sistemas ganaderos, constituyendo una opción ecológica y rentable para mejorar la calidad del forraje y la salud del suelo (Yang et al., 2019).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares como promotores del crecimiento y nutrición en el Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*) en el Centro experimental San Francisco de la UPEC.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la inoculación de micorrizas comerciales (*Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*) y Micorrizas Autóctonas (*Glomus spp*) en la fenología y rendimiento del Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*).
- Determinar el efecto de la inoculación de micorrizas comerciales (*Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*) y Micorrizas Autóctonas (*Glomus spp*) en el contenido nutricional del Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*).
- Realizar un análisis costo/beneficio de los tratamientos utilizados en el cultivo Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*).

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el efecto de la inoculación de micorrizas comerciales (*Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*) y Micorrizas Autóctonas (*Glomus spp*) en la fenología y rendimiento del Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*)?
- ¿Cuál es el efecto de la inoculación de micorrizas comerciales (*Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*) y Micorrizas Autóctonas (*Glomus spp*) en el contenido nutricional del Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*)??
- ¿Cuál es el tratamiento más rentable según el análisis costo-beneficio en el cultivo del Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*)?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Haro (2025) llevó a cabo una investigación para evaluar el efecto de las micorrizas arbusculares en el rendimiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea L.*), en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Mulaló. La investigación utilizó un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), incluyendo tratamientos con fertilizantes químicos combinados con micorrizas arbusculares comerciales de la marca Symbiotic. Se aplicaron tres dosis de fertilizante químico: 300 kg/ha, 240 kg/ha y 180 kg/ha, mientras que la dosis de micorrizas utilizada fue de 3880 esporas/g. Las variables analizadas incluyeron la altura de la planta, el número de hojas por planta, la longitud de las hojas, el grosor de los tallos y el rendimiento en toneladas por hectárea. Los resultados demostraron que la aplicación de fertilizante químico en dosis de 300 kg/ha produjo el mayor rendimiento con 67.16 t/ha de espinaca. En cuanto a las micorrizas, la mejor dosis fue Micorriza 3 (20 kg/ha), con un rendimiento de 66 t/ha de espinaca. Estos hallazgos sugieren que la integración de fertilizante químico y micorrizas arbusculares puede ser una estrategia eficaz para mejorar el manejo agrícola y aumentar la productividad del cultivo.

Campues, (2023) realizó una investigación para determinar el efecto de las micorrizas arbusculares en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra. Se empleó un diseño en bloques completamente al azar (BCA) con sustratos de bosque, páramo y agrícola, combinados con gramíneas como trigo, cebada y avena. Para la evaluación en campo, se utilizó un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) en vivero, con tratamientos que incluyeron: sustrato + micorrizas + fertilización al 50 %, sustrato + micorrizas + fertilización al 25 %, testigo comercial con fertilización al 100 %, sustrato + micorrizas sin fertilización, y un testigo absoluto. Las variables analizadas incluyeron: germinación, altura de planta, días hasta floración, número de flores por planta, número de vainas, peso de 100 granos

y rendimiento en kg/ha. Los resultados mostraron que la germinación en los tratamientos con 25 % y 50 % de fertilización, junto con 100 g de sustrato con micorrizas, alcanzó una altura promedio de 47 cm, siendo la mayor registrada. La floración en el tratamiento con 100 g de sustrato con micorrizas presentó 6 flores por planta, superando a los demás tratamientos. La multiplicación de esporas en 100 g de sustrato con micorrizas alcanzó 176,808 esporas. En cuanto al número de vainas, el tratamiento con fertilización química al 100 % obtuvo 22 vainas por planta, posicionándose como el mejor resultado. El peso de los granos fue más alto en el tratamiento con 100 % de fertilización química + 100 g de sustrato con micorrizas, con un promedio de 85 g por 100 granos. Finalmente, el rendimiento más alto registrado fue de 6 t/ha.

En la investigación de Reyes (2020) titulada "El efecto de la inoculación de micorrizas en el desarrollo de plantas de café en etapa de vivero en San Martín de Pangoa – Satipo, ubicado en la región de El Mantaro, Jauja, Perú", se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco repeticiones. Se evaluaron cuatro tratamientos: Micosim Triton (1.8 g), Myco Root (20 g disueltos en 1 L de agua), Myco Gel (aplicado sin disolución) y Myco Up (0.4 g por bolsa). Las características morfológicas fueron evaluadas a los 75 días mediante la prueba de Duncan. El tratamiento Myco Root registró el mayor promedio de altura con 16.64 cm por planta. En cuanto al peso de las hojas, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en el valor total foliar, los tratamientos inoculados con Myco Root demostraron ser los más favorables para la inoculación, alcanzando un promedio del 55.6 %. Estos resultados sugieren que la aplicación de Myco Root podría optimizar el desarrollo morfológico del café en etapa de vivero, favoreciendo su crecimiento y desarrollo foliar.

Mazo (2023) realizó una investigación sobre el uso de hongos micorrícicos arbusculares para mejorar la producción de *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizantha* como una alternativa sostenible en la ganadería del trópico bajo colombiano, en Antioquia. El estudio se enfocó en evaluar el impacto de las micorrizas en estos pastos, analizando un total de 225 documentos científicos. De estos, 77 fueron seleccionados para el análisis detallado, encontrando que la aplicación de micorrizas generó un incremento en la productividad del pasto entre un 33 % y un 70 %. Además, se identificó que la colonización más alta de micorrizas alcanzó un 50 % en las raíces de las gramíneas, lo que destaca su papel fundamental

en la mejora de la producción de pastos en Colombia. Estos hallazgos refuerzan el potencial de las micorrizas como una estrategia sostenible para optimizar la calidad forrajera y la eficiencia productiva en sistemas ganaderos.

Chuquimarca, (2018) realizó un estudio sobre el efecto de diferentes niveles de micorrizas, combinadas con una base estándar de humus, en la producción forrajera de (*Setaria sphacelata*). La investigación se llevó a cabo en la Granja GAD Municipal El Chaco y empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), evaluando tres niveles de micorrizas (4, 5 y 6 kg/ha) junto con la aplicación de humus (8 t/ha), en comparación con un tratamiento testigo sin micorrizas. Los mejores parámetros productivos en la primera evaluación se obtuvieron con la aplicación de 6 kg/ha de micorrizas y 8 t/ha de humus (T3), lo que permitió reducir el tiempo de prefloración a 44.50 días, alcanzar una altura de planta de 80.50 cm y mejorar la cobertura basal (60.24 %) y superficial (70.11 %). Además, la producción de forraje verde fue de 20.19 t/ha/corte, mientras que la materia seca alcanzó 2.21 t/ha/corte. En la segunda evaluación, el tratamiento T3 continuó mostrando resultados óptimos, reduciendo el tiempo de prefloración a 38.50 días, con una altura promedio de 80.00 cm, una cobertura basal de 70.59 % y una cobertura superficial de 83.24 %. La producción de forraje verde y materia seca se mantuvo elevada, alcanzando 20.35 t/ha/corte y 2.58 t/ha/corte, respectivamente. El análisis del suelo inicial y final evidenció un incremento significativo en los niveles de fósforo (de 8.3 a 46.37 ppm), potasio (de 0.09 a 0.58 meq/100 ml) y azufre (de 5.14 a 55.7 ppm), además de una ligera disminución en el pH (de 5.63 a 5.50). En el análisis bromatológico, el tratamiento T3 registró los mejores valores de proteína (14.57 %) y fibra (27.55 %). Desde una perspectiva económica, el tratamiento T3 presentó el mejor beneficio/costo (B/C), con valores de 1.62 en el primer corte y 1.89 en el segundo, consolidándose como una estrategia eficiente y sostenible para la producción forrajera.

Ortiz,(2015) llevó a cabo una investigación sobre la respuesta del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) a la inoculación con hongos micorrícicos y a diferentes niveles de nitrógeno y fósforo, evaluando variables bromatológicas y características del suelo. El estudio utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial (3 × 3 × 3) asimétrico y balanceado, incluyendo 27 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento, para un total de 81 unidades experimentales. Se evaluaron tres niveles de fertilización nitrogenada (0 %, 50 %, 100 %), tres niveles de fertilización fosfórica (0 %, 50 %, 100 %) y tres condiciones de hongos micorrícicos (sin

micorrizas, *Rhizophagus intraradices*, *Rhizophagus manihotis*). Las variables analizadas fueron: Porcentaje de materia seca (MS %), Proteína cruda (PC %), Energía bruta (EB, Mcal kg⁻¹ MS⁻¹), Calcio (Ca %), Fósforo (P %), Porcentaje de colonización micorrícica (%), Adsorción de fósforo (mg/L) en la solución del suelo. Resultados principales: Materia seca: Se obtuvo un valor de 19.57 %, aunque la fertilización fosfórica y los hongos micorrízicos no mostraron efectos significativos. Proteína cruda: La interacción entre fertilización nitrogenada y fosfórica presentó el mayor efecto (17.44 %). Energía bruta: La combinación de P50 con hongos micorrízicos arbusculares (*HFMA*) registró valores superiores a 4,100 kcal, mientras que los tratamientos sin fertilización fosfórica mostraron menores niveles (≈ 4,000 kcal). Calcio: La interacción N100 × P50 presentó el mayor contenido de 0.93 %. Fósforo: Integrando todos los tratamientos, los valores oscilaron entre 0.330 % y 0.363 %. Colonización: Los tratamientos inoculados con hongos micorrízicos mostraron porcentajes de colonización significativamente más altos, confirmando su impacto en el pasto kikuyo. Estos hallazgos destacan la importancia de la fertilización balanceada y la inoculación con hongos micorrízicos para mejorar las propiedades nutricionales y fisiológicas del pasto kikuyo.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Ryegrass (*Viscount*)

Viscount es un ryegrass perenne tetraploide más sobresaliente dentro del programa mejoramiento de Barenbrug. Con un crecimiento significativamente destacado a principios del invierno y con un rendimiento total en todas las épocas del año. Este Ryegrass es resistente a la roya (*Puccinia spp.*) y se adapta bien a suelos con pH entre 5,5 y 7,5. Su crecimiento temprano en primavera es clave para la producción forrajera, especialmente en sistemas de partos de primavera, donde se requiere un gran volumen inicial de alimento.

- 1) Excelente palatabilidad de un tetraploide.
- 2) Crecimiento más erecto para facilitar el consumo.
- 3) Amigable con los tréboles
- 4) Baja tendencia a orecer y alta tolerancia a la roya.

Tabla 1. Taxonomía de Ryegrass Viscount

Familia	Taxonomía
Reino	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Genero	<i>Lolium</i>
Especie	<i>Lolium perenne L., 1753</i>

Fuente: Jarvis, (2007)

2.2.2. Importancia del cultivo

En Chile, la adaptación de *Lolium perenne* ha sido similar a la observada en otros países, ya que su cultivo es viable desde la zona central hasta regiones con mayor pluviosidad. Estudios han demostrado que también puede establecerse en zonas andinas, lo que amplía su potencial productivo. Los suelos donde mejor se adapta presentan condiciones similares: buena humedad y alto contenido de nitrógeno, factores clave para su crecimiento (Troncoso, 2004).

2.2.3. Descripción botánica

- Las raíces: Las raíces se encuentran muy profundas con nódulos que efectúan fijación simbiótica de nitrógeno donde cumple con la síntesis de proteínas en todas las leguminosas.
- Las hojas: Las hojas, contienen siempre varias alternativas con tres o más folios ovalados.
- Semillas: Las semillas son muy finas lo cual se encuentran dentro de una vaina es el fruto de toda legumbre.
- Composición nutritiva

El valor nutricional esta presentado en un 65 a 70% lo cual es muy comparativo con varias gramíneas forrajeras. Es muy importante que se considere como alternativa es muy clara que debemos menorar la producción de ganado para sustentar con la nutrición y con los componentes nutritivos del pasto lo cual es muy desarrollado en nuestro país Ecuador. El Ryegrass especialmente en sus primeras fases de crecimiento cuando la planta presenta un alto porcentaje de hojas, se caracteriza por un contenido hídrico elevado, que puede oscilar entre el 83 y el 85%. Esta alta proporción de agua está asociada a una mayor palatabilidad y un consumo voluntario elevado por parte de los rumiantes, lo que lo convierte en un forraje altamente apetecible en sistemas de pastoreo intensivo. Además, en este estado vegetativo, el raigrás ofrece un excelente valor nutricional, con un contenido energético y proteico elevado. Su alta concentración de proteína bruta lo hace particularmente adecuado para animales en fases productivas exigentes, como vacas en lactancia o animales en crecimiento acelerado. Asimismo, el forraje presenta un contenido elevado de cenizas, lo que refleja una riqueza significativa en minerales esenciales (FEDNA, 2019).

Tabla 2. Composición nutricional del Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*)

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	12,4
Fibra detergente neutra	%	40.5
Proteína (PB)	%	18-25
Humedad	%	76.2
Cenizas	%	12.4
Extractos etéreos	%	3.99
Fibra	%	19.1
Energía	%	10

Fuente: FEDNA (2019)

2.2.4. Requerimientos edafoclimáticos

El Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*) presenta exigencias edafoclimáticas específicas que deben cumplirse para asegurar su adecuado desarrollo y una producción forrajera óptima. A continuación, se resumen sus condiciones ideales de crecimiento:

- **Clima:** Esta variedad se adapta bien a climas fríos, mostrando un crecimiento sobresaliente durante el invierno. Su rango altitudinal óptimo se sitúa entre los 2200 y 3500 msnm. La temperatura ideal oscila entre los 10 y 20 °C, aunque puede tolerar heladas moderadas. Requiere una precipitación constante, con una necesidad hídrica mensual de entre 80 y 100 mm (Troncoso, 2004).

Suelo:

- **pH:** Óptimo entre 5,5 y 7,5, con tolerancia a suelos ligeramente ácidos.
- **Textura:** Prefiere suelos franco-limosos, que ofrezcan buena retención de humedad.
- **Drenaje:** Es fundamental que el suelo tenga un drenaje adecuado para evitar encharcamientos.
- **Materia orgánica:** Se recomienda un contenido superior al 3%, ya que favorece el desarrollo del sistema radicular.

Tabla 3. Características morfológicas

Características	Descripción
Adaptación	2.200 - 3.200 m.s.n.m.
Uso	Pastoreo, corte y ensilaje.
Densidad de siembra	80 a 100 lb/ha en monocultivo
Duración de la pradera	4-5 años dependiendo del manejo y fertilización de mantenimiento.
Producción de forraje	180 - 200 toneladas de forraje verde hectárea al año.
Capacidad de carga	4 animales por hectárea.
Calidad de forraje	Alta digestibilidad, palatabilidad y valor nutricional.
Intervalos de corte	24 - 30 días.

Fuente: Troncoso (2004)

2.2.5. Características del Viscount

La variedad *Viscount* de Ryegrass perenne tetraploide se caracteriza por su versatilidad y elevado rendimiento en pastoreo. Bajo condiciones óptimas de cultivo, alcanza una altura entre 30 y 60 cm, presentando un porte más erecto que las variedades diploides, debido a su mayor tamaño celular.

Entre sus atributos morfológicos más relevantes se encuentran:

- Forma y tamaño de las hojas: Las hojas son largas, planas y lanceoladas, con una longitud que varía entre 15 y 30 cm.
- Ancho foliar: Poseen un mayor grosor comparado con variedades diploides, lo cual incrementa la producción de biomasa.
- Textura y color: Son suaves y de apariencia brillante, características que favorecen su palatabilidad.
- Relación hoja/tallo: Presenta una alta proporción en fases juveniles, lo que mejora el valor nutritivo y la digestibilidad del forraje.

Estas características hacen del *Lolium perenne* tetraploide una excelente opción para sistemas de pastoreo intensivo y producción de forraje de alta calidad, especialmente en zonas de clima templado y suelos fértiles (Zubirl, s. f.).

2.2.6. Fertilización

Hay varios tipos de fertilizantes entre los que puede escoger para cubrir sus necesidades específicas.

La cantidad de NPK para el nabo es la siguiente:

- Nitrógeno (N): Es el principal impulsor del crecimiento vegetal, constituyendo entre 1 % y 4 % del extracto seco de la planta. Se absorbe del suelo en forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+) y se combina con metabolitos de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Dado que es el componente esencial de las proteínas, su presencia es crucial para todos los procesos fisiológicos involucrados en el crecimiento y desarrollo.
- Fósforo (P): Representa entre 0,1 % y 0,4 % del extracto seco de la planta y desempeña un papel fundamental en la transferencia de energía, siendo indispensable para la fotosíntesis y otros procesos químico-fisiológicos.
- Potasio (K): Constituye entre 1 % y 4 % del extracto seco y cumple múltiples funciones clave. Activa más de 60 enzimas esenciales para la vida vegetal, facilitando la síntesis de carbohidratos y proteínas. Además, optimiza el régimen hídrico, aumentando la tolerancia a la sequía, heladas y salinidad.

Tabla 4. Requerimientos nutricionales de Fertilizante

Nutrientes	Requerimientos (Kg nutriente/tn grano)
N	150-300kg/ha
P	30-60kg/ha
K	100-250kg/ha
Ca	3-6 60kg/ha
Mg	2-4 60kg/ha
Mn	50-150kg/ha
Fe	100-300 kg/
Zn	20-50 60kg/ha
B	10-30kg/ha
Cu	5-15 60kg/ha

Fuente: Villalobos & Sánchez (2010)

2.2.7. Fertilizante Químico: YaraMila Rafos

YaraMila Rafos es un fertilizante granular con alto contenido de fósforo, esencial en las primeras etapas del cultivo para favorecer el desarrollo radicular y el crecimiento vegetal. Además, proporciona nitrógeno, potasio, magnesio, azufre, boro y zinc en proporciones óptimas, contribuyendo al establecimiento saludable de las plantas.

El fósforo presente en YaraMila Rafos se encuentra en dos formas: fosfatos monocálcicos, de alta solubilidad y disponibilidad inmediata para la planta, y fosfatos dicálcicos, que aseguran una liberación progresiva del nutriente. La combinación de estos elementos, junto con su elevado contenido de fósforo, convierte a YaraMila Rafos en una opción eficiente para fortalecer el desarrollo de los cultivos desde su fase inicial.

2.2.8. Composición Química Garantizada

Tabla 5. Composición química

Composición Química Garantizada		
Nitrógeno Total	N	12%
N- Nitrito	NO3	3.6%
N- Amoniacal	NHA	8.4%
Fosforo	P2O5	24%
Potasio	K2O	12%
Azufre	S	1.6%
Magnesio	MgO	2%
Boro	B	0.04%
Zinc	ZN	0.02%

Fuente: YaraMila RAFOS, (2022)

2.2.9. Beneficios YaraMila Rafos

Este fertilizante granular ofrece un suministro balanceado de nutrientes, ideal para el desarrollo saludable de las plantas. Su fórmula evita la segregación durante el mezclado, manejo y aplicación, garantizando una distribución uniforme en el campo.

Contiene un alto contenido de fósforo, esencial en las etapas iniciales del cultivo, favoreciendo una buena formación de raíces y un arranque vigoroso. Además, todos sus elementos están presentes en proporciones óptimas, lo que mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes, reduce pérdidas por lixiviación y contribuye a una mayor uniformidad y productividad del cultivo. Su presentación en gránulos facilita la aplicación mecánica y lo hace compatible con diversos programas de fertilización.



Figura 1. Fertilizante
Fuente: YaraMila RAFOS (2022)

2.2.10. Hongos promotores de crecimiento

Los hongos micorrícicos son microorganismos benéficos presentes en el suelo que establecen una relación simbiótica con las raíces de las plantas, mejorando su absorción de minerales y agua. Aunque a veces se les confunde con bacterias, pertenecen exclusivamente al grupo de los hongos. Su aplicación en agricultura y ganadería se realiza mediante la mezcla con sustratos orgánicos, optimizando la disponibilidad de zinc (Zn), cobre (Cu) y fósforo (P), minerales de lenta difusión en el suelo. Además, las micorizas favorecen la captación de carbono, promoviendo el crecimiento vegetal y fortaleciendo la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas. Su incorporación en sistemas productivos no solo mejora la nutrición vegetal, sino que también contribuye a la conservación ambiental, fomentando prácticas agrícolas más responsables (Pérez et al., 2021).

Por otro lado, los microorganismos han demostrado ser una alternativa eficaz para incrementar la producción de cultivos, mejorando su capacidad de resistencia ante factores de estrés ambiental. Su actividad estimula la producción de clorofila, optimizando la fotosíntesis y aumentando la resiliencia de las plantas frente a plagas y enfermedades. En conjunto, la integración de estos microorganismos en la

producción agrícola fortalece la sanidad vegetal y promueve la sostenibilidad agroecológica, reduciendo la dependencia de insumos químicos (Pérez et al., 2021).

2.2.11. Importancia de los hongos micorrízicos

Se sabe Las micorizas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las plantas y el ciclo de nutrientes dentro del ecosistema. Se encuentran en diversos tipos de suelo y climas, lo que evidencia su amplia presencia y relevancia en la naturaleza. La simbiosis micorrízica comienza con la germinación de esporas, lo que activa el desarrollo del micelio del hongo. Este proceso genera propágulos, facilitando la perpetuación y propagación de la especie de manera natural. A medida que las hifas proliferan, forman el micelio, el cual se extiende en el suelo de acuerdo con su capacidad saprofitica.

El micelio es clave en la infección de las raíces, proceso que se produce tras una identificación mutua entre el hongo y la planta. Esta relación simbiótica mejora la absorción de agua y nutrientes, optimizando la toma de elementos como fósforo, zinc y cobre, que generalmente presentan una difusión lenta en el suelo. Además, la interacción micorrízica fortalece la resistencia vegetal contra el estrés ambiental, patógenos y condiciones adversas. También incrementa la captación de carbono, contribuyendo a la estabilidad del suelo y promoviendo sistemas agrícolas más sostenibles (Molina L et al., 2005).

2.2.12. Beneficios de las micorizas

Los hongos micorrízicos desempeñan un papel clave en la mejora de la calidad del suelo, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. Además, contribuyen a fortalecer la resistencia vegetal contra diversos patógenos.

Estos hongos establecen una relación simbiótica con las raíces, facilitando la provisión de carbohidratos a la planta, lo que a su vez incrementa la capacidad del micelio para absorber minerales, agua y nutrientes del suelo, optimizando su disponibilidad y contribuyendo a la sostenibilidad del ecosistema agrícola (López).

El impacto positivo de las micorizas en la producción vegetal está ampliamente documentado, evidenciando mejoras significativas en el crecimiento y rendimiento de diversas especies, especialmente aquellas más dependientes de la simbiosis micorrízica. El principal beneficio radica en la ampliación del área radicular efectiva, lo que optimiza la absorción de agua y nutrientes. La red hifal de las micorizas actúa

como una extensión natural del sistema radicular de la planta, facilitando el acceso a recursos del suelo con mayor eficiencia. A cambio, la planta dona carbono a las micorrizas, fortaleciendo su actividad y permitiendo una mejor utilización de los recursos edáficos. Además, la asociación micorrízica proporciona protección contra patógenos, mejora la tolerancia a contaminantes y aumenta la resistencia al estrés hídrico, temperaturas extremas, pH adverso y shock de trasplante.

Esta simbiosis no solo incrementa la productividad agrícola, sino que también contribuye a la sostenibilidad del ecosistema, reduciendo la dependencia de fertilizantes y agroquímicos (FAO, 2025).

- Mecanismos de acción

Las distintas especies de hongos micorrízicos desempeñan un papel clave en la nutrición y defensa de las plantas, favoreciendo su crecimiento y resistencia mediante diversos mecanismos:

- Optimización de la absorción de nutrientes: Mejoran la captación de fósforo (P), así como de nitrógeno (N), zinc (Zn) y cobre (Cu), elementos esenciales para el desarrollo vegetal.
- Incremento de la tolerancia al estrés: Ayudan a las plantas a resistir sequías, salinidad y presencia de metales pesados, mejorando la estructura del suelo y regulando la entrada de agua y iones tóxicos.
- Estimulación del crecimiento vegetal: Favorecen la producción de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, promoviendo la actividad fisiológica y el desarrollo radicular.
- Protección contra patógenos: Actúan como una barrera física y bioquímica, reduciendo la incidencia de enfermedades. Algunas especies incluso inducen resistencia sistémica, fortaleciendo los mecanismos de defensa de la planta (Quespaz, 2022).

Estos beneficios convierten a las micorrizas en una herramienta fundamental para la agricultura sostenible, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y mejorando la eficiencia del uso de recursos naturales (Tóala, 2021).

2.2.13. Micorrizas Autóctonas

Las micorrizas autóctonas son hongos simbióticos que habitan naturalmente en los suelos, formando asociaciones mutualistas con las raíces de la mayoría de las plantas terrestres. Estos hongos están presentes en casi todos los ecosistemas del planeta y se consideran una parte fundamental del microbioma del suelo. Su existencia se remonta a más de 400 millones de años, y su descubrimiento científico data de hace más de un siglo. Desde entonces, se ha confirmado que cumplen un papel clave en la simbiosis micorrízica, una de las interacciones ecológicas más antiguas y extendidas del mundo vegetal. Las micorrizas, especialmente las micorrizas arbusculares (MA), son esenciales para la salud del suelo, ya que facilitan la absorción de nutrientes, como fósforo y nitrógeno, mejoran la estructura del suelo y aumentan la resistencia de las plantas al estrés ambiental. Se estima que alrededor del 80% de las plantas terrestres establecen relaciones simbióticas con micorrizas arbusculares, lo que destaca su importancia ecológica y evolutiva. Incluso en suelos degradados, áridos o alterados por la actividad humana, las micorrizas autóctonas pueden persistir y contribuir a la regeneración de la vegetación (Quespaz, 2022).

Las micorrizas se clasifican en tres tipos principales: ectomicorrizas, endomicorrizas y ectendomicorrizas. De estos, las endomicorrizas —también conocidas como micorrizas arbusculares (MA)— son las más relevantes en el ámbito agrícola, ya que forman asociaciones simbióticas con aproximadamente el 80 % de las plantas terrestres.

A diferencia de las ectomicorrizas, cuyas hifas rodean la raíz sin penetrar las células corticales, las endomicorrizas penetran las células del córtex de la raíz, estableciendo una relación intracelular que permite un intercambio eficiente de nutrientes. Estas estructuras internas son fundamentales para el funcionamiento de la simbiosis y se presentan en diversas formas:

- Hifas: son filamentos que se extienden por el suelo y la superficie de las raíces, aumentando significativamente la capacidad de absorción de agua y nutrientes minerales, especialmente fósforo.
- Vesículas: estructuras globosas cubiertas por la membrana plasmática de la célula hospedera. Actúan como órganos de almacenamiento de lípidos y compuestos energéticos. Cabe señalar que no están presentes en todas las especies de micorrizas arbusculares.

- Arbúsculos: son estructuras altamente ramificadas que se forman dentro de las células corticales de la raíz, generalmente cerca del cilindro vascular. Son el principal sitio de intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta, facilitando el transporte de fósforo, micronutrientes y compuestos orgánicos(Quespaz, 2022)

2.2.14. Tipos de micorriza

Ectomicorrizas: Son hongos que están formando parte de Basidiomicetes y Ascomicetes, desarrollaron una empresa de una capa micelio sobre una zona llamada Raíces nutricionales de la planta lo cual se producen en especies forestales y leñosas.

Arbusculares micorrizas: Las micorrizas son una simbiosis entre hongos y raíces de plantas vasculares, fundamentales para el desarrollo vegetal. Existen diversas especies como *Glomus fasciculatum*, *Entrophospora colombiana*, *Acaulospora rugosa*, *Glomus manihotis*, *Glomus mosseae* y *Scutellospora heterogama*.

Durante el crecimiento de la planta, los hongos micorrícicos facilitan la absorción de nutrientes minerales del suelo, mientras que las raíces aportan al hongo azúcares, aminoácidos y otras sustancias orgánicas, beneficiando a ambos organismos (Nazate, 2019).

2.2.15. Resid MG: *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*

Resid® MG es un biofertilizante diseñado para cultivos extensivos, formulado en microgránulos de 1 mm que contienen *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, un hongo que forma micorrizas arbusculares. Esta simbiosis mejora la absorción de nutrientes como fósforo, calcio, zinc y magnesio, mientras la planta aporta azúcares al hongo. Gracias a esta relación, se fortalece el sistema radicular y se incrementa la capacidad fotosintética del cultivo. Con una concentración de 16 propágulos por gramo, Resid® MG promueve un micelio extramarital que explora mejor el suelo y se adapta fácilmente a programas de fertilización sostenible.

Descripción y Modo de acción

Las principales ventajas de las micorrizas son: Mejora la absorción de nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno. Mejora la absorción de agua y aumenta la resistencia a las condiciones de escasez de agua. Existe una mayor resistencia a las condiciones de crecimiento salinas, especialmente en *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*. La resistencia del suelo a los hongos patógenos aumenta debido a

su efecto antagónico. Cuando los hongos micorrízicos invaden las raíces, mejoran las defensas de la planta contra los organismos causantes de enfermedades (Fabricio, 2021).

La mejora en la estructura del suelo se logra mediante la micorriza y el micelio micorriza, a través de una proteína llamada glomalina. Los efectos hormonales que producen las raíces aumentan su crecimiento y el crecimiento de la planta en su conjunto (Fabricio, 2021).

2.2.12.1. Efectos Agronómicos

- Favorece el crecimiento e incrementa el potencial productivo de la planta.
- Incrementa la tolerancia a salinidad y sequía.
- Evita que los suelos se degraden.
- No produce residuos indeseables por ser un producto biológico.



Figura 2. Resid MG
Fuente: (Symborg, 2022)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Enfoque cuantitativo: Se basa en la evaluación de variables numéricas clave para caracterizar el desempeño del Ryegrass Viscount, considerando indicadores como altura de la planta, número de hojas, rendimiento y contenido nutricional. Esta metodología permite una valoración objetiva de su productividad y calidad forrajera. Además, se realizó un análisis costo/beneficio, evaluando la rentabilidad del cultivo en función de su aporte nutricional y eficiencia en la producción.

3.1.2. Tipo de Investigación

Experimental: Se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial 4×3 , estableciendo 10 tratamientos y 4 repeticiones, lo que resultó en un total de 40 unidades experimentales distribuidas de manera aleatoria. Cada unidad experimental correspondió a una parcela neta de 5 plantas, garantizando uniformidad en la evaluación. Al finalizar la investigación y recopilar los datos, se efectuó un análisis estadístico para evaluar la hipótesis de estudio, con el propósito de comprobar o refutar los efectos de los tratamientos aplicados.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis afirmativa (H_a)

La inoculación de hongos micorrícicos arbusculares influye como promotores del crecimiento y nutrición en el Ryegrass perenne

Hipótesis nula (H_0)

La inoculación de hongos micorrícicos arbusculares no influye como promotores del crecimiento y nutrición en el Ryegrass perenne.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 6. Operacionalización de las variables

Variable Definición	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento
Variable independiente hongos micorrízicos arbusculares	Micorrizas Autóctonos Hongos que se encuentran en las raíces de las plantas asociadas con la simbiosis	Micorrizas Autóctonos Hongos. Se aplicó 16g / m ² 16 días después de germinación.	La aplicación del producto se efectuó manualmente mediante el método de arboleo	Palancón, balanza de pesaje Hojas, cuaderno para registrar datos
	Residuo Mg Bioestimulante compuesto por el hongo formador de micorrizas: <i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> con una concentración de 1.6 x 10 ⁴ propágulos/kg.	Residuo Mg Se aplicó 1g/ m ² 16 días después de germinación.		
	Altura de la planta	Germinación, a los 8,16 y 21 días		
Variable Dependiente: Rendimiento del Ryegrass Viscount (<i>Lolium Perenne</i>)	Nº de hojas	Conteo de hojas a los 8,16 y 21 días	En cm. Se midió cada 8 días, desde el día 16 hasta el día 106 (tercer corte).	Metro, cuaderno, cámara
	Materia Seca	Se realizará análisis los datos se representa en g/ m ² de cada parcela.		
	Materia verde	Se realizará análisis los datos se representa en g/ m ² de cada parcela.	Cuaderno, calculadora	
	Rendimiento	Se realizará análisis la suma de los datos a los tres cortes y se representa en kg/ha		
Contenido Nutricional	Humedad Ceniza Extracto Estéreo Proteína Fibra	Se realizó análisis Bromatológico los datos se representa en %.	Se remitió 1 kg de materia verde, recolectada en un metro cuadrado, al laboratorio para su análisis.	Palancón, balanza de pesaje, laboratorios cuaderno para registrar datos
	Elementos libres de Nitrógeno			

	Se realizo después del tercer corte a los tratamientos.		
Análisis costo/beneficio	Terminado el ensayo se realizó un análisis de los costos, de cada tratamiento por hectárea.	Análisis económico	(Beneficio neto/costo de inversión) =Costo Beneficio

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi en el cantón Huaca, provincia del Carchi, se ubica a una altitud de 2837 m.s.n.m, zona norte de la frontera, con una temperatura media anual de 12,8 °C, humedad relativa de 78% y una precipitación promedio anual de 779 – 1200 mm.

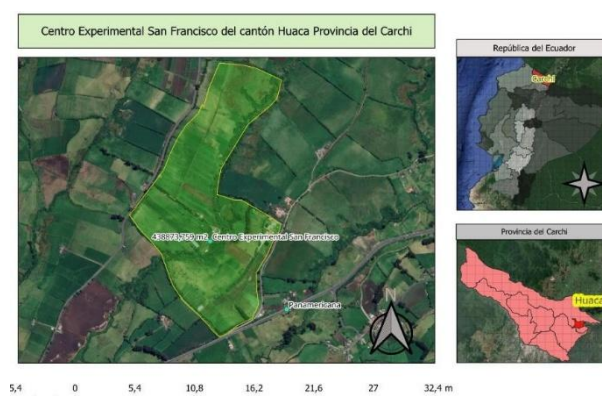


Figura 3. Ubicación geográfica del terreno
Fuente: Clima – INAMHI (2025)

3.4.2. Tratamientos del diseño experimental

La investigación se constituyó de 10 tratamientos que se describen a continuación:

Tabla 7. Tratamientos

Tratamientos	Composición	Descripción
T1	Micorrizas nativas	16g/m ²
T2	Resid Mg	1g/m ²
T3	Micorrizas nativas + fertilizante edáfico	16g/m ² + 100 % NPK (20g/m ²)
T4	Resid Mg + fertilizante edáfico	1g/m ² + 100 % NPK (20g/m ²)
T5	Micorrizas nativas+ fertilizante edáfico	16g/m ² + 75 % NPK (15g/m ²)
T6	Resid Mg + fertilizante edáfico	1g/m ² + 75 % NPK (15g/m ²)
T7	Micorrizas nativas+ fertilizante edáfico	16g/m ² + 50 % NPK (10g/m ²)
T8	Resid Mg + fertilizante edáfico	1g/m ² + 50 % NPK (10g/m ²)
T9	Fertilizante edáfico	100 % NPK (20g/m ²)
T10	Testigo absoluto	Sin microorganismos y 0 % NPK

3.4.3. Características del diseño experimental

En la investigación se empleó un diseño de bloque completamente al azar con un arreglo factorial 4 x 3, con 10 tratamientos, 4 repeticiones con un total de 40 unidades experimentales, de las cuales se evaluaron 5 plantas que constituyen la parcela neta, cada parcela midió 1 m².

Tabla 8. Características de la unidad experimental

Diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 4x3	Dimensiones
Tratamientos	10
Repeticiones	4
Unidades experimentales	40
Área de parcela	(4m x 3m) 12 m ²
Área total del ensayo	936 m ²
Cantidad de semillas/unidad experimental	60 g
Plantas netas	5
Distancia entre parcelas	1m
Distancia entre bloques	2m

3.4.4. Distribución y características del experimento

El diseño es en bloques al azar (DBCA) con arreglo factorial 4x3 tuvo una superficie de 936 m², estuvo conformado por 10 tratamientos y 4 repeticiones, con un total de 40 unidades experimentales, con parcelas de 4 x 3 cm (12 m²), dejando 1 m de camino para cada unidad experimental y 2 m entre bloques.

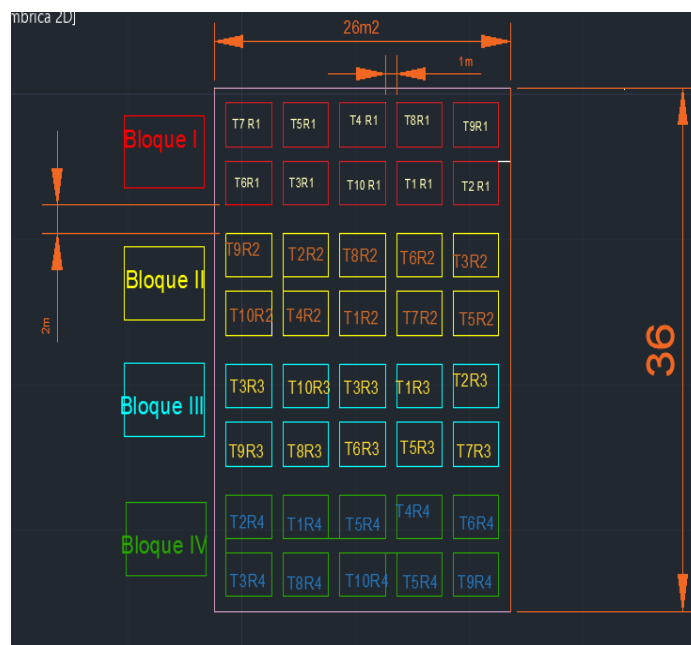


Figura 4. Distribución de los tratamientos

3.4.5. Población y muestra de la investigación

El diseño que se implementó en el experimento tuvo 40 unidades experimentales, 10 tratamientos y 4 repeticiones, la muestra la constituyó la parcela neta, es decir que de cada unidad experimental se tomó 5 plantas del centro de la unidad experimental para evaluar las variables: altura de planta, número de hojas, etc.

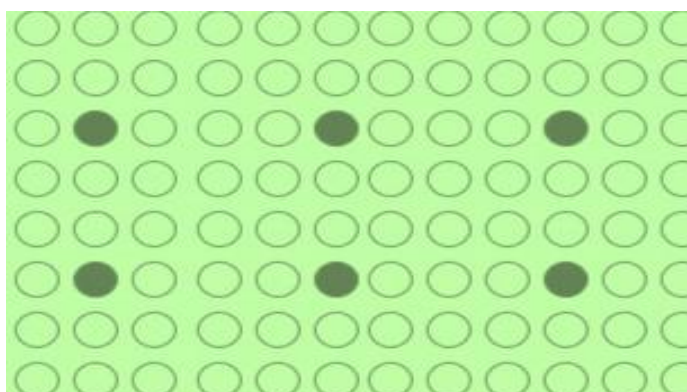


Figura 5. Muestra de la Investigación

3.4.6. Procedimientos

- Análisis de suelo

Antes de la siembra, se realizó un muestreo de suelo para llevar a cabo un análisis físico-químico del sitio donde se implementó el experimento, con el propósito de determinar sus condiciones iniciales. Esta evaluación permitió conocer la disponibilidad de nutrientes, pH, materia orgánica y otros factores esenciales para el desarrollo de las plantas, asegurando un diseño experimental adecuado.

- Preparación del terreno

Se utilizó maquinaria agrícola, como el arado y la rastra, para mejorar la estructura del suelo, logrando una mayor suavidad y apto para la siembra. Este proceso optimizó las condiciones edáficas, facilitando el establecimiento del cultivo.

- Trazado

El experimento se llevó a cabo a campo abierto en el Centro Experimental San Francisco, en un lote de 936 m², donde se distribuyeron 40 unidades experimentales con 10 tratamientos y 4 repeticiones. Cada unidad tuvo dimensiones de 4 m × 3 m (12 m²), diferenciadas con estacas y piola, dejando caminos de 1 m para facilitar el acceso.

- Siembra

Tras la preparación del suelo y la delimitación de las unidades experimentales, se procedió a la siembra de Ryegrass Viscount utilizando la técnica de voleo. Se emplearon 60 g (0.06 kg) de semilla por unidad experimental, lo que resultó en un total de 2.4 kg distribuidos entre los cuatro bloques, asegurando una aplicación

uniforme en las 40 unidades experimentales.

- Inoculación

Tras la siembra en cada unidad experimental, se procedió con el Corte 1, realizando la primera aplicación de Resid Mg (*Glomus iranicum var. tenuihypharum*) en los tratamientos T2, T4, T6 y T8, a los 23 días después de la siembra (dds), utilizando la técnica de voleo con una dosis de 12 g (1 g/m²) por parcela. Simultáneamente, se aplicaron Micorrizas Autóctonas (*Glomus spp*) en los tratamientos T1, T3, T5 y T7 a los 23 dds, mientras que para T9 se utilizó fertilizante edáfico y T10 se mantuvo como testigo absoluto sin aplicación.

Esta estrategia permitió que ambos microorganismos actuaran en conjunto sin generar competencia, optimizando su impacto en el desarrollo del cultivo.

- Fertilización

Se llevaron a cabo fertilizaciones en los tratamientos T3, T4, T5, T6, T7 y T8 a los 23 días después de la siembra (dds). Asimismo, en T9, se aplicó fertilizante edáfico en el mismo período, asegurando una adecuada distribución de nutrientes para el desarrollo del cultivo.

- 100%: 240 g (20 gr/ m²) para cada parcela
- 75%: 180g (15 g/m²) para cada parcela
- 50%: 120g (10 g/m²) para cada parcela
- Cortes

Los cortes se realizaron con moto guadaña en las unidades experimentales de 12 m², siguiendo un protocolo preciso. El primer corte tuvo lugar 66 días después de la siembra, eliminando 4 cm por encima de la base del tallo. El segundo corte se efectuó 21 días después, manteniendo la misma altura de corte. Finalmente, el tercer corte se realizó 21 días después del segundo, replicando la técnica de corte. Tras cada intervención, se pesó la biomasa de cada parcela para calcular el rendimiento y recolectar muestras para análisis de laboratorio.

3.4.7. Variables a evaluar

3.4.7.1. Altura de planta

La altura de la planta se midió con un flexómetro, registrando la distancia desde la

base hasta la yema apical. Las mediciones comenzaron 8 días después de la germinación y continuaron hasta el día 108 después de la siembra, con una frecuencia de cada 8 días. En cada evaluación, se midieron 5 plantas por parcela neta en cada tratamiento, asegurando precisión y representatividad en los datos obtenidos.

3.4.7.2. Número de hojas

Para la variable número de hojas se utilizó el conteo manual de las 5 plantas de la parcela neta de cada unidad experimental, esto se realizó cada 8 días, desde el día germinación hasta 106 días después de la siembra.

3.4.7.3. Rendimiento

Se realizó dos cortes con ayuda de un cuadrado de Pearson, los cortes se realizaron de los 1 m² de cada una de las 40 unidades experimentales, el primer corte se realizó 64 días después de la siembra, cortando 4 cm arriba de la base del tallo de la planta, se pesó y se obtuvo el rendimiento en gramos del primer corte, segundo corte y tercer corte. Para materia seca se procedió a colocar el pasto de cada tratamiento bajo invernadero para su deshidratación luego después de 5-7 días que tengan una temperatura entre 30 a 35 °C).

El segundo corte se realizó 85 días después de la siembra de igual forma se cortó 4 cm arriba de la base del tallo de la planta, por consiguiente, se pesó y se obtuvo el rendimiento en gramos de la biomasa segundo corte. Para materia seca se procedió a colocar el pasto de cada tratamiento bajo invernadero para su deshidratación luego después de 5-7 días que tengan una temperatura entre 30 a 35 °C).

El tercer corte se realizó 106 días después de la siembra de igual forma se cortó 4 cm arriba de la base del tallo de la planta, por consiguiente, se pesó y se obtuvo el rendimiento en gramos de la biomasa segundo corte. Para materia seca se procedió a colocar el pasto de cada tratamiento bajo invernadero para su deshidratación luego después de 5-7 días que tengan una temperatura entre 30 a 35 °C).

3.4.7.4. Contenido nutricional

En el Corte 3 (106 días después de la siembra, dds), se tomaron muestras de 5 kg en 10 tratamientos (T1-T10), seleccionados por sus mejores características, diferenciándose de otras repeticiones. Se incluyó T10 (testigo absoluto) como

referencia comparativa. Las muestras fueron enviadas a laboratorio para un análisis bromatológico, determinando el contenido nutricional en porcentaje de humedad, cenizas, extractos etéreos, proteína, fibra y elementos libres de nitrógeno

3.4.7.5. Análisis costo - beneficio

Al finalizar el experimento, a los 106 días después de la siembra, se llevó a cabo un análisis costo/beneficio (\$), evaluando el rendimiento de cada tratamiento, los ingresos por la venta del producto y los costos asociados a cada tratamiento. Este análisis permitió determinar la rentabilidad y eficiencia económica del cultivo, proporcionando información clave para la toma de decisiones en producción agrícola.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el experimento se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial 4×3 , conformado por 10 tratamientos y 4 repeticiones, resultando en 40 unidades experimentales. El análisis estadístico se realizó mediante R Studio, verificando los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett para cada variable.

Para las variables que cumplieron con los supuestos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de detectar diferencias significativas entre tratamientos y bloques. Además, se utilizó la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia, permitiendo la comparación de medias y la identificación de contrastes relevantes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Altura de planta

En la Tabla 9, se presenta el análisis de varianza para la variable altura de planta en tres cortes: el primer corte realizado a los 64 días después de la siembra (dds), el segundo corte realizado a los 21 días después del primer corte (ddc1) y el tercer corte realizado a los 21 días después del segundo corte (ddsc). En el primer corte, se observó una diferencia estadísticamente significativa en los factores Fertilización y Microorganismos, con un valor de $p < 0.05$. No se encontró una diferencia significativa en la interacción entre estos factores. En el segundo y tercer corte, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los factores Fertilización, Microorganismos y su interacción, con un valor de $p < 0.05$. Los valores del coeficiente de variación estuvieron dentro del rango aceptable, entre 5% y 10%, con medias de altura de 44.09 cm, 43.63 cm y 41.70 cm para el primer, segundo y tercer corte, respectivamente.

Tabla 9. Análisis de Varianza para altura de la planta

F. V	G. L	Corte1 (64dds)	Corte 2 (21dd1c)	Corte 3 (21 dd2c)
Bloq	3	0.012142 **	0.9537	0.87931
Microorganismos	2	0.000533 ***	3.29e-06 ***	7.27e-06 ***
Fertilización	3	0.005384**	6.56e-06 ***	0.00491**
Fertilización + Microorganismos	6	0.497847	0.0481 *	0.03119 *
Error	18			
Total	17			
Media (cm)		44.35	42.17	41.70
C.V %		8.93	7.26	8.50

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. **Dds,dddc:** días después de la siembra, días después del primer corte, días después del segundo corte.

En la Tabla 10, se presentan los resultados de la Prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta en el primer corte, considerando el factor Fertilización. Se identificaron tres grupos, de los cuales los tratamientos con 50% y 100% de fertilización alcanzaron medias de 46.84 cm y 47.145 cm, respectivamente, posicionándose como los mejores.

Tabla 10. Prueba de Tukey al 5 % para altura de planta corte 1

Porcentaje Microorganismos	Corte 1 Medias (cm)
Resid MG	47.17 A
Micorrizas Nativas	43.16 B
Sin Micorriza	41.06 B

En la Tabla 11, se presentan los resultados de la prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de planta en el primer corte, considerando el factor microorganismos. Se identificaron tres grupos estadísticamente diferentes. El tratamiento con Resid MG registró la mayor altura promedio (47,17 cm), seguido por micorrizas nativas (43,16 cm) y, finalmente, el tratamiento sin inoculación microbiana (41,06 cm). Estos resultados posicionan al tratamiento Resid MG como el más eficaz dentro de los evaluados para este factor.

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para la altura en el Corte 1

Porcentaje fertilización	Medias en (cm)
100% NPK	47.1458 A
50 % NPK	46.8400 A
75 % NPK	44.3375 AB
0 % NPK	39.9025 B

En la tabla 12 la prueba de Tukey al 5% para la altura de las plantas en los cortes 2 y 3 permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos. En el Corte 2, se formaron cinco grupos estadísticamente diferentes. En el primer grupo destacaron los tratamientos T4 (100% NPK + Resid MG) y T3 (100% NPK + Micorriza Nativa), con las mayores alturas promedio de 48.73 cm y 47.46 cm, respectivamente. El segundo grupo incluyó tratamientos con niveles intermedios de fertilización combinados con micorrizas, mientras que el tratamiento testigo químico T9 (100% NPK) se ubicó en el cuarto grupo con una media de 37.91 cm. El tratamiento T10 (Testigo Absoluto), sin fertilización ni micorrizas, presentó la menor altura con 32.88 cm, quedando en el quinto grupo. En el Corte 3, se identificaron dos grupos estadísticos, donde el grupo A estuvo conformado por los tratamientos T4 (100% NPK + Resid MG), T7 (50% NPK + Micorriza Nativa) y T3 (100% NPK + Micorriza Nativa), con medias de 48.23 cm, 47.11 cm y 44.54 cm, respectivamente. Por otro lado, el grupo C estuvo representado únicamente por el tratamiento T10 (Testigo Absoluto), con una media de 32.16 cm. En

conjunto, estos resultados evidencian el efecto positivo de la fertilización mineral, especialmente cuando se combina con inoculación micorrízica, sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para la altura

Tratamientos	Corte 2	Corte 3
T1 (Micorriza Nativa)	36.85 CD	35.19 BC
T2 (Resid MG)	41.40 ABC	41.24 AB
T3 (100% NPK + Micorriza Nativa)	47.46 A	44.54 A
T4 (100% NPK + Resid MG)	48.73 A	48.23 A
T5 (75% NPK + Micorriza Nativa)	45.00 AB	43.64 AB
T6 (75% NPK + Resid MG)	42.51 ABC	40.85 AB
T7 (50% NPK + Micorriza Nativa)	46.26 AB	47.11 A
T8 (50% NPK + Resid MG)	42.67 ABC	42.51 AB
T9 (100 NPK)	37.91 BCD	41.45 AB
T10 (Testigo Absoluto)	32.88 D	32.16

4.1.2. Número de hojas

En la Tabla 13, al realizar el análisis de varianza para el número de hojas revelo que hay diferencia significativa en corte 1 con un valor $p < 0.05$ para factor de fertilización y fertilización + microorganismos con un coeficiente de variación que fue de 6.98 % con una media de 5.605. En el corte 2 y corte 3 no se observó diferencias significativas para fertilización, microorganismos y para la interacción es Fertilización + Microorganismos en los dos últimos cortes.

Tabla 13. Análisis de varianza para número de hojas

F. V	G. L	Corte1 (64dds)	Corte 2 (21ddpc)	Corte 3 (21 ddsc)
		P(Valor)		
Bloq	3	0.2057	0.0184 *	0.0243 *
Microorganismos	2	1.01e-09 ***	0.5319	0.4733
Fertilización	3	0.1829	0.5039	0.0730
Fertilización + Microorganismos	6	0.0264 *	0.5949	0.4954
Error	18			
Total	17			
Media (cm)		5.605	2.7	2.865
C.V %		6.98	7.12	7.18

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.. **Dds, dddc:** días después de la siembra, días después del primer corte, días después del segundo corte.

En la tabla 14 prueba de Tukey al 5% para número de hojas del corte 1, donde se identificó dos grupos. El primer grupo A como mejor tratamiento T9 (100 NPK), lo cual mostro con la mejor media 6.47 A, el segundo grupo D lo cual está conformado por tratamiento T10 (TESTIGO ABSOLUTO), con una media 4.47 Hojas.

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para número de hojas de la planta

Tratamientos	Corte 1
T1 (Micorriza Nativa)	4.80 CD
T2 (Resid MG)	4.67 CD
T3 (100% NPK + Micorriza Nativa)	6.00 AB
T4 (100% NPK + Resid MG)	6.32 AB
T5 (75% NPK + Micorriza Nativa)	6.35 AB
T6 (75% NPK + Resid MG)	5.45 BC
T7 (50% NPK + Micorriza Nativa)	5.92 AB
T8(50% NPK + Resid MG)	5.57 ABC
T9 (100 NPK)	6.47 A
T10 (TESTIGO ABSOLUTO)	4.47 D

4.1.3. Biomasa

4.1.3.1. Materia Verde

En la Tabla 15, se observa el análisis de varianza para biomasa de los tres cortes, considera que la primera biomasa fue a los 64 días después de la siembra (dds), la segunda biomasa realizado a los 21 días después del primer corte (dddpc) y la tercera biomasa se la realizó 21 días después del segundo corte (dddsc). En el corte 1, se miró una diferencia significativa para interacción entre factores de Microorganismo y Fertilización con $p < 0.05$. También no se encontró una diferencia significativa en la interacción de fertilización y Microorganismos. En el corte 2, se indicó diferencia significativa en los factores de Microorganismos, fertilización y la interacción con un valor $p > 0.05$. En el Corte 3, hay diferencia significativa en Fertilización e interacción Fertilización + microorganismos, con un $p < 0.05$. En esta biomasa no se encontró diferencia significativa en microorganismos. Los coeficientes de variación obtenidos para cada corte fueron de 14.39%, 6.78% y 9.15%, lo cual indica una variabilidad aceptable y controlada en las mediciones experimentales.

Tabla 15. Análisis de varianza para el rendimiento Materia verde

F. V	G. L	Corte1 (64dds) M.V	Corte 2 (21ddsc) M.V	Corte 3 (21 ddsc) M.V
P(Valor)				
Bloq	3	0.304443	0.115288	0.6842
Microorganismos	2	1.35e-08 ***	1.17e-15 ***	3.25e-10 ***
Fertilización	3	0.000117 ***	3.68e-07 ***	0.7844
Fertilización + Microorganismos	6	0.008046 **	0.000472 ***	0.0378 *
Error	18			
Total	17			
Media (g/m2)		486.8	503.1	562.4
C.V %		14.391	6.78	9.151

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. **Dds,dddc:** días después de la siembra, días después del primer corte, días después del segundo corte.

En la Tabla 16, la prueba de Tukey al 5% para la variable Materia Verde en los tres cortes permitió identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En el Corte 1, se distinguieron cinco grupos estadísticamente diferentes. El grupo A incluyó al tratamiento T4 (100% NPK + Resid MG), con la mayor producción de 797.25 g, posicionándose como el más productivo. El grupo B estuvo representado por T6 (75% NPK + Resid MG) con 535.00 g, reflejando un rendimiento intermedio. En el grupo C se ubicó T1 (Micorriza Nativa) con 402.50 g, indicando un efecto moderado. El grupo D, conformado por el tratamiento T10 (Testigo Absoluto), registró el menor peso con 369.25 g, mostrando claramente la diferencia frente a los tratamientos con insumos.

En el Corte 2, se identificaron tres grupos estadísticos. El grupo A estuvo conformado por los tratamientos T4 (100% NPK + Resid MG) y T3 (100% NPK + Micorriza Nativa), con medias de 660.50 g y 447.50 g, respectivamente, evidenciando su superioridad productiva. El grupo B incluyó al tratamiento T6 (75% NPK + Resid MG) con una media de 550.00 g, mientras que el grupo D, nuevamente representado por el tratamiento T10 (Testigo Absoluto), obtuvo el valor más bajo con 369.25 g. Por su parte, en el Corte 3 se identificaron dos grupos con diferencias significativas. El grupo A, encabezado por el tratamiento T4 (100% NPK + Resid MG), alcanzó un peso de 717.00 g, seguido de un tratamiento sucesivo (probablemente T3 o T6, según contexto) con 683.75 g, manteniéndose ambos como los más productivos. En contraste, el grupo C estuvo

representado por T1 (Micorriza Nativa), con una producción de 430.50 g, significativamente menor que los anteriores. Estos resultados demuestran de forma consistente que el tratamiento T4 (100% NPK + Resid MG) presentó el mejor desempeño en términos de producción de materia verde en los tres cortes, destacando la eficacia de la fertilización mineral complementada con residuos microbianos para mejorar el rendimiento del cultivo.

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para para Materia Verde

Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3
T1 (Micorriza Nativa)	402.50 CD	399.75 D	430.50 C
T2 (Resid MG)	392.50 CD	401.00 D	523.25 BC
T3 (100% NPK + Micorriza Nativa)	578.50 B	647.50 A	683.75 A
T4 (100% NPK + Resid MG)	797.25 A	660.50 A	717.00 A
T5 (75% NPK + Micorriza Nativa)	500.00 BC	502.25 BC	602.75 AB
T6 (75% NPK + Resid MG)	535.00 BC	550.00 B	600.50 AB
T7 (50% NPK + Micorriza Nativa)	402.00 BCD	440.25 CD	514.75 BC
T8 (50% NPK + Resid MG)	420.00 BCD	445.75 CD	539.50 BC
T9 (100 NPK)	497.50 BC	526.25 B	532.50 BC
T10 (Testigo Absoluto)	320.00 D	369.25 D	493.00 BC

4.1.3.2. Materia Seca

En la Tabla 17, se observa el análisis de varianza para Materia Seca de los tres cortes, considera que el primer corte fue a los 64 días después de la siembra (dds), la segunda biomasa realizado a los 21 días después del primer corte (dddpc) y la tercera biomasa se la realizó 21 días después del segundo corte (dddsc). En el corte 1, se miró una diferencia significativa para factores de Microorganismo y Fertilización con $p < 0.05$. También no se encontró una diferencia significativa en la interacción de fertilización y Microorganismos. En el corte 2, se indicó diferencia significativa en los factores de Microorganismos, fertilización con un valor $p > 0.05$. En el Corte 3, hay diferencia significativa en Fertilización, microorganismos y la interacción Fertilización + microorganismos, con un $p < 0.05$. En esta biomasa no se encontró diferencia significativa en microorganismos. Los coeficientes de variación fueron 11.76, 13.65 y 4.90 con unas medias de 97.53, 88.53 y 114.2 g.

Tabla 17. Análisis de varianza para el rendimiento Materia Seca

F. V	G. L	Corte1 (64dds) M.S	P(valor)	Corte 2 (21ddsc) M.S	Corte 3 (21ddsc) M.S
Bloq	3	0.1095		0.21751	0.1882
Microorganismos	2	2.79e-11***		1.14e-06***	7.51e-12***
Fertilización	3	0.0239*		0.0122*	4.10e-08***
Fertilización + Microorganismos	6	0.0659		0.2682	0.0544*
Error	18				
Total	17				
Media (g/m2)		97.53		88.53	114.2
C.V %		11.76		13.65	4.30

Nota. Significado de los códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. **Dds,dddc:** días después de la siembra, días después del primer corte, días después del segundo corte.

En la Tabla 18, los resultados de la prueba de Tukey al 5% para materia seca en el Corte 1 indicaron que los tratamientos con fertilización al 100% fueron los más exitosos, alcanzando una media de 118.58 g. De manera similar correspondiente al Corte 2, se observó que los tratamientos con fertilización completa también obtuvieron los mejores resultados, con una media de 106.25 g. Estos hallazgos resaltan la efectividad de la fertilización al 100% en la acumulación de materia seca, confirmando su impacto positivo en el rendimiento del cultivo.

Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para Materia Seca Fertilización

Porcentaje fertilización	Corte 1 Medias (g)	Corte 2 Medias (g)
100% NPK	118.58 A	106.25 g A
75 % NPK	112.37 AB	95.62 A
50 % NPK	100.62 B	78.87 B
0 % NPK	64.50 C	72.500 B

En la Tabla 19, los resultados de la prueba de Tukey al 5% para materia seca en el Corte 1 muestran que, dentro del factor microorganismos, la interacción entre Resid MG + NPK alcanzó un peso promedio de 102.00 g. El tratamiento más beneficioso fue T4 (100% NPK + Resid MG), ya que la combinación de fertilización completa con Resid MG evidenció un desempeño superior frente a los demás tratamientos evaluados. De manera similar, en el Corte 2, los resultados de la prueba de Tukey al 5% indican que la interacción Resid MG + NPK alcanzó un peso promedio de 93.87 g. Nuevamente, el tratamiento T4 (100% NPK + Resid MG) se destacó como el más efectivo, lo que confirma que esta combinación favoreció significativamente la acumulación de

materia seca respecto a los demás tratamientos.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para Materia Seca, Microorganismos

Porcentaje Microorganismos	Corte 1 Medias (g)	Corte 2 Medias (g)
Resid MG	102.00 A	93.87 A
Micorrizas Nativas	100.85 A	87.81 AB
Sin Micorriza	81.87 B	79.25 B

En la Tabla 20, se muestra la prueba de Tukey al 5% para Materia Seca Corte 3, donde se logró identificar cuatro grupos. El primer grupo A con el tratamiento T4 (100% NPK + Resid MG), lo cual alcanzo un peso de 138.25g. El segundo grupo B que forma parte del tratamiento es T3 (100% NPK + Micorriza Nativa) y T6 (75% NPK + Resid MG) con un peso de 124.25 y 124.25g. El tercer grupo fue el D, T2 (Resid MG) con una media 107.50g. El cuarto grupo es el E como ultimo T10 (TESTIGO ABSOLUTO) con un peso de 92.00g.

Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para Materia Seca Corte 3

Tratamientos	Materia Seca Corte 3
T1 (Micorriza Nativa)	103.00 DE
T2 (Resid MG)	107.50 D
T3 (100% NPK + Micorriza Nativa)	124.25 B
T4 (100% NPK + Resid MG)	138.25 A
T5 (75% NPK + Micorriza Nativa)	120.50 BC
T6 (75% NPK + Resid MG)	124.25 B
T7 (50% NPK + Micorriza Nativa)	110.50 CD
T8(50% NPK + Resid MG)	110.00 CD
T9 (100 NPK)	112.00 CD
T10 (Testigo Absoluto)	92.00 E

4.1.4. Rendimiento

Tabla 21 el rendimiento de materia verde (M.V.) y materia seca (M.S.) se presenta en kg/ha para el mejor tratamiento (T4: 100 % NPK + Resid MG). Para ello, se sumaron los resultados de los tres cortes, se proyectaron a una hectárea y se realizó la conversión de gramos a kilogramos. El tratamiento T4 alcanzó un rendimiento de 22477.5kg/ha en materia verde y 3.987,50 kg/ha en materia seca, destacándose por su alta productividad.

Tabla 21. Rendimiento materia verde y materia seca

Tratamientos	Materia verde (kg/ha)	Materia seca (kg/ha)
T1 (Micorriza Nativa)	12147.5	1820
T2 (Resid MG)	12327.5	1914
T3 (100% NPK + Micorriza Nativa)	19250	3510
T4 (100% NPK + Resid MG)	22477.5	3987.5
T5 (75% NPK + Micorriza Nativa)	16050	3085
T6 (75% NPK + Resid MG)	16855	3145
T7 (50% NPK + Micorriza Nativa)	13750	2389.2
T8 (50% NPK + Resid MG)	14102.5	2502.5
T9 (100 NPK)	16442.5	3510
T10 (Testigo Absoluto)	11822.5	1727.5

4.1.5. Contenido nutricional

En la tabla 22 presenta el análisis de varianza del contenido nutricional en corte 3, se observó una diferencia significativa en los tratamientos con parámetros de Humedad, Ceniza, Extracto Estéreo, Proteína, Fibra con un $p < 0.05$. Las medias para Humedad 84.27 %, Ceniza 13.64 %, Extracto Estéreo 4.40% para proteína fue 23.30% y fibra con un 24.39% con un coeficiente de variación de Humedad 1.29, Ceniza 7.78, Extracto estéreo 17.92, proteína 6.86 y Fibra 3.74 para el elemento de Elementos libres de Nitrógeno no presentaron diferencias significativas.

Tabla 22. Análisis de varianza para el contenido nutricional

		Humedad	Ceniza	Extracto Estéreo	Proteína	Fibra	Elementos Libres de Nitrógeno
F. V	G. L	P-V	P-Valor	P-Valor	P-Valor	P-Valor	P-Valor
Bloq	3	0.63558	0.7759	0.26404	0.2374	0.82261	0.390
Microorganismos		0.000448**	0.4804	0.000476**	0.0130*	0.009951.	0.087
Fertilización	1	0.13035	0.7812	0.44201	0.127*	0.00383**	0.405
Fertilización + Microorganismos	9	0.00358**	0.0114 *	0.36488	0.2645	0.02095*	0.087
Error	27						
Total	39						
Media		84.27	13.64	4.40	23.30	24.51	36.00
C.V		1.29	7.78	17.92	6.86	3.12	21.31

Nota. Significado de los códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * . 0.1 ' ' 1.

En la Tabla 23, se presentan los resultados de la prueba de Tukey al 5 % aplicados al contenido nutricional de ceniza, donde se identificaron dos grupos estadísticamente distintos. El tratamiento T6 (75 % NPK + Resid MG) se ubicó en el primer grupo, alcanzando el mayor valor con 15,12%, destacándose como el mejor tratamiento. En el segundo

grupo se ubicaron los tratamientos restantes, entre ellos el T10 (testigo absoluto), que presentó un valor de 13,87 %.

Respecto al contenido nutricional de humedad, se identificaron cuatro grupos mediante la prueba de Tukey al 5 %. El grupo A estuvo liderado por el tratamiento T1 (Micorriza Nativa) con un valor de 85,63 %. En el grupo AB, el mejor tratamiento fue el T3 (100 % NPK + Micorriza Nativa) con 85,37 %, mientras que en el grupo ABC se destacó el T8 (50 % NPK + Resid MG) con 84,15 %. Finalmente, en el grupo C, el tratamiento T9 (100 % NPK) registró la menor humedad con 82,92 %, posicionándose en el último lugar.

En cuanto al contenido nutricional de fibra, la prueba de Tukey al 5 % reveló cinco grupos significativamente diferentes. El tratamiento T4 (100 % NPK + Resid MG) obtuvo la media más alta con 25,75 %, consolidándose como el tratamiento más efectivo. Le siguieron el segundo grupo con 25,37 %, el tercer grupo con T8 (50 % NPK + Resid MG) que registró 24,84 %, el cuarto grupo con el T10 (testigo absoluto) con 23,78 %, y finalmente el quinto grupo, correspondiente al T9 (100 % NPK), con una media de 23,36 %. Estos resultados confirman la eficacia del tratamiento T4 en el incremento del contenido de fibra en el forraje.

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para el contenido nutricional

Tratamientos	Corte 3 (106dds)	Corte 3 (106dds)	Corte 3 (106dds) Fibra %
	Ceniza %	Humedad %	
T1 (Micorriza Nativa)	13.55 AB	85.63 A	24.44 ABC
T2 (Resid MG)	13.56 AB	84.97 AB	24.57 ABC
T3 (100% NPK + Micorriza Nativa)	14.49 AB	85.37 AB	24.44 ABC
T4 (100% NPK + Resid MG)	12.29 AB	81.93 C	25.75 A
T5 (75% NPK + Micorriza Nativa)	13.14 AB	83.63 ABC	25.37 AB
T6 (75% NPK + Resid MG)	15.12 A	84.89 AB	24.83 ABC
T7 (50% NPK + Micorriza Nativa)	13.71 AB	84.14 ABC	23.67 BC
T8(50% NPK + Resid MG)	13.12 AB	84.15 ABC	24.84 ABC
T9 (100 NPK)	13.51 AB	82.96 C	23.36 C
T10 (Testigo Absoluto)	13.87 AB	85.04 AB	23.78 BC

En la Tabla 24 se presentan los resultados de la prueba de Tukey al 5 % aplicada al contenido nutricional de extracto etéreo, considerando el factor Fertilización. Se identificaron tres grupos estadísticamente distintos. Los tratamientos con 0 %, 100 % y 75 % de fertilización alcanzaron medias de 5,03 g, 4,51 g y 3,92 g respectivamente, posicionándose como los más destacados en este parámetro.

De igual forma, los resultados de la prueba de Tukey al 5 % para el contenido nutricional de proteína mostraron la existencia de tres grupos diferenciados. Los

tratamientos con 100 % y 0 % de fertilización demostraron un mejor rendimiento, con medias de 24,19 g, 23,60 g y 23,19 g, ubicándose como los más favorables en cuanto a la acumulación de proteína en el forraje evaluado.

Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para extracto estéreo y proteína

Porcentaje fertilización	Extracto Estéreo (%)	Proteína (%)
0% NPK	5.03 A	23.60 AB
100 % NPK	4.51 AB	24.19 A
75 % NPK	3.92 B	23.19 AB
50 % NPK	3.76 B	21.62 B

En la Tabla 25, los resultados de la Prueba de Tukey al 5% para el contenido nutricional de proteína muestran la identificación de tres grupos, donde el tratamiento con Resid MG destacó como el más favorable, alcanzando una media de 24.12%. Este hallazgo refuerza la importancia de Resid MG en la mejora del contenido proteico, evidenciando su potencial en la optimización del valor nutricional del cultivo.

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para el contenido nutricional de proteína

Porcentaje Microorganismos	Medias (%)
Resid MG	24.12 A
Sin Micorriza	23.17 AB
Micorrizas Nativas	22.53 B

4.1.6. Análisis costo/beneficio

En la Tabla 26 se presenta el análisis costo-beneficio de los tratamientos evaluados. El tratamiento T10 (Testigo Absoluto) se distingue por ofrecer el menor beneficio directo, con un retorno de 1.09 dólares por cada dólar invertido en la producción de una hectárea, resultado de su bajo costo, pero también de su limitada respuesta productiva. En contraste, el tratamiento T4 (100% NPK + Resid MG) genera un beneficio directo de 1.36 dólares por cada dólar invertido. Aunque implica un costo ligeramente superior, se destaca por proporcionar las mejores características fenológicas y nutricionales, lo que lo posiciona como una opción eficiente y rentable en términos agronómicos y económicos.

Tabla 26. Análisis costo/beneficio para el cultivo del Ryegrass (Viscount)

Tratamientos	Rendimiento por kg/ha MS	Venta de producción USD/kg MS	Ingreso de Venta	Costo por Tratamiento	Utilidad	Costo beneficio
T1 (Micorriza Nativa)	1820	0.58	1055.6	489.58	566.02	1.16
T2 (Resid MG)	1914	0.58	1110.12	500.00	610.12	1.22
T3 (100% NPK + Micorriza Nativa)	3510	0.58	2035.8	968.75	1067.05	1.10
T4 (100% NPK + Resid MG)	3987.5	0.58	2312.75	979.17	1333.58	1.36
T5 (75% NPK + Micorriza Nativa)	3085	0.58	1789.3	802.08	987.216	1.23
T6 (75% NPK + Resid MG)	3145	0.58	1824.1	812.50	1011.6	1.25
T7 (50% NPK + Micorriza Nativa)	2389.2	0.58	1385.736	656.25	729.486	1.11
T8(50% NPK + Resid MG)	2502.5	0.58	1451.45	666.67	784.783	1.18
T9 (100 NPK)	3510	0.58	2035.8	958.33	1077.466	1.12
T10 (TESTIGO ABSOLUTO)	1727.5	0.58	1001.95	479.17	522.783	1.09

4.2. DISCUSIÓN

En el estudio Haro, (2025) llevó a cabo una investigación sobre el efecto de las micorrizas arbusculares en el rendimiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Los resultados indicaron que, en cuanto a las características morfológicas, se registró una altura promedio de 51.79 cm, una longitud de hoja de 19.24 cm y un diámetro de tallo de 7.22 mm. En relación con las micorrizas, el tratamiento con una dosis de 20 kg/ha obtuvo un rendimiento de 66 t/ha de espinaca, posicionándose como la mejor alternativa dentro de los tratamientos evaluados. Adicionalmente, la investigación reveló que el tratamiento T4 (100 % NPK + Resid MG) obtuvo los mejores resultados, mostrando diferencias significativas en la altura de la planta (47.17 cm), número de hojas (T9, con 6.47 hojas), materia verde (558.33 g/m²) y materia seca (118 g/m²). Estos hallazgos destacan la efectividad de las micorrizas nativas y de *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* en combinación con la fertilización YaraMila Rafos (20 g/m²), lo que sugiere su potencial para mejorar la producción de pasto de manera sostenible.

Campues (2023) investigó el efecto de las micorrizas arbusculares en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), evaluando su desempeño en distintos tipos de suelo: bosque, páramo y agrícola. Los resultados mostraron que el sustrato de páramo presentó la mayor cantidad de esporas (822 unidades), lo que sugiere una mayor actividad biológica en este suelo. En germinación, el tratamiento con porcentaje más alto es T4 (100 g de sustrato con micorrizas), que mostró una diferencia significativa del 9 %, para altura de la planta 47cm por planta, en floración de igual manera T4 presento 6 flores planta. En cuanto al crecimiento el tratamiento T4 (100 g de sustrato con micorrizas) exhibió un crecimiento superior. Respecto a la floración, T4 registró la mayor cantidad de esporas (176,808 unidades). En número de planta presento 12 vainas, en el peso el T4 presento 85g y en el rendimiento 4t/ha. En la presente investigación sobre Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*), el tratamiento 100 % NPK + Resid MG (T4) demostró los mejores resultados en altura de planta: 47.17 cm en el primer corte, 51.16 cm en el segundo y 48.23 cm en el tercero. Además, el T9 (100 % NPK) destacó en número de hojas (6.47 hojas a los 64 días), aunque en los cortes posteriores no hubo diferencias significativas. Estos resultados evidencian la eficacia de *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, especialmente cuando se combinan con

fertilización mineral (*YaraMila Rafos de 20 g/m²*), demostrando su potencial para optimizar la producción forrajera de manera sostenible.

Los estudios realizados por Reyes, (2020) y Mazo, (2023) coinciden en destacar el efecto positivo de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares sobre el desarrollo vegetal, aunque aplicados en contextos distintos: Reyes trabajó con plántulas de café en vivero, mientras que Mazo se enfocó en pastos forrajeros para ganadería en el trópico bajo colombiano. Reyes (2020), mediante un experimento con diseño completamente al azar, demostró que el tratamiento con *Myco Root (Glomus spp.)* favoreció el crecimiento en altura de las plantas de café, alcanzando 16,64 cm, y una altura promedio de 15,10 cm por planta a los 75 días en vivero. Además, se observó un incremento en el peso seco del área foliar (0,75 g/planta) y un valor foliar significativamente elevado (55,6 %). Por su parte, Mazo (2023), a través de una revisión bibliográfica con enfoque cuantitativo, concluyó que las micorrizas pueden aumentar la productividad de los pastos entre un 33 % y un 70 %, y lograr niveles de colonización radicular de hasta el 50 %. Una diferencia clave entre ambos trabajos radica en el enfoque metodológico: mientras Reyes aplicó un diseño experimental en condiciones controladas, Mazo analizó resultados obtenidos en estudios aplicados en contextos reales de producción. Sin embargo, ambos coinciden en que la inoculación micorrízica mejora significativamente el crecimiento vegetal y la eficiencia productiva, tanto en cultivos agrícolas como forrajeros. Asimismo, ambos resaltan el potencial de las micorrizas como una herramienta sostenible. En el caso del café, las micorrizas favorecen el desarrollo temprano de las plantas, y en los pastos, mejoran la calidad forrajera y el rendimiento, con efectos positivos sobre la sostenibilidad de la producción ganadera. De manera concordante, en la presente investigación, la aplicación conjunta de fertilización mineral con *Glomus iranicum var. tenuihypharum* promovió un adecuado desarrollo fenológico y un aumento del contenido nutricional en Ryegrass Viscount, evidenciando resultados sobresalientes. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Reyes y Mazo, y confirman que las micorrizas contribuyen a mejorar la eficiencia productiva, así como a promover un rendimiento más sostenible en cultivos agrícolas y forrajeros. En conjunto, estas investigaciones refuerzan la hipótesis de que el uso de micorrizas, tanto en cultivos permanentes como en especies forrajeras, constituye una

estrategia agroecológica eficaz, con importantes implicaciones para la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería en diversos contextos productivos.

Tobar, (2024) y Benavides, (2025) han documentado en diferentes cultivos agrícolas y forrajeros, como *Brassica Spiffire* (nabo) y la variedad de papa *Puca Shungo*, los efectos positivos derivados del uso combinado de fertilización mineral al 100 % con microorganismos promotores del crecimiento vegetal. En el caso del nabo *Brassica Spiffire*, Tobar resalta que el tratamiento T9 (100 % NPK + Resid MG + TrichoSym Bio) generó mejoras significativas en variables agronómicas como la altura de planta (102,38 cm), el diámetro del tallo (20,54 mm), el número de hojas (13,5) y el rendimiento (27,18 kg). En cuanto a la calidad nutricional, se registró un contenido de fibra promedio de 12,68 %, así como niveles sobresalientes de proteína (34,36 %) y compuestos libres de nitrógeno (42,88 %). De manera similar, Benavides, en su estudio con la variedad de papa *Puca Shungo*, evidenció que la aplicación conjunta de fertilización completa con micorrizas (Resid HC) y bacterias fijadoras de nitrógeno (BlueN) favoreció notablemente el desarrollo vegetativo, con plantas que alcanzaron hasta 96,56 cm de altura. Además, se observaron incrementos en el número y grosor de tallos, así como en el peso de los tubérculos en distintas categorías comerciales, lo que derivó en una mejora sustancial del rendimiento total del cultivo. En coherencia con estos resultados, la presente investigación, llevada a cabo en Ryegrass Viscount, demostró que el tratamiento T4 (100 % NPK + Resid MG) obtuvo las mayores alturas de planta en los tres cortes evaluados (47,17 cm; 51,16 cm y 48,23 cm). Asimismo, el tratamiento T9 (100 % NPK) alcanzó el mayor número de hojas a los 64 días (6,47) y presentó un perfil nutricional notable, con valores de ceniza del 15,12 %, humedad del 85,63 %, extracto etéreo del 5,03 %, proteína del 24,19 % y fibra del 25,76 %. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Tobar y Benavides, destacando la eficacia de la interacción entre fertilización mineral y bioinsumos como *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, especialmente en combinación con fertilizantes como YaraMila Rafos (20 g/m²). Esta sinergia contribuye a un desarrollo vegetal más vigoroso y sostenible. En conjunto, la evidencia respalda el enfoque integrado de biofertilizantes y fertilización convencional como una estrategia efectiva para optimizar el rendimiento agronómico, mejorar la calidad nutricional y promover la sostenibilidad en los sistemas agrícolas modernos.

Chuquimarca, (2018) la aplicación combinada de 5 y 6 kg/ha de micorrizas con 8 t/ha de humus en *Setaria sphacelata* incrementó significativamente variables como la altura de planta (hasta 80.50 cm), la cobertura aérea (70.11 %) y la producción de materia verde (hasta 20.19 t/ha/corte), reflejando una mejora integral en la calidad del forraje. De manera similar, en la presente investigación con Rey Grass Viscount (*Lolium perenne*), el tratamiento T4 (100 % NPK + Resid MG) se destacó por favorecer el crecimiento en los tres cortes, alcanzando alturas de 47.17 cm (primer corte), 51.16 cm (segundo corte) y 48.23 cm (tercer corte). Además, la mayor producción de materia verde se registró en 660 g/m² (primer corte) y 717 g/m² (segundo corte). En cuanto al número de hojas, el tratamiento T9 (100 % NPK) obtuvo el valor más alto (6.47 hojas a los 64 días), mientras que la combinación de fertilización y microorganismos superó los 100 g/m² de materia seca por corte. En términos de calidad nutricional, ambos estudios coinciden en que la integración de fertilización y bioestimulantes, como micorrizas y humus, mejora significativamente los niveles de proteína, ceniza y fibra. Chuquimarca reportó un contenido proteico de hasta 14.57 % y una reducción en fibra (27.55 %) en los tratamientos con mayor micorrización. De forma comparable, en la presente investigación se alcanzó un contenido proteico de 24.19 % y un nivel de fibra de 25.54 % con fertilización optimizada, ambas investigaciones destacan que la combinación de fertilización química y enmiendas biológicas (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, micorrizas u otros microorganismos) es una estrategia eficiente y sostenible para mejorar el rendimiento agronómico y la calidad nutricional del forraje, lo que representa un beneficio sustancial para los sistemas de producción animal.

Ortiz, (2015) reportó que la inoculación con hongos micorrízicos en el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) generó mejoras significativas en parámetros como materia verde, materia seca (19,57 %), proteína cruda (17,44 %), energía bruta (4.100 kcal), calcio (0,93 %) y fósforo (0,363 %). En la presente investigación, se observó un perfil nutricional similar, destacando el tratamiento T4 (100 % NPK + Resid MG), que presentó los mejores resultados en tres cortes consecutivos, con producciones de materia verde de 797,25 g/m², 660,50 g/m² y 717,00 g/m², y de materia seca de 102 g/m², 93,87 g/m² y 138,25 g/m². Además, los valores nutricionales obtenidos incluyeron 15,12 % de ceniza, 85,63 % de humedad, 5,03 % de extracto etéreo, 24,19 % de proteína y 25,76 % de fibra. Estos resultados respaldan lo planteado por Ortiz, evidenciando que la

interacción entre la fertilización mineral completa y la inoculación con *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* contribuye significativamente a mejorar el rendimiento forrajero y la calidad nutricional del pasto, lo que justifica su uso en sistemas productivos sostenibles.

De acuerdo con FEDNA (2019), la Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal establece que el pasto Viscount presenta una composición nutricional compuesta por 76.5% de humedad, 12.4% de cenizas, 3.99% de extractos etéreos, 19.7% de proteína bruta, 40.5% de fibra detergente neutra y un nivel energético aproximadamente 10% superior al promedio, destacando por su elevada digestibilidad, tanto en proteína como en fibra. En presente investigación, aunque no se obtuvieron los mismos valores de referencia, los resultados fueron superiores en varios parámetros: 85.63% de humedad, 15.12% de cenizas, 5.03% de extractos etéreos, 24.19% de proteína bruta, 25.54% de fibra y 25.68% de elementos libres de nitrógeno, sin diferencias significativas en este último. Dichos incrementos se atribuyen al uso del tratamiento T4, que consistió en la aplicación de micorriza (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) junto con fertilización completa (100% NPK), lo cual favoreció la absorción de nutrientes y potenció las propiedades físicas, químicas y fenológicas del cultivo. En cuanto a la humedad (89.28%), si bien supera el valor referencial de FEDNA, no compromete la calidad del forraje, dado que se trata de material fresco. El nivel de cenizas (15.12%) en comparación con el 12.4% indica una mayor disponibilidad de minerales esenciales; los extractos etéreos (5.03%) reflejan un incremento en el contenido energético; la proteína bruta (24.19%) representa una mejora significativa en el valor nutricional frente al 19.7% estándar; el contenido de fibra (25.54%) es adecuado para mantener una buena digestibilidad; y el nivel de elementos libres de nitrógeno (25.68%) aporta una fuente energética relevante para la dieta animal. En conjunto, estos resultados demuestran que el tratamiento T4 refuerza notablemente la calidad nutricional del forraje, al proporcionar un balance óptimo de proteínas, energía, minerales y fibra. Esta combinación favorece el desarrollo y la digestión de los animales, incrementa la productividad ganadera y se perfila como una alternativa eficiente y sostenible para la alimentación de rumiantes.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El tratamiento T4 (100 % NPK (20g/m²) + Resid MG 1 g/m²) se identificó como la opción más efectiva para potenciar el crecimiento del Ryegrass Viscount (*Lolium perenne*). Los resultados demostraron una altura promedio de 48.23 cm, un número de hojas de 6.47 por planta, una producción de materia verde de 22477.5 kg/ha y una acumulación de materia seca de 3947.5kg/ha.
- El tratamiento T4 (100 % NPK a razón de 20 g/m² + Resid MG 1 g/m²) presentó los mejores resultados en cuanto a parámetros nutricionales, registrando un contenido de ceniza de 15.12 %, humedad del 85.63 %, extracto etéreo de 5.03 %, proteína entre 24.19 %, y fibra con un 25.76 %.
- El tratamiento T4, compuesto por la aplicación de 100 % NPK (20g/m²) combinado con 1 g/m² de Resid® MG, presentó la mayor rentabilidad económica, al generar un retorno de 1.36 dólares por cada dólar invertido. Por otro lado, el tratamiento T6 (75 % NPK + Resid® MG) también evidenció una rentabilidad favorable, con un beneficio de 1,25 dólares por dólar invertido, destacándose como una opción eficiente con menor requerimiento de inversión inicial.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el tratamiento T4 (100 % NPK (Yaramila Rafos) a razón de (200kg/ha) + Resid MG a (10kg/ha) para mejorar la sostenibilidad agronómica, optimizar la calidad del forraje y minimizar el impacto ambiental.
- Se recomienda fomentar estudios sobre forrajes enriquecidos con microorganismos promotores del crecimiento vegetal en la alimentación de rumiantes, para evaluar su efecto en la producción de leche y el aumento de peso, como una alternativa sostenible, económica y accesible para pequeños productores.

- Una buena preparación del terreno, con suelo suelto y libre de malezas, es clave para la germinación del Ryegrass Viscount, ya que sus semillas pequeñas necesitan buen contacto con el sustrato y condiciones óptimas de humedad y aireación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Gómez, R., Sánchez-Hernández, M. A., Gómez-Merino, F. C., Ponce-Peña, P., González-Lozano, M. A., Navarro-Moreno, L., & Poisot, M. (2020). Soil Quality of Ananas comosus Cultivation Land in the Papaloapan Basin Region of Mexico after Wastes Addition as Fertilizer Supplement. *Agriculture*, 10(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050173>
- Álvarez, C. N. A., Cedeño, J. C. V., Armas, P. J. L., Álvarez, F. R. A., Molina, E. J. M., Salazar, N. M. C., Romero, C. F. B., Paredes, F. M. G., Bustamante, B. A. V., & Rodríguez, L. M. C. (2020). Problemas que enfrentan los ganaderos en el establecimiento de *Leucaena* asociada con gramíneas en trópico seco de Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 4(1 Ene-Abr), Article 1 Ene-Abr. <https://www.revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/articulo/view/192>
- Beltrán-Pineda, M. E., & Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes: Alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1). https://portal.amelica.org/ameli/journal/193/1934639009/html/?utm_source
- Benavides Nazamue, G. M. (2025). Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Puca Shungo con la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal a diferentes dosis de fertilización edáfica en el Centro experimental San Francisco – cantón Huaca. <https://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/2854>
- Campues Alvear, A. R. (2023). Efecto de micorrizas arbusculares en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), Ibarra, Imbabura [bachelorThesis]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14517>
- Carlosama Pantoja, D. P., & Jiménez Jaramillo, R. A. (2018). Evaluación de tres tipos de abonos verdes en la recuperación de suelos degradados de la parroquia Bolívar – cantón Bolívar [bachelorThesis]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8024>
- Carrillo-Saucedo, S. M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta*

Chamorro, P. B. (2018). Tulcán: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/607/1/Tesis%20Pastos%20SSP.pdf.

Chuquimarca Aigaje, E. J. (2018, abril). "EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE MICORRIZA MÁS LA ADICIÓN DE UNA BASE ESTÁNDAR DE HUMUS EN LA PRODUCCION PRIMARIA FORRAJERA DE LA *Setaria sphacelata* (PASTO MIEL)". *rEVISTA CARIBEÑA DE CIENCIAS SOCIALES*.

GCI, A. R.-P.-P. (2019). *METODOLOGÍA DE ZONIFICACIÓN PARA USO DE PASTOS EN LAS PROVINCIAS DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO GCI*. Quito: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.ganaderiaclimaticamenteinteligente.com/documentos/Informe%20Zonificacion%20VF.pdf.

FAO. (2025). División de Producción y Protección Vegetal: Manejo biológico del suelo con microorganismos benéficos. <https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/soil-biodiversity/case-studies/soil-biological-management-with-beneficial-microorganisms/en/>

FEDNA (2019). https://www.fundacionfedna.org/forrajes/ray-grass-verde?utm_source

Garzón, L. P. (2016). Importancia De Las Micorrizas Arbusculares (ma) Para Un Uso Sostenible Del Suelo En La Amazonia Colombiana. *Revista Luna Azul*, 42, 217-234. https://www.redalyc.org/journal/3217/321744162010/?utm_source

Haro Altamirano, M. A. (2025). Evaluación de micorrizas arbusculares en el rendimiento agronómico de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29923>

Li, W., Zhai, Y.-L., Hu, X.-Y., & Guo, S.-X. (2023). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and metabolism of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) under salt stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(1), 12649-12649. <https://doi.org/10.15835/nbha51112649>

Luisa Fernanda, M. L. (2023). [Universidad de Antioquia]. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/44652939-319d-4a85-bebc-d8c8243a2216/content

Molina L, M., Mahecha L, L., & Medina S, M. (2005). Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(2), 162-175.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-06902005000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- Ortiz Acevedo, A. (2015). Respuesta del pasto kikuyo a la inoculación: Con hongos micorrícicos y a diferentes niveles de nitrógeno y fósforo [UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE PRODUCCION AGROPECUARIA]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/6f9f1ea8-9c50-4df4-aa88-90bd60609f45/content>
- Pérez, D. M., García, P. A. V., & Pimentel, K. R. (2021). Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la fase inicial de crecimiento de Zea mays L. *Avances*, 23(3). <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869395004/html/>
- Quespaz Flores, J. F. (2022). "Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (*Solanum Tuberosum* L.) cv. Superchola, con el empleo de microorganismos en Andisoles, en la Provincia del Carchi, Cantón Huaca". [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/197818d6-d8ce-4634-91ed-ca70c38ab159/content>
- Reyes Cordova, D. A. (2020). Efecto de la inoculación de micorrizas en el desarrollo de plantas de café en etapa de vivero en San Martín de Pangoa—Satipo. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6435>
- Romero, J. F. G., Fernández, D. C. G., & Restrepo, M. C. de. (2004). *Revista Colombia Forestal*. Colombia forestal, 8(17), Article 17. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2004.1.a03>
- Silva, L., Guevara, P., Pazmiño, J., Cuenca, U. de, Cuenca, D. de I. de la U. de, & DIUC. (2015). Evaluación energética de *Pennisetum clandestinum* y *Lolium perenne* en diferentes edades de corte para alimentación de bovinos. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23827>
- Toala Vera, J. C. (2021). Inoculación de micorriza arbuscular y su incidencia en el crecimiento inicial de tres especies forestales en la fase de vivero. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2b05a08e-b3a5-4f83-8481-f4211cb74d51/content>
- Tobar Oviedo, J. A. (2024). Evaluación del rendimiento de la Brassica Spitfire (Nabo) con la inoculación de hongos promotores del crecimiento vegetal en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC – cantón Huaca. <https://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/2647>
- Troncoso, V. (2004). *Producción de asociación Lolium hybridum*. Chile: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.praderasypastur>

as.com/rolando/02.-Tesis/10.-Mezclas_de_Especies_Forrajas/06.-
Viviana_Elizabeth_Trncoso_Riquelme.pdf.

- Villalobos, L., & Sánchez, J. M. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass Perenne Tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 43-52. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0377-94242010000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Washington State, U. (s. f.). Manejo de Pasturas y Problemas de Pastoreo | Animal Agriculture | Washington State University. Animal Agriculture. Recuperado 6 de noviembre de 2023, de <https://extension.wsu.edu/animalag/content/manejo-de-pasturas-y-problemas-de-pastoreo/>
- Yang, Q., Zhao, Z., Bai, Z., Hou, H., Yuan, Y., Guo, A., & Li, Y. (2019). Effects of mycorrhizae and water conditions on perennial ryegrass growth in rare earth tailings. *RSC Advances*, 9(19), 10881-10888. <https://doi.org/10.1039/C8RA10442E>
- YaraMila RAFOS. (2022, septiembre 7). Yara Ecuador. <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/fertilizantes/yaramila/yaramila-rafos/>

VII. ANEXOS

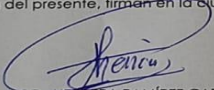
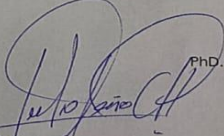
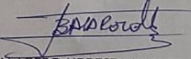
Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	8.00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8.00	
3	METODOLOGÍA	8.00	
4	RESULTADOS	8.00	
5	DISCUSIÓN	8.00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8.00	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8.00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8.00	

Obteniendo una nota de: **8,00** 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, firmamos en la ciudad de Tulcán el **lunes, 30 de junio de 2025**

 MSC. HERRERA RAMÍREZ CARLOS DAVID PRESIDENTE TRIBUNAL	 MSC. PEÑA CHAMORRO JULIO JAIR DOCENTE	 PHD. BALAREZO URRESTA LUIS RODRIGO DOCENTE TUTOR
---	---	---

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Huancha Querembas Leandro Sebastian				
DATE: Jueves, 3 de julio de 2025				
Topic: "Evaluation of the Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation as Growth and Nutrition Promoters in Viscount Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>) at the San Francisco Experimental Center of UPEC."				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



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

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

Autor: Huancha Querembas Leandro Sebastian

Fecha de recepción del abstract: Jueves, 3 de julio de 2025

Fecha de entrega del informe: Jueves, 3 de julio de 2025

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



MA. Martha Viveros
Docente responsable del
CIDEN

Anexo 3. Costos de producción

Tabla 27.Costo de Producción

			Centro Experimental San Francisco	
Sistema		Semi-tecnificado	Lugar	UPEC
Área: 936			Responsable	Leandro Huancha
Materiales	Unidades	Medida	Costo Unitario	Costo Total
Mano de obra				78
Adecuación del sitio (Tractor)	1	Unidad	30	30
Fertilización	1	Personal	12	23
Cosecha	3	Personal	36	36
Materiales				293.50
Viscount (Semilla)	4	kg	145.50	145.50
Resid MG (Microorganismos)	1	Unidad	40	40
Micorriza autoctona	1	Unidad	25	25
Piola	1	Unidad	5	5
Estacas	160	Unidad	0.4	64
Letreros	40	Unidad	0.35	14
Equipos				20
Flexómetro	1	Unidad	5	5
mochila	1	Unidad	15	15
Insumos				50
Fertilizantes	1	Unidad	50	50
Análisis				670
Análisis de suelo	1	Unidad	30	30
Análisis bromatológico	10	Unidad	64	640
			Costo Total	\$1111.50

Anexo 4. Análisis de suelo



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p>DATOS DE PROPIETARIO</p> <p>Nombre: GUILLERMO JÁCOME SARCHI Ciudad: Huaca Teléfono: 0982501591 Fax:</p>	<p>DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Provincia: Carchi Cantón: Huaca Parroquia: Sitio: Centro Experimental UPEC</p>
--	--

<p>DATOS DEL LOTE</p> <p>Sitio: Centro Experimental UPEC Superficie: Número de Campo: Muestra #1 Cultivo Actual: A Cultivar:</p>	<p>DATOS DE LABORATORIO</p> <p>Nro Reporte.: 11762 Tipo de Análisis: Completo + T Muestra: Suelo, muestra 1 Fecha de Ingreso: 2023-12-27 Fecha de Reporte: 2024-01-04</p>
---	--



Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	43.75	ppm	
P	9.57	ppm	
S	10.00	ppm	
K	0.32	meq/100 ml	
Ca	8.27	meq/100 ml	
Mg	0.82	meq/100 ml	
Zn	3.08	ppm	
Cu	0.87	ppm	
Fe	191.36	ppm	
Mn	2.81	ppm	
B	0.32	ppm	
pH	5.05		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.160	mS/cm	
MO	14.50	%	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
10.09	2.56	28.41	9.41			53.20	36.00	10.80	Franco arenoso

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
 Responsable Laboratorio



Anexo 5. Análisis bromatológicos

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua Tifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA-2201 Rev. 9
---	---	---	-------------------------

INFORME DE ENSAYO N°:24-0047

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:** Sr. LEANDRO HUANCHA QUEREMBAS
****DIRECCIÓN:** CALLE TARQUI 13 DE ABRIL / TULCAN
FECHA DE EMISIÓN: 10/05/2024
FECHA DE ANÁLISIS: Del 29 de abril al 10 de mayo del 2024
ANÁLISIS SOLICITADOS Proximal


****INSTITUCIÓN:** PARTICULAR
****ATENCIÓN:** Sr. LEANDRO HUANCHA QUEREMBAS
FECHA DE RECEPCIÓN: 29/04/2024
HORA DE RECEPCIÓN: 10H00

RESULTADOS DE ANÁLISIS						
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Pasto T1	24-0253	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	85,04	%
CENIZAS [□]	Pasto T1	24-0253	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	13,83	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) [□]	Pasto T1	24-0253	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	4,88	%
PROTEÍNA [□]	Pasto T1	24-0253	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	23,17	%
FIBRA [□]	Pasto T1	24-0253	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	24,35	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T1	24-0253	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	33,77	%
HUMEDAD	Pasto T2	24-0254	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	85,62	%
CENIZAS [□]	Pasto T2	24-0254	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	13,54	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) [□]	Pasto T2	24-0254	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	5,12	%
PROTEÍNA [□]	Pasto T2	24-0254	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	23,28	%
FIBRA [□]	Pasto T2	24-0254	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	24,42	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T2	24-0254	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	33,65	%
HUMEDAD	Pasto T3	24-0255	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,90	%
CENIZAS [□]	Pasto T3	24-0255	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	13,51	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) [□]	Pasto T3	24-0255	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	5,00	%
PROTEÍNA [□]	Pasto T3	24-0255	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	24,31	%
FIBRA [□]	Pasto T3	24-0255	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	24,46	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T3	24-0255	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	32,72	%

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Pasto T4	24-0256	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,55	%
CENIZAS [□]	Pasto T4	24-0256	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	13,66	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) [□]	Pasto T4	24-0256	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	3,76	%
PROTEÍNA [□]	Pasto T4	24-0256	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	19,91	%
FIBRA [□]	Pasto T4	24-0256	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	25,64	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T4	24-0256	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	37,03	%
HUMEDAD	Pasto T5	24-0257	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,11	%
CENIZAS [□]	Pasto T5	24-0257	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	13,50	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) [□]	Pasto T5	24-0257	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	3,74	%
PROTEÍNA [□]	Pasto T5	24-0257	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	22,32	%
FIBRA [□]	Pasto T5	24-0257	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	25,37	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T5	24-0257	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	35,07	%
HUMEDAD	Pasto T6	24-0258	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,63	%
CENIZAS [□]	Pasto T6	24-0258	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	13,10	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) [□]	Pasto T6	24-0258	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	3,78	%
PROTEÍNA [□]	Pasto T6	24-0258	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	23,11	%
FIBRA [□]	Pasto T6	24-0258	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	24,84	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T6	24-0258	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	35,16	%
HUMEDAD	Pasto T7	24-0259	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,88	%
CENIZAS [□]	Pasto T7	24-0259	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	15,11	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) [□]	Pasto T7	24-0259	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	3,99	%
PROTEÍNA [□]	Pasto T7	24-0259	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	23,08	%
FIBRA [□]	Pasto T7	24-0259	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	24,81	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T7	24-0259	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	33,00	%

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Pasto T8	24-0260	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,85	%
CENIZAS ^Q	Pasto T8	24-0260	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	13,48	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) ^Q	Pasto T8	24-0260	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	4,49	%
PROTEÍNA ^Q	Pasto T8	24-0260	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	23,17	%
FIBRA ^Q	Pasto T8	24-0260	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	22,89	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T8	24-0260	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	35,98	%
HUMEDAD	Pasto T9	24-0261	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	85,35	%
CENIZAS ^Q	Pasto T9	24-0261	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	14,25	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) ^Q	Pasto T9	24-0261	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	4,83	%
PROTEÍNA ^Q	Pasto T9	24-0261	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	23,68	%
FIBRA ^Q	Pasto T9	24-0261	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	23,34	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T9	24-0261	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	33,89	%
HUMEDAD	Pasto T10	24-0262	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	81,99	%
CENIZAS ^Q	Pasto T10	24-0262	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	12,27	%
EXTRACTO ETÉREO (EE) ^Q	Pasto T10	24-0262	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	3,70	%
PROTEÍNA ^Q	Pasto T10	24-0262	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	23,38	%
FIBRA ^Q	Pasto T10	24-0262	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	23,75	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO E.L.N.	Pasto T10	24-0262	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	36,89	%

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Q) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en este documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. **NOTA DE DESCARGO:** Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

RESPONSABLES DEL INFORME	
Nombre	Dr. Iván Samaniego, PHD.
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	
Fecha	2024-05-10

Anexo 6. Proceso Experimental



Figura 6. Preparación del terreno



Figura 7. División de parcelas



Figura 8. Insumo utilizado



Figura 9. Siembra del pasto



Figura 10. Fertilización



Figura 11. Inoculación de micorizas



Figura 12. Corte 2



Figura 13. Peso de materia seca

Anexo 7. Costo beneficio Rye Grass Viscount por hectárea**Tabla 28.** Costo beneficio

Tratamientos	Rendimiento por kg/ha MS	Venta de producción USD/kg MS	Ingreso de Venta	Costo por Tratamiento	Utilidad	Costo beneficio
T1 (Micorriza Nativa)	1820	0.58	1055.6	489.58	566.02	1.16
T2 (Resid MG)	1914	0.58	1110.12	500.00	610.12	1.22
T3 (100% NPK + Micorriza Nativa)	3510	0.58	2035.8	968.75	1067.05	1.10
T4 (100% NPK + Resid MG)	3987.5	0.58	2312.75	979.17	1333.58	1.36
T5 (75% NPK + Micorriza Nativa)	3085	0.58	1789.3	802.08	987.216	1.23
T6 (75% NPK + Resid MG)	3145	0.58	1824.1	812.50	1011.6	1.25
T7 (50% NPK + Micorriza Nativa)	2389.2	0.58	1385.736	656.25	729.486	1.11
T8(50% NPK + Resid MG)	2502.5	0.58	1451.45	666.67	784.783	1.18
T9 (100 NPK)	3510	0.58	2035.8	958.33	1077.466	1.12
T10 (TESTIGO ABSOLUTO)	1727.5	0.58	1001.95	479.17	522.783	1.09

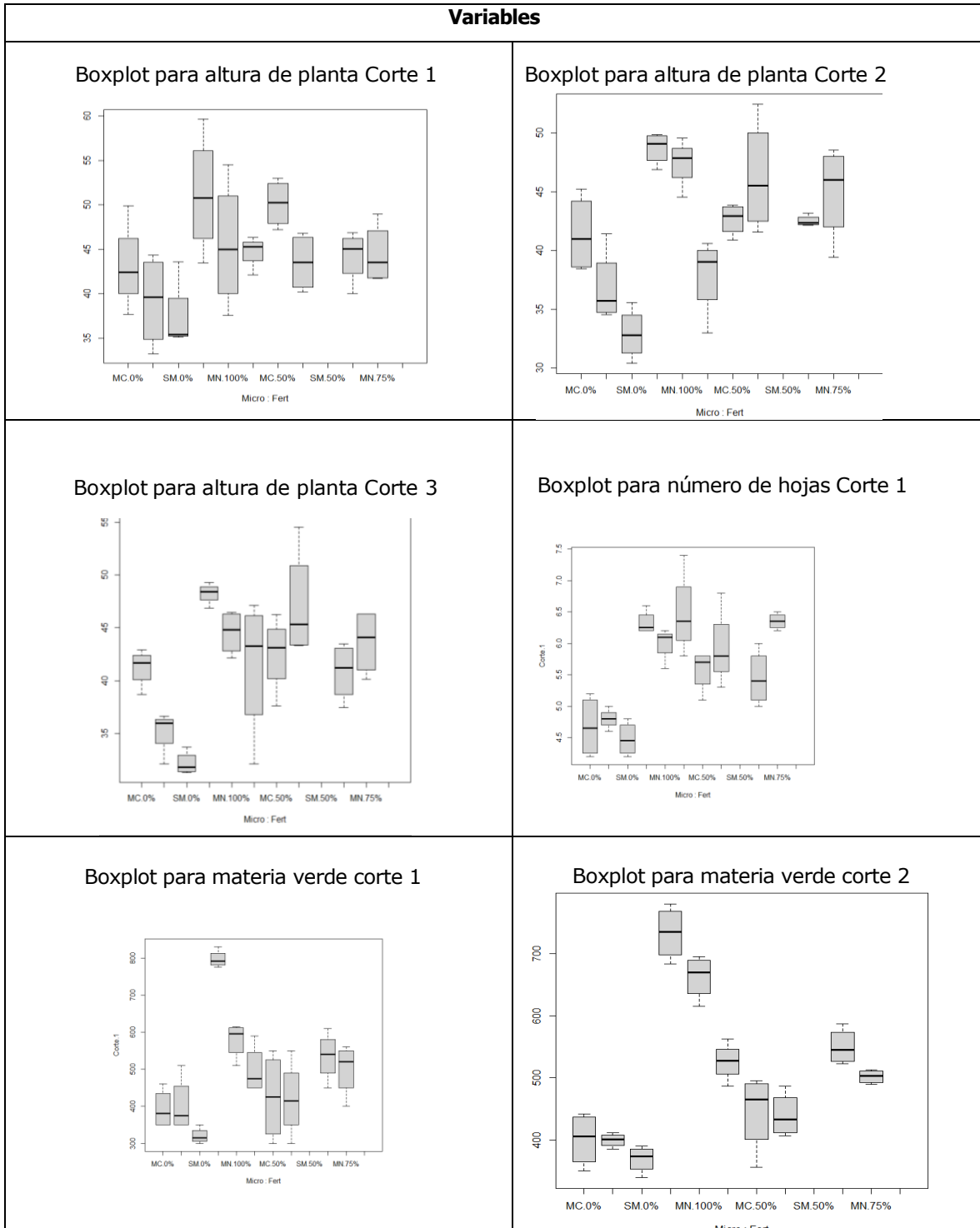
Anexo 8. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas

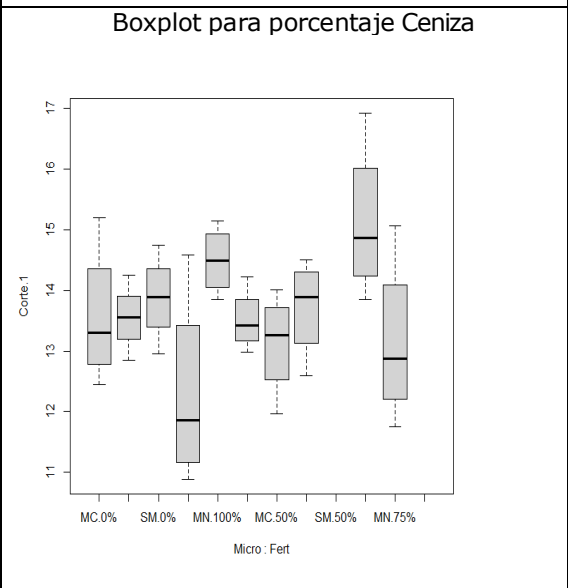
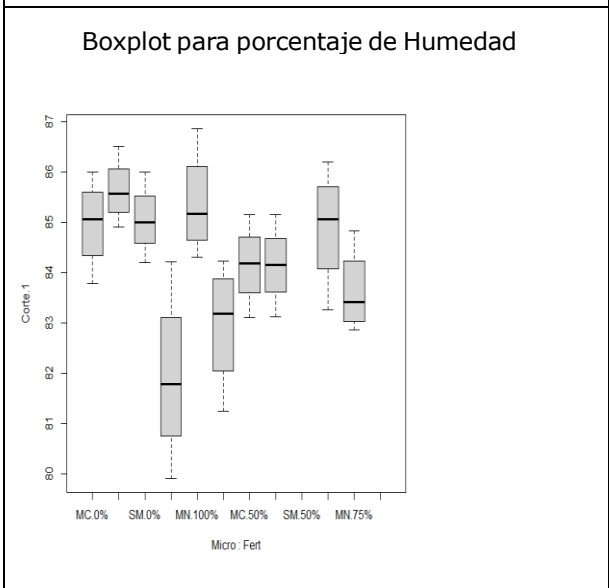
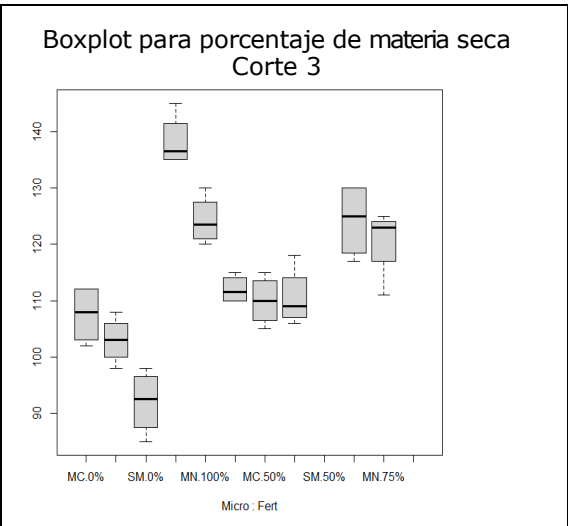
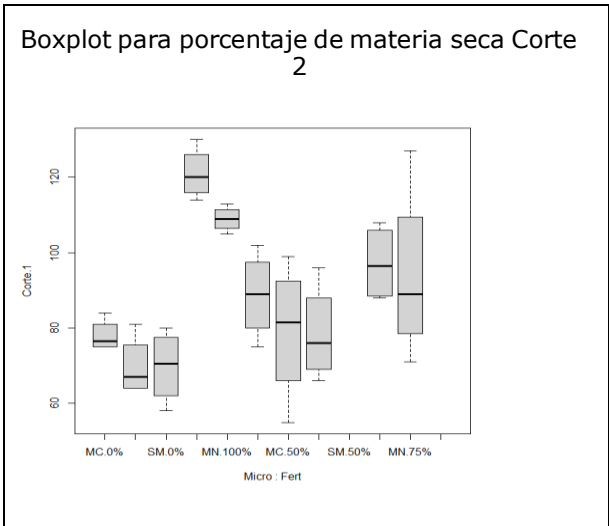
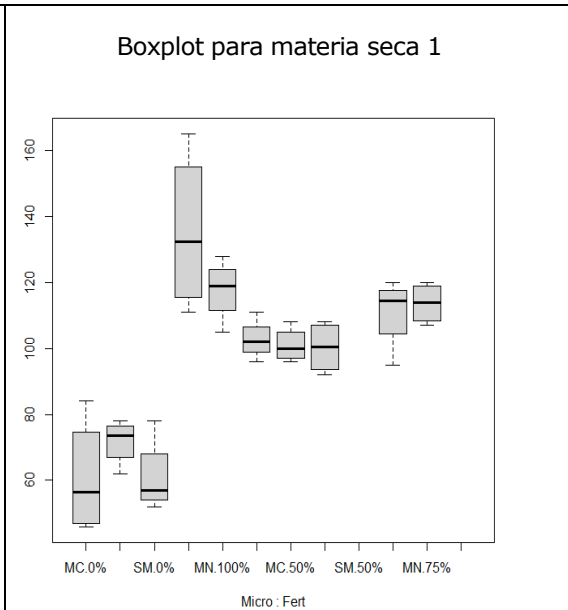
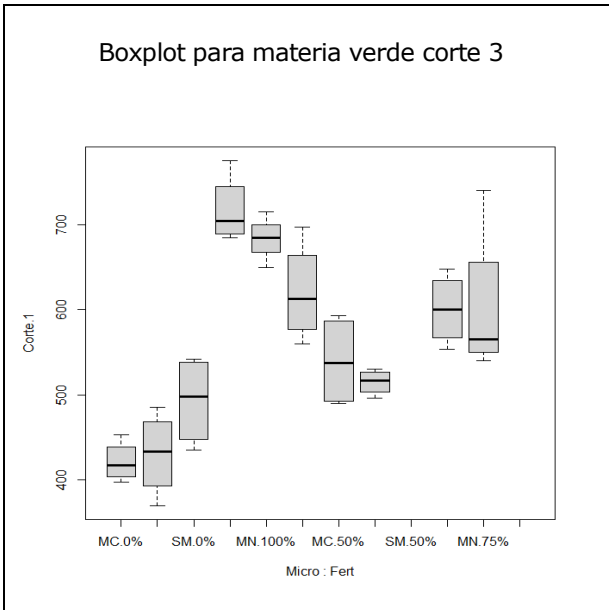
Tabla 29. Normalidad y Homogeneidad de varianzas

Variable	NORMALIDAD		HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS	
	Prueba de Shapiro		Prueba de Bartlett	
	SI	NO	SI	NO
Altura de planta Corte 1 (66 dds)	0.5362		0.3059	
Altura de planta Corte 2 (87 dds)	0.8758		0.09535	
Altura de planta Corte 3 (108 dds)	0.2059		0.6793	
Número de hojas Corte 1 (66 dds)	0.7847		0.4924	
Materia Verde Corte 1 (66 dds)	0.5367		0.0533	
Materia Verde Corte 2 (87 dds)	0.1764		0.2102	
Materia Verde Corte 3 (108 dds)	0.07854		0.6026	
Materia Seca Corte 1 (66 dds)	0.6499		0.1537	
Materia Seca Corte 2 (87 dds)	0.8635		0.1396	
Materia Seca Corte 3 (108 dds)	0.4141		0.06116	
Humedad Corte 2 (108 dds)	0.2535		0.3685	
Cenizas Corte (108 dds)	0.06326		0.117	
Extracto etéreo Corte 2 (108 dds)	0.5727		0.4726	
Proteína Corte 2 (108 dds)	0.5879		0.005643	
Fibra Corte 2 (108 dds)	0.02938		0.2279	
Elementos libres de nitrógeno Corte 2 (108 dds)	0.0932		0.0567	

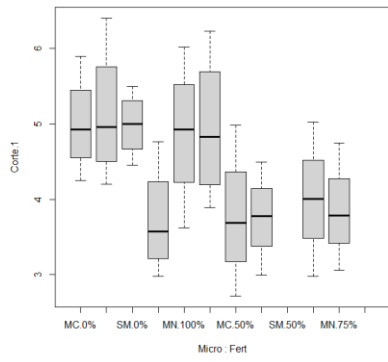
Nota. dds: días después de la siembra. Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Boxplot y pruebas de Tukey al 5% para las variables evaluadas

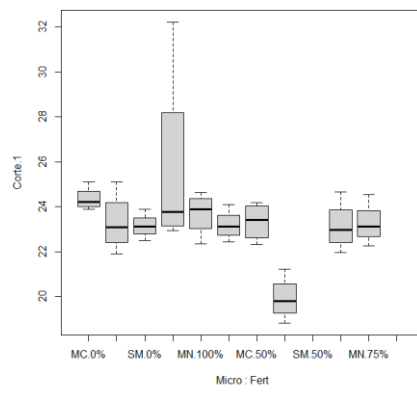




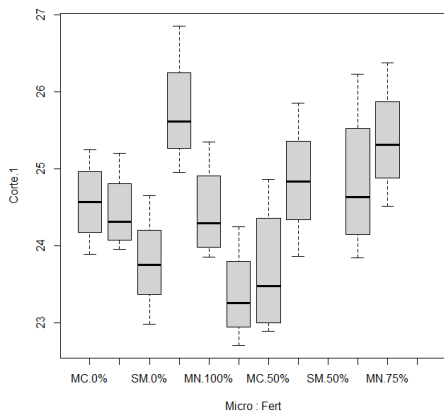
Boxplot para porcentaje de Extractos Etéreos



Boxplot para porcentaje de Proteína



Boxplot para porcentaje de Fibra



Anexo 10. Script para realizar el análisis estadístico en R Studio de un DBCA con arreglo factorial 4x3

```
library(agricolae)

#Cargar los datos

dbca=read.delim("clipboard",header=TRUE,
colClasses=c("factor","factor","factor","numeric"))

attach(dbca)

str(dbca)

summary(dbca)

boxplot(Corte.1 ~ Micro*Fert)

#Ejecutar el ANOVA

anova<- aov(Corte.1~Bloq+Fert*Micro,data=dbca)

summary(anova)

cv.model(anova)

#Supuestos

plot(anova,2)

shapiro.test(residuals(anova))

shapiro.test(anova$residuals)

plot(anova,1)

bartlett.test(Corte.1~Micro,data=dbca)

bartlett.test(Corte.1~Fert,data=dbca)

bartlett.test(Corte.1~interaction(Micro,Fert),data=dbca)

# Tukey para cada factor

HSD.test(anova, "Fert", console=T)

HSD.test(anova, "Micro", console=T)

# Tukey para la interacción

HSD.test(y=Corte.1,
```

```

trt=Micro:Fert,
DFerror=anova$df.residual,
MSerror=deviance(anova)/anova$df.residual,
group=TRUE,
console=TRUE)
#Grafica factores
#Comparacion de medias
tukey_e <- HSD.test(anova, "Fert", console=T)
tukey_e$groups
#Resumir los datos
install.packages("tidyverse")
library(tidyverse)
resumen <- dbca %>% group_by(Fert) %>%
summarise(promedio=mean(Corte.1),de=sd(Corte.1),r=length(Corte.1)) %>%
arrange(desc(promedio))
#Pasar las letras de agrupacion Tukey (0.05)
resumen$grupo <- tukey_e$groups$groups
#Elaborar la grafica de barras
library(ggplot2)
resumen$Fert <- factor(resumen$Fert, levels = resumen$Fert[order(-
resumen$promedio)])
ggplot(resumen, aes(x = Fert, y = promedio)) +
geom_bar(stat = "identity", fill = "gray", colour = "black", width = 0.50) +
geom_errorbar(aes(ymin = promedio - de, ymax = promedio + de), width = 0.25) +
geom_text(aes(y = promedio + de, label = grupo), vjust = -0.5) +
geom_text(aes(y = 0, label = round(promedio, 2)), vjust = -0.5) +
labs(x = "Tratamientos", y = "Altura de planta (cm)") +

```

```

theme_classic()

#Grafica interaccion
#Comparacion de medias
tukey_e <- HSD.test(y=Corte.1,
trt=Micro:Fert,
DFerror=anova$df.residual,
MSerror=deviance(anova)/anova$df.residual,
group=TRUE,
console=TRUE)
tukey_e$groups

#Resumir los datos
install.packages("tidyverse")
library(tidyverse)
resumen <- dbca %>% group_by(interaction(Micro,Fert)) %>%
summarise(promedio=mean(Corte.1),de=sd(Corte.1),r=length(Corte.1)) %>%
arrange(desc(promedio))

#Pasar las letras de agrupacion Tukey (0.05)
resumen$grupo <- tukey_e$groups$groups

#Elaborar la grafica de barras
library(ggplot2)

# Reordenar el factor 'Trat' según el promedio de mayor a menor
resumen$`interaction(Micro, Fert)` <- factor(resumen$`interaction(Micro, Fert)`
, levels = resumen$`interaction(Micro, Fert)`
[order(-resumen$promedio)])

ggplot(resumen, aes(x = `interaction(Micro, Fert)`, y = promedio)) +
geom_bar(stat = "identity", fill = "gray", colour = "black", width = 0.50) +
geom_errorbar(aes(ymin = promedio - de, ymax = promedio + de), width = 0.25) +

```

```
geom_text(aes(y = promedio + de, label = grupo), vjust = -0.5) +  
geom_text(aes(y = 0, label = round(promedio, 2)), vjust = -0.5) +  
labs(x = "Tratamientos", y = "Altura de planta (cm)") +  
theme_classic()
```