



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS AMBIENTALES Y VETERINARIA**

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

**“ESTIMACIÓN DEL PUNTO ÓPTIMO DE CORTE EN EL CULTIVO  
DE RAY GRASS HÍBRIDO (*Lolium hybridum* H.) EN EL CANTÓN IBARRA”**

**MICHAEL ALEXANDER ESPINOSA FARINANGO**

**TUTOR: MARITZA DE LOS ANGELES MIER QUIROZ, MSc.**

**IBARRA – ECUADOR**

**FEBRERO, 2025**

Ibarra, 26 de febrero de 2025

Magister

Moraima Mera

**DIRECTORA DE LA ESCUELA ECAA**

De mi consideración:

Mediante el presente, tengo a bien certificar que el **trabajo de titulación / (integración curricular)** del estudiante: **MICHAEL ALEXANDER ESPINOSA FARINANGO** con el tema: **“ESTIMACIÓN DEL PUNTO ÓPTIMO DE CORTE EN EL CULTIVO DE RAY GRASS HÍBRIDO (LOLIUM HIBRIDUM H.) EN EL CANTÓN IBARRA.**

Una vez analizado por la herramienta de detección de coincidencias y prevención del plagio académico utilizada por la institución, **TURNITIN**, obtiene el **6%** de coincidencia.

Por lo que se encuentra en el rango establecido de acuerdo a los criterios de valoración del porcentaje de similitud establecidos por la PUCE.

Captura:

TESIS ESPINOSA MICHAEL		
PORCENTAJE DE COINCIDENCIA		
6%	5%	2%
ÍNDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES
		TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PROBLEMA		
1	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	1%
2	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	<1%
3	dash.harvard.edu Fuente de Internet	<1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1%
6	revistas.uned.ac.cr Fuente de Internet	<1%
7	ojs.alpa.uy Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1%
9	opendata.uni-halle.de Fuente de Internet	<1%
10	scholarworks.uvm.edu Fuente de Internet	<1%
11	www.actauniversitaria.ugto.mx Fuente de Internet	<1%

MSc. Maritza Mier Quiroz

C.I.1002878286

FECHA:26-02-2025


## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:

(f):  .....

MSc. Maritza De los Ángeles Mier Quiroz

C.C.: 1002878286

  
(f): .....

MSc. Luis Humberto Haro Bedón

C.C.: 1002739389

  
(f): .....

PhD. Edmundo Rene Recalde Posso

C.C.: 1001774494

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, *MICHAEL ALEXANDER ESPINOSA FARINANGO*, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 26 de febrero de 2025

(f):  \_\_\_\_\_

*MICHAEL ALEXANDER ESPINOSA FARINANGO*

C.C.: 1720175460

## AUTORIA

Yo, *MICHAEL ALEXANDER ESPINOSA FARINANGO*, portador de la cédula de ciudadanía N° 1720175460 declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



(f):.....

*MICHAEL ALEXANDER ESPINOSA FARINANGO*

C.C.: 1720175460

## DEDICATORIA

A Dios, quien ha sido mi mayor guía y fuente de fortaleza durante todo este camino. Te agradezco por darme la sabiduría para enfrentar los desafíos, la paciencia para seguir adelante y la fe para no rendirme. Sin tu presencia y bendición constante, este logro no habría sido posible.

A mis padres, Laura y Segundo, a quienes debo todo lo que soy. Su amor incondicional, sacrificio y apoyo han sido mi mayor fuente de inspiración. Gracias por cada sacrificio, por cada palabra de aliento y por siempre estar a mi lado, incluso en los momentos más difíciles. Ustedes son el pilar sobre el que se ha construido mi vida y este logro es tanto mío como suyo. Este título es el reflejo de todo lo que me han enseñado: perseverancia, dedicación, humildad y amor.

A mis hermanos, Kleber y Mayra, con quienes he compartido momentos de risas, aprendizajes y superación. Gracias por su cariño, por su apoyo incondicional y por ser mi refugio en tiempos de incertidumbre. La distancia nunca ha sido un obstáculo para el vínculo tan especial que compartimos, y el tenerlos en mi vida ha sido una de mis mayores bendiciones. Este logro también es suyo, pues siempre me han acompañado con su entusiasmo y confianza.

Y a mis amigos, quienes han sido mi otro hogar durante estos años. Gracias por las risas, los consejos, el ánimo y por hacer de los momentos difíciles algo más llevadero. Cada uno de ustedes ha jugado un papel fundamental en mi vida, brindándome apoyo emocional, distracciones cuando más lo necesitaba y, sobre todo, el recordarme siempre que, aunque el camino sea arduo, nunca estoy solo. Los valoro profundamente y este éxito también es en honor a la amistad que compartimos.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este proceso y que, con su apoyo y amor, han hecho posible la culminación de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a Dios, mi guía en cada paso de este camino. Gracias por darme la fortaleza para superar cada obstáculo, por brindarme sabiduría en los momentos de incertidumbre y por iluminar mi mente en los momentos de duda.

A mis padres, Laura y Segundo, quienes han sido el pilar de mi vida. Por ser mis primeros maestros y por siempre creer en mí. Sus sacrificios, enseñanzas y ejemplo de esfuerzo han sido fundamentales para que hoy pueda estar aquí, logrando esta meta tan importante. Ustedes son la razón de mi perseverancia, y esta tesis está dedicada a su amor y dedicación.

A mis hermanos, Kleber y Mayra, gracias por su cariño y por estar siempre a mi lado, tanto en los buenos como en los momentos difíciles. Su apoyo ha sido un faro de luz en los momentos más oscuros, y siempre me han recordado que no estoy solo.

Al Ing. Hernán Tierras quien me brindó su conocimiento y apoyo como persona en quien vida fue agradezco por haberle conocido y compartir momentos alegres.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iv
AUTORIA	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	4
OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
2.3. Hipótesis	4
CAPITULO III	5
ESTADO DEL ARTE	5
3.1. El proceso de producción de pasturas en el Ecuador	5
3.2. Ganadería en Imbabura	5
3.3. Relevancia de las pasturas	6
3.4. Familias de plantas forrajeras más importantes	6
3.5. Gramíneas forrajeras	6
3.6. Pasturas C3 y C4	7
3.7. Poliploidía	8
	<b>8</b>

3.8. Ray grass	8
3.8.1. Ray grass híbrido ( <i>Lolium hybridum</i> H.)	8
3.8.2. Requerimientos edafoclimáticos	9
3.8.3 Comportamiento productivo relacionado al número de hojas	9
3.8.4. Comportamiento productivo relacionado a las horas de corte	10
3.8.5. Valor nutritivo	10
3.9. Carbohidratos en las pasturas	11
3.9.1. Carbohidratos no estructurales	11
3.9.2. °Brix	13
3.10. Fibra en las pasturas	14
3.11. Factor temperatura	15
3.12. Factor radiación solar	15
CAPITULO IV	16
MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1. Materiales	16
4.1.1 Materiales de campo	16
4.1.2. Equipos	16
4.1.3. Reactivos	16
4.2. Métodos	17
4.2.1. Localización del área de estudio	17
4.3. Variables independientes	18
4.4. Variables dependientes	18
4.5. Diseño experimental	18
4.6. Análisis funcional	19
4.7. Unidades experimentales	20
4.8. Variables de estudio	20

4.8.1. Sólidos solubles (°Brix)	20
4.8.2. Fibra bruta	20
4.8.3. Materia seca	20
4.9. Manejo específico del experimento	21
4.9.1. Delimitación de las parcelas	21
4.9.2. Fertilización	21
4.9.3. Corte de igualación	21
4.9.4. Control de malezas	21
4.9.5. Riego	21
4.9.6. Toma de muestras	21
4.9.7. Número de hojas	22
4.9.8. Horario de corte	22
CAPITULO V	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianza	23
5.2. Análisis de varianza de la variable de materia seca al primer corte	24
5.3. Análisis de varianza de la variable de fibra bruta al primer corte	26
5.4. Análisis de varianza de la variable de sólidos solubles al primer corte	27
5.5. Análisis de varianza para la variable de materia seca al segundo corte	30
5.6. Análisis de varianza para la variable de fibra bruta al segundo corte	32
5.7. Análisis de varianza de la variable de sólidos solubles al segundo corte	34
CAPITULO VI	39
CONCLUSIONES	39
CAPITULO VII	40
RECOMENDACIONES	40
CAPITULO VIII	41

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del ray grass	24
Tabla 2. Condiciones meteorológicas	31
Tabla 3. Descripción de los tratamientos	32
Tabla 4. Esquema de análisis de varianza	33
Tabla 5. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianza	37
Tabla 6. Materia seca (%) al primer corte	38
Tabla 7. Fibra bruta (%) al primer corte	39
Tabla 8. Sólidos solubles (°Bx) al primer corte	41
Tabla 9. Materia seca (%) al segundo corte	43
Tabla 10. Fibra bruta (%) al segundo corte	45
Tabla 11. Sólidos solubles (°Bx) al segundo corte	46
Tabla 12. Comparación de promedios general de las variables en estudio	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	32
Figura 2. Prueba de comparación de promedios de Tukey al 5% para la materia seca al primer corte	39
Figura 3. Prueba de comparación múltiple de promedios Tukey al 5% para la variable fibra bruta con el factor A al primer corte	41
Figura 4. Prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey al 5% para la variable sólidos solubles con el factor B al primer corte	42
Figura 5. Prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey al 5% para la variable sólidos solubles con el factor A al primer corte	43
Figura 6. Prueba de comparación de promedios de Tukey al 5% de materia seca para el segundo corte con el factor A.	45
Figura 7. Prueba de comparación de promedios de Tukey al 5% de fibra bruta para el segundo corte con el factor A.	47
Figura 8. Prueba de comparación múltiple de promedios Tukey al 5% para la variable sólidos solubles con el factor B al segundo corte	49
Figura 9. Prueba de comparación de promedios de Tukey al 5% para los sólidos solubles seca con el factor A al segundo corte	50
Figura 10. Comparación general de promedios para las variables en estudio	51

## RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue determinar el punto óptimo de corte en el cultivo de ray grass híbrido (*Lolium hybridum H.*), evaluando la correlación entre el número de hojas y la hora de corte con indicadores de calidad como la concentración de sólidos solubles, el contenido de fibra bruta y la materia seca. El diseño experimental fue un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial de dos factores: el número de hojas (2,5 y 3 hojas) y la hora de corte (8:00, 10:00, 12:00 y 14:00). Se observó que el contenido de fibra bruta aumentó tanto en el primero como el segundo corte con 3 hojas (24,64% y 22%) en comparación con las 2,5 hojas (22,58% y 18,13%) a medida que el número de hojas creció, destacándose un mayor valor en el estado de 3 hojas. Este aumento en la fibra bruta podría influir en la digestibilidad del forraje, dependiendo del objetivo productivo. Asimismo, la materia seca mostró una tendencia creciente obteniendo un promedio de 22,7% y 28,22%, con un mayor desarrollo foliar, lo que sugiere que la acumulación de biomasa aumenta conforme el ray grass madura, favoreciendo su acumulación. En cuanto a los grados Brix, que indican la concentración de sólidos solubles, fueron mayores a las 14:00, tanto para el primero como segundo corte (14,47% y 14,33%), lo cual se asocia con la calidad energética del forraje. Los resultados obtenidos permiten recomendar el corte del ray grass híbrido a las 14:00 horas y con 3 hojas para optimizar la calidad del forraje en función de la digestibilidad, la acumulación de biomasa y la calidad energética. Estos hallazgos ofrecen una base científica para mejorar las prácticas de manejo en la producción de ryegrass en el cantón de Ibarra, contribuyendo a la optimización de la alimentación animal.

**Palabras clave:** Calidad forrajera, Fibra bruta, Materia seca, Punto óptimo de corte, Sólidos solubles.

## ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the optimal cutting point in hybrid ryegrass (*Lolium hybridum*) cultivation by evaluating the correlation between leaf number and cutting time with quality indicators such as soluble solids concentration, crude fiber content, and dry matter. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD) with a factorial arrangement of two factors: leaf number (2.5 and 3 leaves) and cutting time (8:00, 10:00, 12:00, and 14:00). It was observed that crude fiber content increased in both the first and second cuts at the 3-leaf stage (24.64% and 22%) compared to the 2.5-leaf stage (22.58% and 18.13%) as the number of leaves increased, with higher values at the 3-leaf stage. This increase in crude fiber could influence forage digestibility, depending on the production objective. Likewise, dry matter showed an increasing trend, averaging 22.7% and 28.22%, with greater leaf development, suggesting that biomass accumulation increases as ryegrass matures, favoring its storage. Regarding Brix degrees, which indicate soluble solids concentration, higher values were recorded at 14:00 in both the first and second cuts (14.47% and 14.33%), which is associated with the forage's energy quality. The results obtained suggest that cutting hybrid ryegrass at 14:00 and at the 3-leaf stage optimizes forage quality in terms of digestibility, biomass accumulation, and energy quality. These findings provide a scientific basis for improving management practices in ryegrass production in the canton of Ibarra, contributing to the optimization of animal feeding.

**Keywords:** Forage quality, Crude fiber, Dry matter, Optimal cutting point, Soluble solids

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La industria ganadera juega un papel crucial en el progreso social y económico de la nación, debido a su aportación al producto interno bruto con aproximadamente un 8,20% y su generación de puestos de trabajo e ingresos a los productores del país (Castro et al., 2020).

En el Ecuador, la ganadería se basa principalmente en el pastoreo, las pasturas representan el alimento más económico y accesible que proporcionan la mayoría de los nutrientes requeridos para una producción eficiente dentro del hato. Por lo tanto, cualquier avance en el manejo de las pasturas impactará directamente en los beneficios de la producción de leche o el crecimiento del ganado (Islas et al., 2021).

A pesar de ser un sector relevante en cuanto a su aportación de proteínas provenientes de la carne y la leche, uno de los principales obstáculos dentro de la industria ganadera basada en forrajes es el deficiente manejo de las praderas al momento del corte, la influencia de este está rigurosamente determinado por elementos como la especie forrajera establecida, el residuo, la condición fenológica del cultivo, las condiciones climáticas entre otras (Sierra, 2015). Un excelente manejo de los pastos asegura obtener un pasto de calidad donde el valor nutricional es capaz de cubrir con las necesidades nutricionales del ganado y reduciendo notablemente los gases de efecto invernadero provocado por los desbalances principalmente entre proteína y fibra (Orjales et al., 2019).

Es fundamental establecer parámetros productivos, como el momento óptimo de corte, cuando la producción de pastos alcanza una digestibilidad de entre el 60% y el 70%. Además es necesario considerar los principales componentes nutritivos como los sólidos solubles que representan entre el 10% y 15% de los carbohidratos totales (Manrique y Carulla, 2020). Asimismo, se debe reconocer a la fibra como un indicador de calidad forrajera, garantizando que no supere el 30% en el cultivo de ray grass (Castro, 2018).

Desde el año de 1990 se han modificado varias especies de pasturas con el objetivo de maximizar el valor nutricional donde estos han logrado avances con respecto a los sólidos solubles, alcanzando aumentos del 17% en relación a las variedades tradicionales. Este

incremento en el porcentaje de sólidos solubles promueve una mayor ingesta de materia verde lo que conlleva a obtener una rápida fermentación ruminal lo que posibilita a los microorganismos poder metabolizar de manera más eficiente los nutrientes (García, 2015).

Es esencial establecer criterios adecuados para el manejo de las praderas, considerando aspectos como la frecuencia de corte que debe ajustarse al rebrote del pasto y al tiempo de descanso ya que, si dejamos estos aspectos de lado, el corte del forraje se verá afectado por la madurez provocando un aumento en la fibra y por ende una disminución de la digestibilidad del mismo (León et al., 2018).

Una de las alternativas más eficaces y simples que existen para estimar el valor nutritivo, y el tiempo adecuado en que se debe cortar la pastura es el análisis de sólidos solubles que es representada por los °Brix que a su vez se traduce como un gramo de sacarosa por 100 gramos de solución acuosa. El porcentaje de sólidos solubles es una medida que define la cantidad exacta de azúcares que existe en una planta o solución, por tanto, se traduce como la energía suministrada al ganado por acción de los carbohidratos y proteínas (Gualavisí, 2014).

Una correcta relación entre la estimación nutricional del forraje establecida por el análisis de sólidos solubles, el número de hojas donde se ve inmerso la digestibilidad y la hora de corte, representa al ganadero un parámetro sencillo de establecer que garantiza un manejo eficiente de las pasturas el momento de la cosecha o pastoreo.

Según Martínez (2014) donde evalúa a la edad 45 y 60 días y hora del corte 8:00, 10:00, 12:00 y 14:00 del pasto guinea se reportan que la concentración de sólidos que varía conforme avanza la edad de rebrote, siendo mayor el contenido a los 60 días con 21,98%.

También en la investigación de Guaranga (2019), se realizó la evaluación de la concentración de carbohidratos solubles en el cultivo de alfalfa morada a la edad de 45 y 60 días, a las 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, y 18:00. Los resultados reportaron que la mayor concentración de carbohidratos solubles se obtuvo a los 60 días de edad con 17,46 grados Brix, asociado con la hora de corte óptima que fue a las 12:00.

Según el estudio de Godoy (2022), el momento óptimo de corte de una mezcla forrajera de ray grass perenne y trébol blanco es durante la mañana entre 8:00 y 10:00 horas por

las variaciones en la concentración de grados brix que se obtuvo como mayores porcentajes de 35,55% y 33,68% respectivamente.

## CAPITULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1. Objetivo general

Determinar el punto óptimo de corte del cultivo de ray grass híbrido (*Lolium hybridum* H.) a través del número de hojas en correlación a la concentración de sólidos solubles (grados brix), contenido de fibra bruta (FB) y materia seca (MS), para un mejor aprovechamiento de la pastura.

#### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la hora /tiempo de corte en el cultivo de ray grass híbrido (*Lolium hybridum* H.), sobre la concentración de grados brix.
- Determinar la mayor concentración de azúcares solubles, en correlación con el contenido de MS, FB y el número de hojas de ray grass híbrido (*Lolium hybridum* H.).

#### 2.3. Hipótesis

**(H<sub>0</sub>):** No existen diferencias significativas en la concentración de sólidos solubles y el contenido de fibra bruta en el cultivo del ray grass híbrido (*Lolium hidridum* H.) a través del número de hojas y el tiempo de corte.

**(H<sub>a</sub>):** Existen diferencias significativas en la concentración de sólidos solubles y el contenido de fibra bruta en el cultivo del ray grass híbrido (*Lolium hidridum* H.) a través del número de hojas y el tiempo de corte.

## **CAPITULO III**

### **ESTADO DEL ARTE**

#### **3.1. El proceso de producción de pasturas en el Ecuador**

En el Ecuador, la producción ganadera se sustenta en el pastoreo. Los forrajes además de ser el alimento más económico para el animal, proporcionan todos los nutrientes esenciales para un rendimiento óptimo de los animales (Delgado et al., 2023). Los avances en el manejo del pasto han sido fundamentales para optimizar la tecnología de la producción de forrajes, lo que ha llevado a obtener mejores rendimientos en la producción de leche y carne (López, 2017).

Por otro lado, los animales desarrollados en el campo son más sanos. Los grados de rendimiento del pasto y de la ganadería en los países desarrollados son elevados, estas comunidades han experimentado una evolución significativa adquirida a través de la evolución secuencial de las estaciones climáticas lo que establece límites de tiempo para llevar a cabo las actividades agropecuarias planificadas. De esta forma llegan a la estación invernal listos y no solo consiguen logran mantenerse, sino que lo hacen de forma exitosa (Freire, 2014).

La mayoría del territorio del Ecuador cuenta con condiciones ambientales propicias para la producción de pastos de calidad a lo largo del año, no hay inviernos duros como el Europa, ni sequías severas como África donde el clima impone la confinación del ganado (León, 2018). Por estas ventajas comparativas deberíamos convertirnos en excelentes productores y poder realizarlo con costos reducidos. La ganadería pastoril es más asequible que la estabulación (Bonifaz, 2022).

#### **3.2. Ganadería en Imbabura**

Imbabura es una provincia donde la explotación ganadera que se expande desde las zonas cálidas como Intag hasta zonas frías como Zuleta. La ganadería de Imbabura es una de las más importantes del país, lo cual se debe especialmente a su diversidad climática y a la producción de pastos de calidad que se adaptan de una mejor manera (Sangoluisa et al., 2019).

### **3.3. Relevancia de las pasturas**

Teniendo en cuenta la diversidad de las condiciones en las que se desarrolla la ganadería a nivel mundial, surge la necesidad de contar con una extensa variedad de especies forrajeras, que permita una adecuada conversión de los recursos utilizados y una prolongada utilidad de los mismos, compensando el costo de la inversión en la siembra y el mantenimiento (Gamboa, 2017).

El ray grass híbrido es una opción asequible en las zonas de clima frío por su alta adaptabilidad, resistencia a plagas y habilidad para almacenar nutrientes de calidad que cubren con los requerimientos nutricionales del ganado dentro del hato (Martínez, 2017).

### **3.4. Familias de plantas forrajeras más importantes**

El origen y la distribución de los recursos forrajeros pueden clasificarse en dos clases principales. Una que abarca los pastizales compuestos por especies forrajeras nativas o naturalizadas, que son, especies que han evolucionado junto con el entorno, o que han sido introducidas, adaptándose y perdurando con gran éxito (Alvarado, 2015)

Debido a sus características estas pasturas se forman de manera natural sin la intervención de los seres humanos. La siguiente clase se refiere a los forrajes que son cultivados por el agricultor, con el respaldo de estándares tecnológicos claramente definidos para tal fin (Arellano, 2022).

Desde una perspectiva sistemática, las pasturas que generan alimento esencial y relevante para el sector agropecuario pertenecen a dos amplias familias, las gramíneas y leguminosas. En términos generales se podría afirmar que las especies de gramíneas predominan en las praderas naturales y en las cultivadas, las leguminosas. Por otra parte, las cualidades morfológicas de las especies de pasturas están estrechamente relacionadas con la calidad nutritiva de la planta (Escobar, 2019).

### **3.5. Gramíneas forrajeras**

Las gramíneas pertenecen a la familia de plantas herbáceas que incluyen más de 820 géneros y alrededor de 12.100 especies. Estas plantas representan aproximadamente el 20% de la cobertura vegetal a nivel global (Calistro, 2015). Una porción significativa de la alimentación humana y animal se basa en las gramíneas, ya sea de forma directa a través de cereales y sus productos derivados o indirectamente mediante el consumo de

carne, leche y huevos provenientes de los animales cuya dieta se basa mayoritariamente de pastos y granos (Portillo et al., 2019).

Los pastos son un grupo de plantas conformadas mayoritariamente por gramíneas y leguminosas, son utilizadas para la alimentación de animales herbívoros especialmente del ganado (Vásquez et al., 2017). Los pastos son fundamentales en la ganadería, ya que proporcionan una fuente natural de nutrición permitiendo que el ganado cumpla con su requerimiento nutricional (Viñas et al., 2021). Las especies forrajeras pueden clasificarse en naturales y cultivadas. Los naturales son aquellos que crecen espontáneamente en un ecosistema, mientras que los cultivados son sembrados y manejados por humanos para optimizar su producción (Blanco y Saldanha, 2022). Dentro de la clasificación también se puede diferenciar las especies forrajeras por su tipo de mecanismo fotosintético como son las pasturas C3 y C4 (Mojica et al., 2017).

La calidad del pasto es importante para maximizar el rendimiento ganadero, mejorar la salud del animal y contribuir a prácticas agrícolas sostenibles (Tapia et al., 2019).

### **3.6. Pasturas C3 y C4**

Las especies forrajeras C3 y C4 son dos tipos de plantas que utilizan diferentes rutas metabólicas para la fotosíntesis, adaptándose a diversas condiciones ambientales (Gualavisí, 2014). Las plantas C3 que representan aproximadamente el 89% de las plantas vasculares, fijan el dióxido de carbono formando azúcares de tres carbonos (Molina, 2021). Por el contrario, las plantas C4 han desarrollado un mecanismo que les permite fijar el dióxido de carbono de manera más eficiente, formando azúcares de cuatro carbonos y siendo más eficientes en el aprovechamiento del agua tanto como en su desarrollo (Chicahuala et al., 2018).

Las diferencias entre plantas C3 y C4 reflejan adaptaciones evolutivas a sus respectivos ambientes. Mientras que las plantas C3 son más comunes en climas templados y húmedos, las plantas C4 han desarrollado mecanismos eficientes para desarrollarse en ambientes cálidos y áridos (Tapia et al., 2019). Esta diversidad metabólica tiene una importancia para agricultura, ya que la elección de cultivos puede influir en la productividad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos (Almeraya y Sánchez, 2015).

Dentro de las especies de pasturas con estos mecanismos se caracterizan las siguientes: (*Lolium perenne* L., *Medicago sativa*, *Lolium multiflorum* L., *Lolium hybridum* H., *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea*, *Avena sativa*, *Paspalum plicatulum* y *Sorghum sudanense*) (Vicente et al., 2018).

### **3.7. Poliploidía**

La poliploidía hace mención al número de pares de cromosomas que conforman la genética de las diferentes especies vegetales alrededor del mundo. Este aumento en el número de cromosomas puede resultar de la duplicación del genoma de una misma especie o de la hibridación entre diferentes especies (Vásquez, 2014). Las plantas son particularmente propensas a la poliploidía con aproximadamente el 40% de las especies de plantas con flores siendo poliploides, lo que les confiere ventajas evolutivas como mayor tamaño, resistencia a enfermedades y adaptabilidad a diversos ambientes (Castillo, 2018).

En la naturaleza de las plantas forrajeras se pueden identificar como diploides las que poseen un par de cromosomas y las especies tetraploide que traen consigo dos pares de cromosomas (Zilli, 2017). Especies como el ray grass son de naturaleza diploide, sin embargo, en el proceso de mejoramiento genético se ha duplicado sus pares de cromosomas para que en la actualidad existan los ray grass tipo anual, perenne e híbrido cada uno con sus respectivas características (Umbriago, 2021).

### **3.8. Ray grass**

El ray grass, es el nombre común de un conjunto de plantas que forman parte de la familia de las gramíneas y el género (*Lolium*). Desde la perspectiva de las especies forrajeras, es importante resaltar tres tipos de especies que conforman esta especie (Puebla, 2021).

El ray grass inglés (*Lolium perenne* L.), el ray grass italiano (*Lolium multiflorum* L.) y el ray grass híbrido (*Lolium hybridum* H.) que es el mejoramiento genético de ambas especies (Godoy, 2022).

#### **3.8.1. Ray grass híbrido (*Lolium hybridum* H.)**

Es una gramínea forrajera de alta calidad nutricional, resultado de la hibridación entre el ray grass inglés y el italiano, que se adapta bien a climas fríos y húmedos (Espinoza, 2018). Su contenido proteico varía entre 11% y el 16%, con una digestibilidad del 65% y

70%, lo que lo convierte en una excelente opción para la alimentación del ganado (Navarro y Villalobos, 2021). Además, presenta un bajo contenido de fibra cruda alrededor del 27%, lo que mejora su digestibilidad (López et al., 2021). Para maximizar su rendimiento se recomienda una densidad de siembra de 75 a 100 lb ha<sup>-1</sup> y cortes o pastoreo cada 28 a 30 días. En conjunto estas características hacen que el ray grass híbrido sea una opción estratégica y adecuada para mejorar la productividad ganadera (Castro et al., 2019).

### **3.8.2. Requerimientos edafoclimáticos**

El ray grass híbrido es una especie altamente valorada en la producción de forrajes debido a su adaptabilidad y calidad nutricional (Espinoza, 2018). Este tipo de pasto se adapta a diversas altitudes, lo que lo hace versátil en diferentes regiones del planeta. Por ejemplo, variedades como el ray grass boxer son adecuados para altitudes entre 3.600 y 4.000 m.s.n.m., en cuanto a requerimiento del suelo, el ray grass híbrido prospera en suelos francos y franco-arcillosos con un buen drenaje (Navarro y Villalobos, 2021). Es un cultivo exigente en términos de fertilidad del suelo, por lo tanto, suelos con media o baja fertilidad pueden no ser ideales para su crecimiento (Posada et al., 2013). En relación al pH del suelo el rango óptimo se sitúa entre 5 y 8, siendo preferible un pH cercano a la neutralidad. Esto asegura que el pasto pueda extraer adecuadamente los nutrientes necesarios para su desarrollo (López et al., 2021)

El requerimiento hídrico del ray grass híbrido es considerable, necesita alrededor de 80 y 100 mm de agua por mes para mantener un crecimiento saludable (Reyes, 2022).

En términos de características agronómicas se recomienda una densidad de siembra de entre 100 y 120 lb ha<sup>-1</sup> para obtener una producción duradera y de calidad. (Cortes, 2023). Dependiendo de las condiciones del cultivo y el manejo agronómico aplicado al cultivo de ray grass híbrido este puede producir entre 22 y 30 t ha<sup>-1</sup> por cosecha. Su calidad nutricional es notable y puede cumplir con los requerimientos de la ganadería sin ningún problema (Riera, 2011).

### **3.8.2 Comportamiento productivo relacionado al número de hojas**

Las hojas señalan el crecimiento de las plantas, conforme el periodo de madurez progresa, se generan nuevas hojas y la calidad nutritiva del pasto se mantiene equilibrada, aunque

esto tiene un límite (Avellaneda et al., 2020). En especies como el ray grass, al surgir la cuarta hoja, la hoja inicial, que es la más antigua, empieza a desvanecerse. La hoja muerta no se utiliza por los animales ni será utilizada para la producción. Por ello para que la pradera pueda recuperar los niveles de reservas que faciliten su rebrote tras ser defoliada, es imprescindible una correcta gestión de la pastura en términos de determinar los momentos idóneos de corte o pastoreo (Muñoz, 2020)

Iniciar un pastoreo mayor a 3 hojas es demasiado tarde ya que la pradera ha comenzado con el proceso de senescencia y a perder calidad. El momento óptimo de pastoreo o corte en el ryegrass es cuando este haya alcanzado las 2,5 hojas o como máximo las 3 hoja (Díaz, 2021).

### **3.8.3. Comportamiento productivo relacionado a las horas de corte**

El comportamiento productivo del ray grass y otras pasturas está estrechamente relacionado con el horario de corte. El estudio de Jácome (2015), muestra que la hora de corte influye significativamente en la calidad de pasto producido, en el análisis, se ha observado que el corte a intervalos de 30 a 35 días puede maximizar la productividad y el contenido nutricional del forraje, siendo el corte más temprano generalmente más beneficioso en términos de calidad, con mayores niveles de proteína (22%) y menor fibra (25%) (Guerra, 2016).

El estudio de Mayda (2017), menciona que para maximizar el rendimiento y la calidad del ryegrass y otras pasturas, es recomendable realizar cortes a intervalos estratégicos como cada 30 días en ray grass y por horas de la tarde desde las 14:00 hasta las 18:00 y considerar factores como la edad del forraje y las condiciones climáticas.

### **3.8.4. Valor nutritivo**

El valor nutritivo se ve afectado principalmente por el manejo de las pasturas, el cual también es influenciado por las condiciones ambientales y la temporada. En términos generales se puede afirmar que el ryegrass posee porcentajes adecuados de nutrientes para satisfacer las necesidades de un hato de calidad.(Calsamiglia et al., 2016)

El valor relativo se asocia al índice para evaluar la calidad nutricional de los forrajes, especialmente en el contexto de la alimentación de rumiantes (Bezada et al., 2017).

**Tabla 1.***Composición química del ray grass híbrido*

<b>Valor relativo</b>	<b>Humedad</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Proteína</b>	<b>Energía</b>	<b>Fibra</b>	<b>FND</b>	<b>FDA</b>
<b>Excelente</b>	76,2	12,4	19,7	3,99	19,1	40,5	22,6
<b>Primera</b>	76,7	12,8	14,4	3,23	23,3	46,0	27,8
<b>Segunda</b>	73,9	13,2	12,0	2,56	26,6	52,1	31,3
<b>Tercera</b>	70,3	12,4	10,4	2,29	30,4	59,3	35,3
<b>Cuarta</b>	69,2	14,4	8,00	2,33	32,3	65,2	38,0

*FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente ácida**Nota.* Adaptado de Calsamiglia et al. (2016).

### **3.9. Carbohidratos en las pasturas**

Los carbohidratos representan más del 75% de la materia seca de los forrajes y son esenciales ya que proporcionan energía a los rumiantes (Pérez et al., 2020). Se dividen en dos categorías principales: carbohidratos no estructurales, que incluyen azúcares y almidones, estos se almacenan en los órganos vegetativos y sirven como una fuente rápida de energía, por último, están los carbohidratos estructurales que forman parte de la estructura celular de las plantas (celulosa y hemicelulosa) (Urquiza, 2020).

#### **3.9.1. Carbohidratos no estructurales**

Los carbohidratos estructurales en las pasturas, especialmente en el ray grass, son componentes clave que contribuyen a la calidad nutricional del forraje (Dolores et al., 2020). Estos carbohidratos incluyen azúcares simples y compuestos que son fácilmente digeribles por los rumiantes (Fondevila, 2015). En general, los carbohidratos no estructurales representan entre el 7% y el 25% de la materia seca de un forraje, con niveles que tienden a ser más altos durante el verano, alcanzando frecuentemente más del 18%-20% de la materia seca en condiciones óptimas (Gaviria et al., 2015).

La acumulación de carbohidratos no estructurales en las plantas sigue patrones estacionales y puede verse afectada por factores ambientales (Jaurena et al., 2023). Durante periodos de crecimiento activo los niveles de carbohidratos no estructurales tienden a ser bajos ya que la planta utiliza estas reservas para formar nuevos tejidos (López y Briceño, 2017). En contraste en condiciones de estrés o después del corte o pastoreo los niveles pueden aumentar a medida que la planta almacena energía para su recuperación (Hernández et al., 2020). La luz solar también juega un papel crucial ya que las plantas que reciben más luz tienden a acumular mayores cantidades de carbohidratos no estructurales. Además, las temperaturas frías pueden favorecer la acumulación de estos carbohidratos (Cohecha y Moreno, 2022).

Los carbohidratos no estructurales son fundamentales para el bienestar y productividad del ganado (Guaranga, 2019). Son la principal fuente de energía rápida y son fácilmente fermentables en el rumen lo que contribuye a la producción de ácidos grasos volátiles esenciales para el metabolismo ruminal del animal (López et al., 2021). Un equilibrio adecuado entre los carbohidratos y otros nutrientes en la dieta es crucial para maximizar el rendimiento animal (Mejía, 2022).

### **3.9.2. Sólidos solubles**

Los sólidos solubles en las pasturas son un indicador crucial de la calidad nutricional de los forrajes, ya que reflejan la concentración de azúcares y otros compuestos solubles en la savia de las plantas (Cardona et al., 2020). Estos sólidos solubles medidos en °Bx son importantes porque están relacionados con el contenido energético de los forrajes, lo que afecta la palatabilidad y digestibilidad del ganado (Luna et al., 2021)

La concentración de sólidos solubles puede variar significativamente según varios factores, incluyendo la especie de la planta, la edad del forraje y las condiciones ambientales (Villamil, 2018). En el estudio de Castro (2020), muestra que en especies como (*Tithonia diversifolia*) y (*Sambucus nigra*), así como en variedades de ray grass columbia y samson, los niveles de sólidos solubles pueden alcanzar hasta el 13,2% en el caso del ray grass. Generalmente se observa que los niveles más altos se registran en horas de la tarde, mientras que por la mañana suelen ser más bajos.

La edad de corte también influye en la concentración de sólidos solubles. En la investigación de Madera (2013), realizada en el trópico alto, se encontró que los forrajes cosechados a los 60 días presentaban variaciones en su contenido de sólidos solubles, con un máximo de 45 días. Esto sugiere que realizar cortes en momentos óptimos pueden maximizar el contenido energético del forraje (Godoy, 2022).

Además, la fotosíntesis juega un papel fundamental en la acumulación de estos sólidos. Durante las horas de mayor luz, las plantas producen más azúcares, lo que aumenta la concentración de sólidos solubles. Por lo tanto, un manejo adecuado que considere el horario de corte y las condiciones climáticas puede mejorar significativamente la calidad de las pasturas (Pazmiño, 2017).

### **3.9.3. °Brix**

Los °Brix son una medida que indica la concentración de sólidos solubles, principalmente azúcares disueltos en una solución acuosa, la escala brix representa a un gramo de sacarosa disuelta en 100 gramos de solución (Collantes, 2021).

En el contexto de las pasturas los °Brix son importantes porque reflejan la calidad del forraje disponible para el ganado (Uribe et al., 2021). Un mayor contenido de azúcares en las plantas indica un pasto más nutritivo, lo que mejora el rendimiento de la ganadería. También las mediciones de °Brix pueden ser utilizados como un indicador de la madurez y el estado nutricional de las pasturas, ayudando a los ganaderos a decidir el momento óptimo para el corte o pastoreo del forraje (Martínez et al., 2024).

Un forraje con niveles altos de °Brix generalmente proporciona más energía al ganado, lo que puede resultar en un mejor desarrollo y producción láctea. Además, un contenido adecuado de azúcares puede favorecer la fermentación en el rumen, mejorando así la eficiencia alimenticia (Bonifaz et al., 2018).

Existen muchos factores que influyen en la variación del porcentaje de °Brix, principalmente la temperatura, la especie y el tiempo o la edad de corte (Acosta y Rojas, 2016). Por esta razón identificar el momento oportuno para el corte o pastoreo se convierte en una estrategia de manejo clave para optimizar no solo la concentración de azúcares, sino también de nutrientes fundamentales para el crecimiento ganadero (Urquiza, 2020).

Se evidencian estudios relacionados con el análisis de grados brix donde se puede corroborar el efecto del tiempo y edad corte o pastoreo, tal es del estudio de Maldonado (2021), donde evaluó la calidad nutricional del pasto azul donde los resultados obtenidos indicaron que la mayor concentración de azúcares solubles se alcanzó a los 60 días, con un valor de 13,15 °Brix asociado a la hora óptima de corte que fue a las 14:00. Este hallazgo sugiere que tanto con la mayor edad del pasto como a medida que avanza el día se incrementa la concentración de los azúcares solubles en el pasto azul.

En la investigación de Cardona et al. (2020), se analizó el rendimiento y la calidad nutricional de dos especies leñosas arbustivas forrajeras, así como de dos especies de ray grass perenne, las cuales fueron cosechadas en distintos horarios del día (7:30 a.m., 11:30 a.m. y 3:00 p.m.). Los resultados indicaron que, para todos los recursos forrajeros evaluados la concentración de sólidos solubles fue más baja a las 7:30 a.m. con un 2% en comparación con los horarios de 11:30 a.m. y 15:00 p.m. donde se registró una mayor concentración del 8,5%.

Estos aspectos se respaldan por el estudio de Godoy (2022), donde evaluó tres frecuencias de corte (28, 35, 42 días) sobre la concentración de carbohidratos solubles totales en una mezcla forrajera de ray grass perenne y trébol blanco, donde concluyó que el momento óptimo de aprovechamiento está intervalos de 28 a 35 días, logrando una producción de 2669,44 kg de materia seca y una concentración de carbohidratos solubles del 39,45%.

### **3.10. Fibra en las pasturas**

La fibra de los pastos desempeña un papel crucial en la alimentación del ganado, su inclusión en la dieta no solo mejora la salud digestiva, sino que también optimiza la producción de carne y leche (Herrera, 2022). La fibra es esencial para mantener un rumen saludable ya que facilita la masticación y estimula la producción de saliva, lo que ayuda a mantener un pH adecuado en el rumen (Zagaceta et al., 2017). Este equilibrio es fundamental para prevenir problemas digestivos como la acidosis ruminal, que puede surgir de dietas desequilibradas con bajo contenido de fibra. También un rumen equilibrado permite una fermentación eficiente de los forrajes, mejorando así la absorción de nutrientes (López et al., 2021).

Además, los pastos ricos en fibra contribuyen a una mejor digestión y conversión de alimentos. La fibra favorece la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), esenciales

para proporcionar energía al ganado y generar la producción de grasa en la leche (Villalobos y Jones, 2020).

### **3.11. Factor temperatura**

La temperatura influye significativamente en la concentración de °Brix de una pastura ya que afecta directamente la tasa de fotosíntesis, el proceso mediante el cual las plantas producen azúcares (Zaldumbide, 2020). A temperaturas óptimas la fotosíntesis se maximiza lo que puede resultar en un aumento de los °Brix. Sin embargo, temperaturas extremas ya sean demasiado altas o demasiado bajas, pueden reducir la eficiencia fotosintética y por ende la concentración de azúcares (Echeverri y Restrepo, 2018).

Además, la concentración de sólidos solubles varía a lo largo del día debido a cambios en la temperatura y la radiación solar (Santacruz y Rosero, 2024). Generalmente se observan niveles más altos de °Brix durante las horas más soleadas que es entre las 10:00 a.m. y 13:00 p.m., cuando la fotosíntesis es más activa. Esto lo corrobora el estudio realizado por Gallegos (2014), donde se evidenció un incremento del 50% en la concentración de carbohidratos solubles de 10:00 a 14:00 horas, también al estudiar las fluctuaciones diurnas en la composición química de la (*Festuca pratensis*.)

Por otro lado, en días nublados y lluviosos, la reducción de luz solar disminuye la fotosíntesis y resultar en menores porcentajes de °Brix (Apráez et al., 2019).

### **3.12. Factor radiación solar**

El manejo del pastoreo se ve afectado por la radiación solar, el cual es fundamental para la fotosíntesis.(Mendo, 2024). La eficiencia de este proceso depende de la cantidad de radiación activa que las plantas puedan interceptar (Castro, 2018).

La radiación solar es un factor determinante en la producción y calidad nutricional de las pasturas (Álvarez, 2022). Un manejo adecuado que considere la intensidad de la radiación y utiliza prácticas como sistemas silvopastoriles puede ayudar a maximizar los beneficios nutricionales del forraje y mejorar la sostenibilidad de las explotaciones ganaderas (Núñez et al., 2022).

## CAPITULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Materiales

##### 4.1.1 Materiales de campo

- Cuadrante de madera
- Mortero
- Gotero

##### 4.1.2. Equipos

- Refractómetro digital, marca KRUSS, modelo DR301
- Extractor de fibra, marca VELP SCIENTIFICA, modelo FIWE3
- Estufa, marca MEMMERT, modelo INB 500
- Plato calentador, marca MEMMERT
- Mufla, marca THERMO SCIENTIFIC
- Trituradora de laboratorio, marca RETSCH, modelo GM200

##### 4.1.3. Reactivos

- Hidróxido de potasio (KOH) al 1,25%
- Cetona
- Agua destilada
- 

#### 4.2. Métodos

##### 4.2.1. Localización del área de estudio

**Tabla 2.**

*Condiciones meteorológicas*

Parámetros	Valores promedio
Provincia	Imbabura

Cantón	Ibarra
Parroquia	Angochagua
Sector	La Rinconada
Temperatura media anual	16 °C
Latitud	0°14'48''N
Longitud	78°4'60''O
Precipitación	800 mm/año

---

*Nota.* Adaptado de Torres y Huaca, (2019).

### **Figura 1.**

*Localización del área de estudio*



#### **4.3. Variables independientes**

- Número de hojas (2,5 y 3)
- Horario de corte (8:00; 10:00; 12:00; 14:00)

#### **4.4. Variables dependientes**

- Sólidos solubles (°Brix)
- Fibra bruta
- Materia seca

#### 4.5. Diseño experimental

Para el trabajo de investigación se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial  $A \times B$ , el cual es adecuado para asegurar la aleatoriedad y minimizar los sesgos en los resultados. Este diseño se estructuró con ocho tratamientos diferentes y tres repeticiones por cada tratamiento, resultando en un total de 24 unidades experimentales. Se representa el factor A como el número de hojas (2,5 y 3) y el factor B como el horario de corte (8:00; 10:00; 12:00; 14:00).

**Tabla 3.**

*Descripción de los tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Interacción</b>	<b>Descripción</b>
T1	A1B1	8 a.m. a 2,5 hojas
T2	A1B2	10 a.m. a 2,5 hojas
T3	A2B1	12 p.m. a 2,5 hojas
T4	A2B2	14 p.m. a 2,5 hojas
T5	A3B1	8 a.m. a 3 hojas
T6	A3B2	10 a.m. a 3 hojas
T7	A4B1	12 p.m. a 3 hojas
T8	A4B2	14 p.m. a 3 hojas

#### 4.6. Análisis funcional

Para poder identificar las diferencias entre los tratamientos se estableció un análisis de varianza ANOVA como método principal. Inicialmente, se realizó una verificación de normalidad mediante la prueba de Shapiro- Wilks para confirmar que los datos sigan una distribución normal, lo cual es un supuesto fundamental para la validez del ANOVA.

Posteriormente para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de significancia del 5%. Esta prueba

permitió identificar cuál de los tratamientos presentaban diferencias significativas en las variables evaluadas, proporcionando una comprensión clara del momento óptimo de corte del ray grass híbrido.

**Tabla 4.**

*Esquema de análisis de varianza*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
<b>Total</b>	23
<b>Tratamientos</b>	7
<b>Factor A</b>	1
<b>Factor B</b>	3
<b>Interacción AxB</b>	3
<b>Error exp</b>	16

#### **4.7. Unidades experimentales**

Se establecieron 24 unidades experimentales cada una con un área de 32 m<sup>2</sup> con una separación de 1 m para los respectivos caminos, obteniendo un área total de 780 m<sup>2</sup>.

#### **4.8. Variables de estudio**

##### **4.8.1. Sólidos solubles (°Brix)**

Para la determinación de esta variable se usó la metodología de Gualavisí (2014), donde se menciona que para poder determinar los grados brix de una pastura se debe cortar la pastura cuando ya haya cumplido el ciclo de rebrote. Posteriormente se pesó y colocó 20

gramos de la muestra en el mortero de cerámica para después ser macerado y obtener el jugo o savia de la pastura. Con un gotero se añade dos gotas de la savia en el refractómetro para determinar los °Brix que posee la pastura a diferentes horarios del día.

#### **4.8.2. Fibra bruta**

Para la determinación del contenido de fibra se realizó mediante la metodología de Weende, el cual se lo considera como un análisis químico que interpreta la expresión nutricional del forraje en fracciones digeridas bajo hidróxido de potasio. El resultado de esta se le conoce como la porción indigerible de forraje que se conforma de la celulosa y lignina (De Gracia, 2015).

Cálculos:

$$\text{Fibra bruta (FB) (\%)} = ((\text{Peso fibra/Peso muestra})) \times 100$$

#### **4.8.3. Materia seca**

Esta variable se determinó mediante el proceso de deshidratación de forraje, que comprende la toma de muestra fresca con un determinado peso, a la cual se someterá a una temperatura de 110 °C en un horno de ventilación forzado, durante 24 horas continuas. Para después pesar nuevamente la muestra seca y obtener los resultados mediante la diferencia de peso (Moratta et al., 2021).

Cálculos:

$$\text{Materia seca (MS) (\%)} = (\text{Peso seco (PS)} - \text{Peso fresco (PF)}) \times 100$$

### **4.9. Manejo específico del experimento**

#### **4.9.1. Delimitación de las parcelas**

En un potrero ya establecido con ayuda de la cinta métrica, estacas, martillo y piola se procedió a delimitar cada unidad experimental. Iniciando con la división de las 24 unidades experimentales cada una de 32 m<sup>2</sup> respectivamente diferenciadas.

#### **4.9.2. Fertilización**

La fertilización se realizó después de cada corte en base al análisis de suelo descrito en el Anexo 1.

#### **4.9.3. Corte de igualación**

El corte de igualación se hizo después de 233 días desde la siembra con la ayuda de una moto guadaña previo al trabajo de investigación. Se dejó un residual de 5 cm para que el desarrollo sea más rápido y eficiente.

#### **4.9.4. Control de malezas**

El control de las malezas se realizó después de cada corte con ayuda de un herbicida sistémico que en su composición química está el 2,4 D-amina y picloram como ingredientes activos.

#### **4.9.5. Riego**

El riego se realizó acorde a la necesidad hídrica del cultivo y a la lámina de riego calculada en el Anexo 4.

#### **4.9.6. Toma de muestras**

Para la obtención de las muestras de materia seca y fibra bruta se realizó tres lanzamientos con el objetivo de cubrir toda el área de cada unidad experimental, para ello se utilizó un cuadrante de 0,5 m<sup>2</sup> haciendo énfasis en evitar el efecto de borde.

#### **4.9.7. Número de hojas**

Para el análisis de las variables para el factor edad de corte (2,5 y 3 hojas) donde el estudio de Gaón (2018), menciona la eficiencia productiva del ray grass anual en base a materia seca de 12 y 13 t ha<sup>-1</sup> y la digestibilidad nutritiva del 60 al 70 % cuando el cultivo alcanza las 3 hojas. También en el estudio de Urquizo (2020), concluye que a 2,5 hojas existió un mayor porcentaje de sólidos solubles (°Bx) en el cultivo de ray grass perenne con un 11,3% datos que se obtuvieron en la temporada de invierno.

#### **4.9.8. Horario de corte**

En base al factor de horario de corte que consiste a las (8 a.m.-10 a.m.-12 p.m.-14 p.m.) con el fin determinar la hora óptima en donde el ray grass híbrido (*Lolium hybridum* H.) tenga mayores concentraciones de °Brix, se menciona el estudio de Godoy (2022), donde obtuvo mejores resultados a las 12 p.m. con un 34,75% de °Brix evaluados a las siguientes horas (8 a.m.-10 a.m.-12 p.m.-14 p.m.) también la investigación de Villamarín (2021), donde determinó la concentración de sólidos solubles en tres variedades de ray grass a diferentes horarios de corte (8 a.m.- 12 p.m.- 14:00 p.m.- 16:00 p.m.- 18:00 p.m.) donde obtuvo el 14,88% a las 14:00 p.m. siendo el valor más alto.

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**5.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianza**

**Tabla 5.**

*Prueba de normalidad y homogeneidad de varianza*

<i>Primer corte</i>						
<i>Variables</i>	<i>n</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>W*</i>	<i>p-valor</i>	<i>Levene test</i>
% Materia seca	24	27,13	2,47	0,90	0,062	0,4801
% Grados brix	24	14,35	1,02	0,94	0,356	0,1317
% Fibra bruta	24	23,60	1,02	0,94	0,362	0,0979
<i>Segundo corte</i>						
% Materia seca	24	25,29	2,60	0,93	0,244	0,5199
% Grados brix	24	14,75	1,19	0,94	0,375	0,2644
% Fibra bruta	24	20,06	1,62	0,96	0,755	0,8896

Después de realizada la prueba de normalidad por medio del test de Shapiro-Wilks, se observa que los datos provienen de una distribución normal, pues los valores de la probabilidad son superiores al  $p > 0,05$ . De la misma forma, el test de homogeneidad de varianza de Levene, determina que las variables tienen homogeneidad de varianzas.

## 5.4 Análisis de varianza de la variable de materia seca al primer corte

**Tabla 6.**

*Materia seca (%) al primer corte*

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F calculado</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>
<i>Modelo</i>	9	208,99	23,22	2,32	0,0765	Ns
<i>Bloque</i>	2	30,39	15,20	1,52	0,253	Ns
<i>Factor A</i>	1	104,16	104,16	10,41	0,0061	***
<i>Factor B</i>	3	18,80	6,27	0,63	0,6099	Ns
<i>AxB</i>	3	55,64	18,55	1,85	0,1839	Ns
<i>Error</i>	14	140,10	10,01			
<i>Total</i>	23	349,09				

*C.V (%) = 11,66*

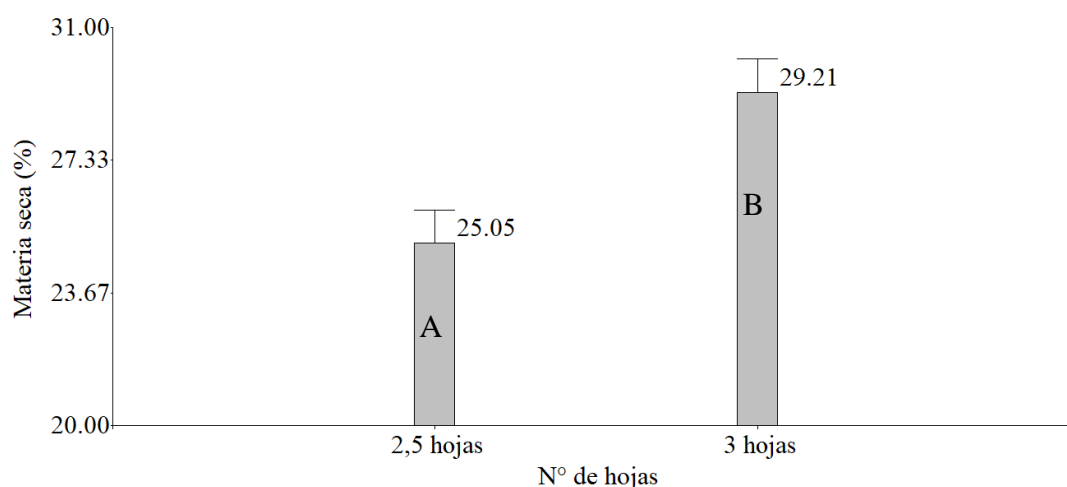
*Promedio (%) = 27,13*

*Signification codes: 0 < \*\*\* < 0.001 < \*\* < 0.01 < \* < 0.05 < . < 0.1 < Ns < 1*

El análisis de varianza de la variable materia seca (%) en el primer corte del ray grass híbrido, muestra que existe diferencia significativa para el factor A (número de hojas). El promedio en porcentaje de materia seca es de 27,13%. El coeficiente de variación para esta variable es de 11,66% lo que demuestra poca dispersión de los datos respecto al valor promedio.

## Figura 2.

*Prueba de comparación múltiple de promedios Tukey al 5% para la variable materia seca con el factor A al primer corte.*



En la figura 2 se observa la comparación por medio del test de Tukey al 5% de la variable de materia seca con el factor A (número de hojas) al primer corte, podemos afirmar que existe dos rangos de significancia. El mayor porcentaje de materia seca obtenido es de 29,21% cuando el cultivo alcanza las 3 hojas mientras que el menor porcentaje es de 25,05% cuando el cultivo alcanza las 2,5 hojas.

El estudio demuestra que el contenido de materia seca en el ray grass híbrido aumenta con el número de hojas, alcanzando valores de 25.05% en plantas con 2.5 hojas y 29.21% en aquellas con 3 hojas. Desde el aspecto fisiológico, este incremento se debe a la acumulación de carbohidratos estructurales y reservas energéticas producto de la fotosíntesis (Cedeño et al., 2024). En el aspecto morfológico, el mayor desarrollo foliar está relacionado con el aumento de biomasa y la lignificación progresiva, lo que reduce el contenido de agua en los tejidos. Ambientalmente, la mayor intercepción de luz y la transpiración favorecen la acumulación de materia seca (Escobar, 2018). Estos hallazgos concuerdan con el estudio Treviño (2017), en gramíneas forrajeras y resaltan la importancia de equilibrar rendimiento y calidad nutritiva en la determinación del punto óptimo de corte del ray grass híbrido.

### 5.3 Análisis de varianza de la variable de fibra bruta al primer corte

**Tabla 7.**

*Fibra bruta (%) al primer corte*

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F calculado</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>
<i>Modelo</i>	9	86,57	9,62	5,6	0,0022	**
<i>Bloque</i>	2	56,80	28,40	16,52	0,0002	***
<i>Factor A</i>	1	25,41	25,41	14,78	0,0018	**
<i>Factor B</i>	3	3,04	1,01	0,59	0,6319	Ns
<i>AxB</i>	3	1,33	0,44	0,26	0,8550	Ns
<i>Error</i>	14	24,07	1,72			
<i>Total</i>	23	110,64				

*C.V (%) = 5,55*

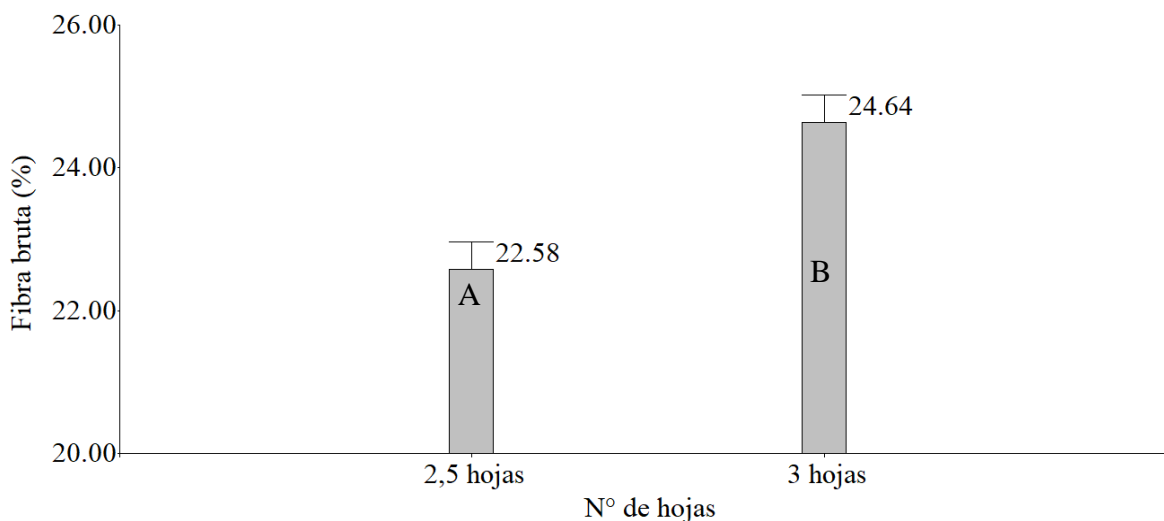
*Promedio (%) = 23,60*

*Signification codes: 0 < \*\*\* < 0.001 < \*\* < 0.01 < \* < 0.05 < . < 0.1 < Ns < 1*

El análisis de varianza de la variable fibra bruta (%) en el primer corte del ray grass híbrido, muestra que existe diferencia altamente significativa para el factor A (número de hojas) y los bloques. El promedio en porcentaje de fibra bruta es de 23,60%. El coeficiente de variación para esta variable es de 5,55% lo que demuestra poca dispersión de los datos respecto al valor promedio.

**Figura 3.**

*Prueba de comparación múltiple de promedios Tukey al 5% para la variable fibra bruta con el factor A al primer corte*



En la figura 3 se observa la comparación por medio del test de Tukey al 5% de la variable de fibra bruta con el factor A (número de hojas) al primer corte, podemos afirmar que existe dos rangos de significancia. El mayor porcentaje de fibra bruta obtenido es de 24,64% cuando el cultivo alcanza las 3 hojas mientras que el menor porcentaje es de 22,58% cuando el cultivo alcanza las 2,5 hojas.

El aumento del contenido de fibra bruta en las plantas con 3 hojas (24.64%) en comparación con aquellas con 2.5 hojas (22.58%) se debe a la maduración del tejido vegetal. Fisiológicamente, esto ocurre por la acumulación de celulosa y lignina, lo que refuerza la estructura celular (Echeverri y Restrepo, 2018). Factores ambientales como la luz, temperatura y disponibilidad de agua pueden acelerar este proceso (Gualavisí, 2014). Morfológicamente, el desarrollo foliar implica un mayor contenido de tejidos estructurales ricos en fibra y el envejecimiento del pasto incrementa su contenido de fibra, lo que impacta su calidad nutricional (Villamarín, 2021).

## 5.2. Análisis de varianza de la variable de sólidos solubles al primer corte

**Tabla 8.**

*Sólidos solubles (°Bx) al primer corte*

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F calculado</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>
<i>Modelo</i>	9	171,12	19,01	11,18	0,0001	***
<i>Bloque</i>	2	29,94	14,97	8,80	0,0034	*
<i>Factor A</i>	1	1,08	1,08	0,64	0,4381	Ns
<i>Factor B</i>	3	137,66	45,89	26,97	<0,0001	***
<i>A*B</i>	3	2,44	0,81	0,48	0,7029	Ns
<i>Error</i>	14	23,82	1,70			
<i>Total</i>	23	194,94				

*C.V (%) = 9,09*

*Promedio (%) = 14,35*

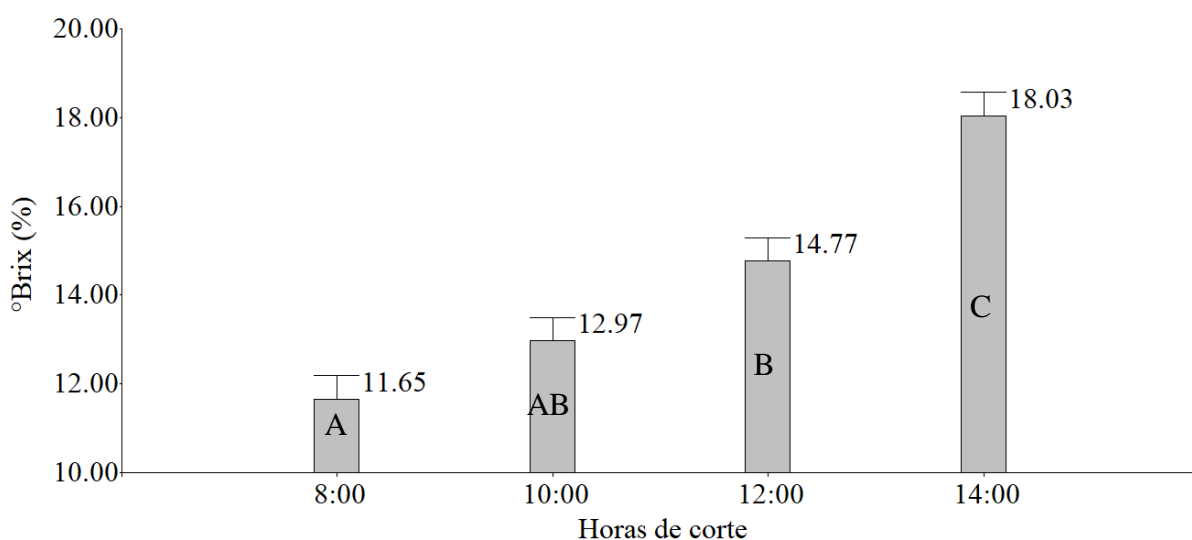
*Signification codes: 0 < \*\*\* < 0.001 < \*\* < 0.01 < \* < 0.05 < . < 0.1 < Ns < 1*

El análisis de varianza de la variable de sólidos solubles (°Bx) (%) en el primer corte del ray grass híbrido, muestra que existe una diferencia altamente significativa para el factor

B (horas de corte) también se observa una mínima diferencias para los bloques El promedio porcentaje de sólidos solubles es de 14,35%. El coeficiente de variación para esta variable es de 9,09% lo que demuestra poca dispersión de los datos respecto al valor promedio.

**Figura 4.**

*Prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey al 5% para la variable sólidos solubles con el factor B al primer corte*



En la figura 4 se observa la comparación por medio del test de Tukey al 5% de la variable de sólidos solubles con el factor B (horas de corte) al primer corte, podemos observar que existen cuatro rangos de significancia. El mayor porcentaje de sólidos solubles obtenido es de 18,03% cuando el ray grass híbrido es cosechado a las 14:00, mientras que la menor acumulación de sólidos se presenta a las 8:00 con un 11,65%, y como corresponde los valores de 12,97%;14,77, para las 10:00 y 12:00.

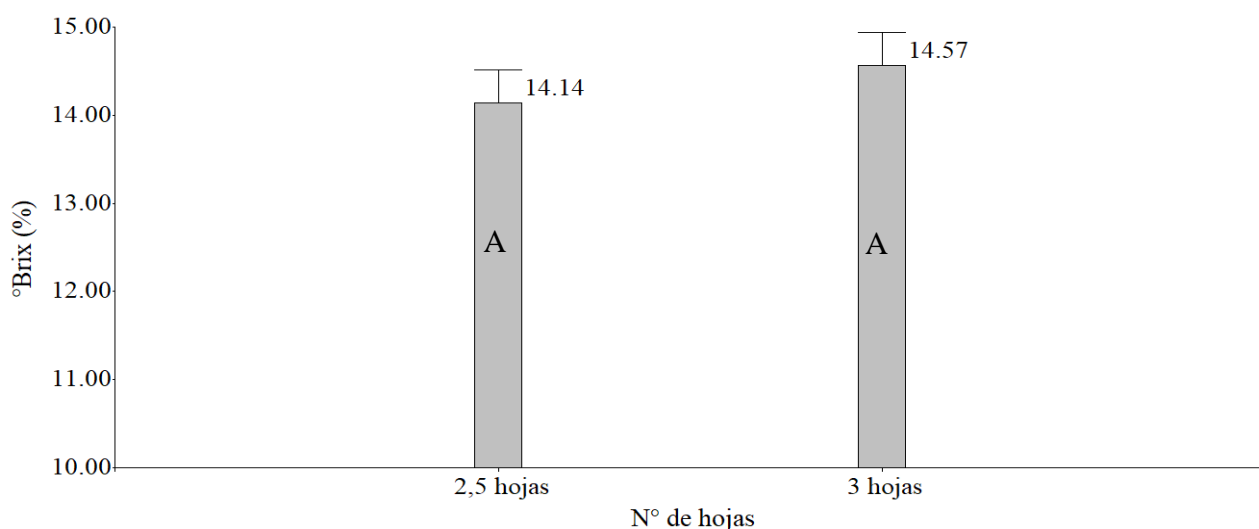
El aumento en los °Brix está estrechamente vinculado a la actividad fotosintética de la planta. Por la mañana, la fijación de carbono comienza, acumulando azúcares solubles conforme avanza el día. A medida que la radiación solar aumenta, también lo hace la tasa de fotosíntesis y la síntesis de carbohidratos, lo que explica el incremento en la concentración de azúcares durante las horas de la tarde (Castro, 2018). Ambientalmente la luz y la temperatura influyen directamente en la acumulación de azúcares. En la mañana, la alta humedad relativa y las bajas temperaturas ralentizan la actividad fotosintética. Sin embargo, cuando la temperatura aumenta y la radiación solar se

intensifica, la fotosíntesis se optimiza, favoreciendo la acumulación de carbohidratos en las hojas (Alvarado, 2015).

Las hojas jóvenes, activas en fotosíntesis, son las principales responsables del almacenamiento de azúcares. Durante el día, la translocación de estos compuestos hacia otros órganos es mínima, lo que lleva a su acumulación en los tejidos foliares y al aumento de los valores de °Brix (Calistro, 2015). Estos resultados sugieren que la cosecha en horas de la tarde optimiza la disponibilidad de azúcares, mejorando el valor energético y la calidad nutricional del pasto para el consumo animal (Godoy, 2022).

### Figura 5.

*Prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey al 5% para la variable sólidos solubles con el factor A al primer corte*



En la figura 5 se observa la comparación por medio del test de Tukey al 5% la variable de sólidos solubles (°Bx) con el factor A (número de hojas), podemos afirmar que no existe rangos de significancia. El mayor porcentaje de sólidos solubles es de 14,57% cuando el ray grass alcanza las 3 hojas mientras que el menor porcentaje es de 14,14% cuando el ray grass alcanza las 2,5 hojas.

El contenido de °Brix está determinado por la acumulación de azúcares solubles, producto de la fotosíntesis. A mayor número de hojas, aumenta la asimilación de carbono y la producción de carbohidratos. Factores ambientales como la radiación, temperatura y humedad también influyen, ya que más hojas mejoran la interceptación de luz y la acumulación de azúcares. Morfológicamente, más hojas favorecen la absorción de luz y

la translocación de fotosintatos. El leve aumento en °Brix con tres hojas sugiere una mayor eficiencia fotosintética, aunque con 2.5 hojas ya se alcanza un punto cercano a la acumulación óptima.

### 5.7. Análisis de varianza para la variable de materia seca al segundo corte

**Tabla 9.**

*Materia seca (%) al segundo corte*

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F calculado</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>
<i>Modelo</i>	9	205,17	22,80	2,06	0,1091	Ns
<i>Bloque</i>	2	56,08	28,04	2,53	0,1152	Ns
<i>Factor A</i>	1	90,06	90,06	8,13	0,0128	**
<i>Factor B</i>	3	11,48	3,83	0,35	0,7930	Ns
<i>AxB</i>	3	47,56	15,85	1,43	0,2755	Ns
<i>Error</i>	14	155,02	11,07			
<i>Total</i>	23	360,19				

*C.V (%) = 13,16*

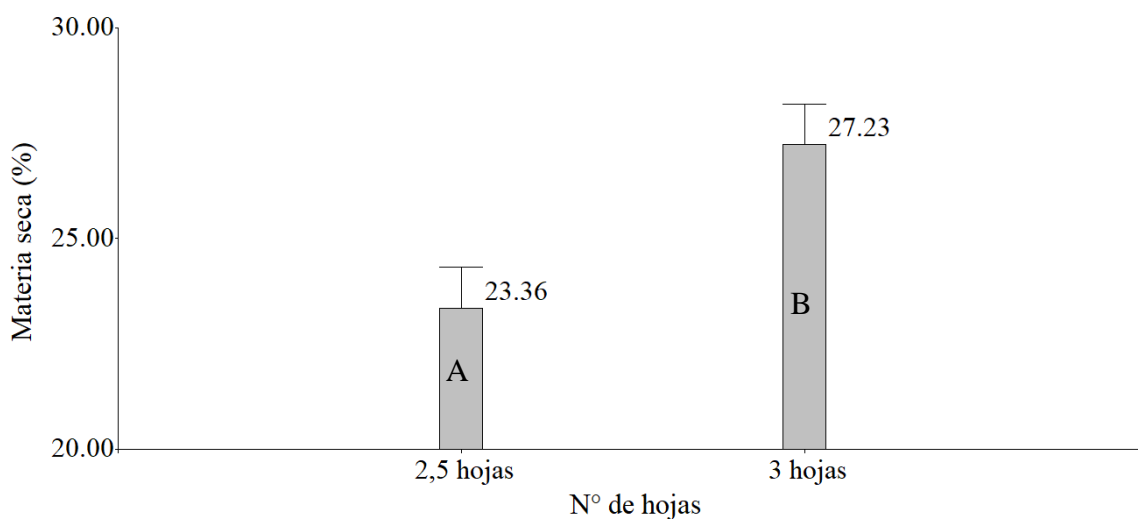
*Promedio (%) = 25,29*

*Signification codes: 0<\*\*\* <0.001< \*\* < 0.01 < \* < 0.05 <. < 0.1 < Ns < 1*

El análisis de varianza de la variable materia seca (%) al segundo corte del ray grass híbrido, muestra que existe diferencia significativa para el factor A (número de hojas). El promedio en porcentaje de materia seca es de 25,29%. El coeficiente de variación para esta variable es de 13,16% lo que demuestra poca dispersión de los datos respecto al valor promedio.

### Figura 6.

*Prueba de comparación de promedios de Tukey al 5% para la variable materia seca para el segundo corte con el factor A.*



En la figura 6 se observa la comparación por medio del test de Tukey al 5% de la variable de materia seca con el factor A (número de hojas) al segundo corte, podemos afirmar que existe dos rangos de significancia. El mayor porcentaje de materia seca obtenido es de 27,23% cuando el cultivo alcanza las 3 hojas mientras que el menor porcentaje es de 23,36% cuando el cultivo alcanza las 2,5 hojas.

El análisis realizado indica que el contenido de materia seca en el ray grass híbrido varía en función del desarrollo foliar, evidenciando un incremento desde 27.23% en plantas con 2.5 hojas hasta 23.36% en aquellas que han alcanzado las 3 hojas. Este comportamiento, desde el punto de vista fisiológico, está vinculado a la acumulación de carbohidratos estructurales y reservas energéticas generadas a través de la fotosíntesis (Herrera, 2022). En cuanto a la morfología, el mayor crecimiento foliar está acompañado por un aumento en la biomasa y un proceso progresivo de lignificación, lo que provoca una reducción en la cantidad de agua presente en los tejidos. A nivel ambiental, factores como la mayor absorción de luz y la intensificación de la transpiración contribuyen a elevar el contenido de materia seca (Mendo, 2024). Estos resultados coinciden con los reportados por Reyes (2022), en gramíneas forrajeras y resaltan la necesidad de balancear la productividad y el valor nutricional del forraje para definir el momento óptimo de cosecha del ryegrass híbrido.

## 5.6. Análisis de varianza para la variable de fibra bruta al segundo corte

**Tabla 10.**

*Fibra bruta (%) al segundo corte*

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F calculado</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>
<i>Modelo</i>	9	99,78	11,09	2,57	0,0553	Ns
<i>Bloque</i>	2	4,60	2,30	0,53	0,5984	Ns
<i>Factor A</i>	1	89,82	89,82	20,81	0,0004	***
<i>Factor B</i>	3	2,38	0,79	0,18	0,9057	Ns
<i>AxB</i>	3	2,98	0,99	0,23	0,8740	Ns
<i>Error</i>	14	60,44	4,32			
<i>Total</i>	23	160,22				

*C.V (%) = 10,36*

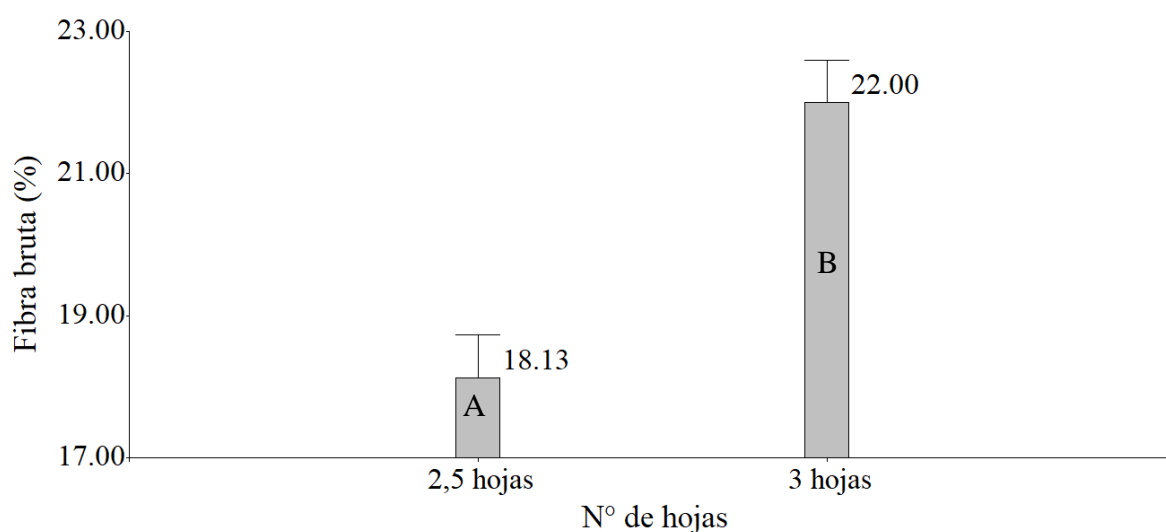
*Promedio (%) = 20,06*

*Signification codes: 0 < \*\*\* < 0.001 < \*\* < 0.01 < \* < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*

El análisis de varianza de la variable fibra bruta (%) en el segundo corte del ray grass híbrido, muestra que existe diferencia altamente significativa para el factor A (número de hojas). El promedio en porcentaje de fibra bruta es de 20,06%. El coeficiente de variación para esta variable es de 10,36% lo que demuestra poca dispersión de los datos respecto al valor promedio.

### Figura 7.

*Prueba de comparación de promedios de Tukey al 5% para la variable fibra bruta para el segundo corte con el factor A.*



En la figura 7 se observa la comparación por medio del test de Tukey al 5% de la variable de fibra bruta con el factor A (número de hojas) al segundo corte, podemos afirmar que existe dos rangos de significancia. El mayor porcentaje de fibra bruta obtenido es de 22% cuando el cultivo alcanza las 3 hojas mientras que el menor porcentaje es de 18,13% cuando el cultivo alcanza las 2,5 hojas.

En un estudio de Ortiz (2015), muestra resultados similares de fibra bruta reportando porcentajes de 17% y 22%, resultados que se observaron cuando el pasto estrella tiene 35 días y 45 días.

A medida que una pastura envejece, se producen cambios fisiológicos que incrementan el contenido de fibra bruta. Las plantas más viejas desarrollan tejidos más leñosos y lignificados, lo que aumenta la celulosa, hemicelulosa y lignina, resultando en una mayor proporción de fibra no digerible. Esto se traduce en un aumento del contenido de fibra bruta, que puede alcanzar entre el 30% y el 38% en pastos maduros, mientras que los niveles de proteína bruta disminuyen (Estévez, 2022).

Además, factores ambientales como la disponibilidad de agua y nutrientes influyen en esta dinámica. En condiciones de estrés hídrico o deficiencia nutricional, la calidad del forraje se ve aún más afectada. El aumento de fibra bruta impacta negativamente la eficiencia alimentaria en rumiantes y puede reducir su rendimiento productivo. Por lo

tanto, el manejo adecuado del tiempo de corte es crucial para optimizar tanto la calidad como el rendimiento del forraje (Pérez, 2016).

### 5.5. Análisis de varianza para la variable de sólidos solubles al segundo corte

**Tabla 11.**

*Sólidos solubles (°Bx) al segundo corte*

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F calculado</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>
<i>Modelo</i>	9	152,61	16,96	7,23	0,0006	***
<i>Bloque</i>	2	19,90	9,95	4,24	0,0362	*
<i>Factor A</i>	1	0,06	0,06	0,03	0,8752	Ns
<i>Factor B</i>	3	124,67	41,56	17,73	<0,0001	***
<i>A*B</i>	3	7,98	2,66	1,14	0,3687	Ns
<i>Error</i>	14	32,82	2,34			
<i>Total</i>	23	185,43				

*C.V (%) = 10,40*

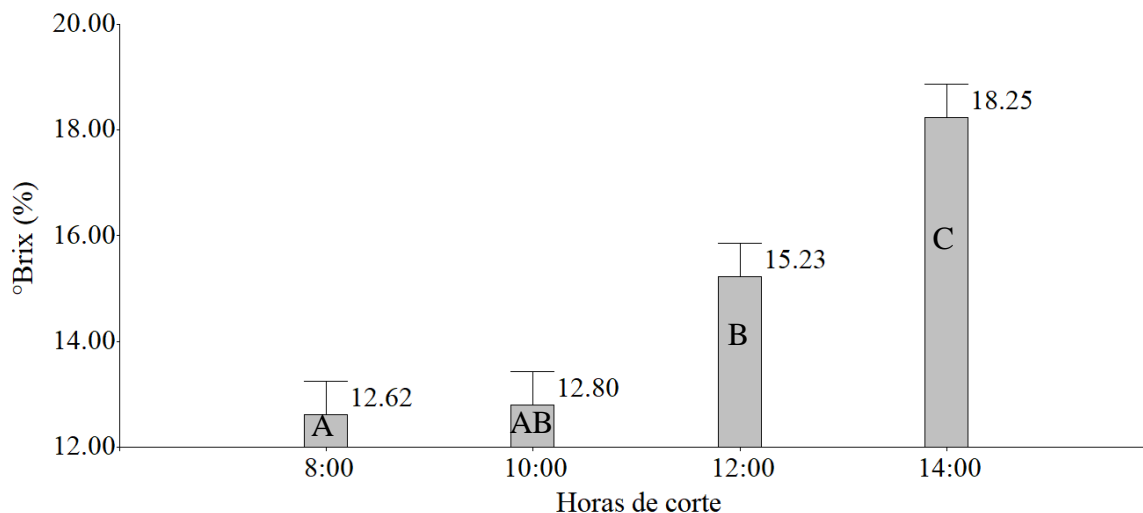
*Promedio (%) = 14,72*

*Signification codes: 0 < \*\*\* < 0.001 < \*\* < 0.01 < \* < 0.05 < . < 0.1 < Ns < 1*

El análisis de varianza de la variable de sólidos solubles (°Bx) (%) en el segundo corte del ray grass híbrido, muestra que existe diferencia altamente significativa para el factor B (horas de corte) también se observa una mínima diferencias para los bloques El promedio porcentaje de sólidos solubles es de 14,72%. El coeficiente de variación para esta variable es de 10,40% lo que demuestra poca dispersión de los datos respecto al valor promedio.

### Figura 8.

*Prueba de comparación múltiple de promedios Tukey al 5% para la variable sólidos solubles con el factor B al segundo corte*



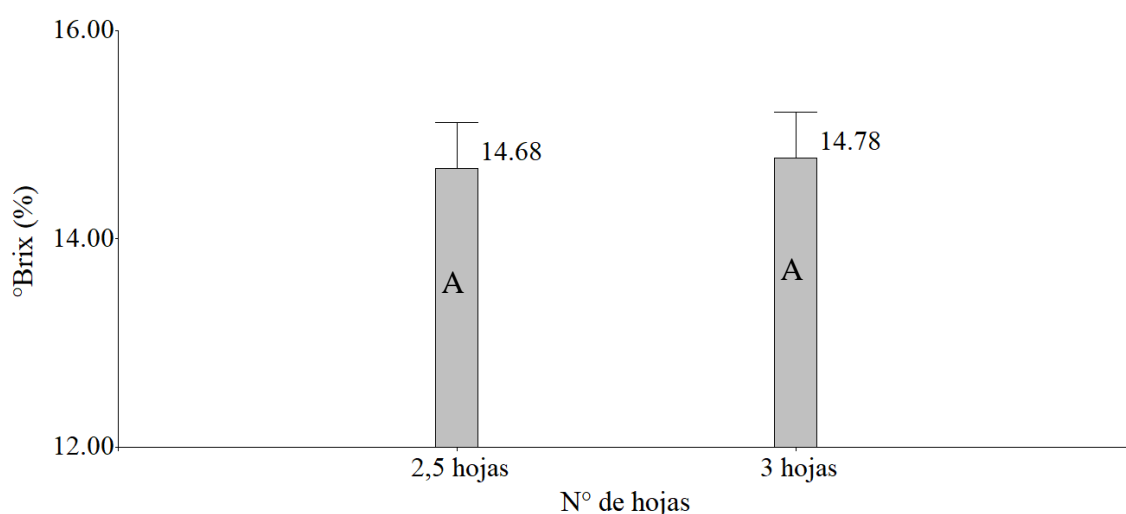
En la figura 8 se observa la comparación por medio del test de Tukey al 5% de la variable de sólidos solubles con el factor B (horas de corte) al segundo corte, podemos observar que existen cuatro rangos de significancia. El mayor porcentaje de sólidos solubles obtenido es de 18,25% cuando el ray grass híbrido es cosechado a las 14:00, mientras que la menor acumulación de sólidos se presenta a las 8:00 con el 12,62%, y como corresponde los valores de 12,80%;15,23%, para las 10:00 y 12:00.

El contenido de °Brix aumenta a lo largo del día, con valores más bajos en la mañana (12.62 % a las 8:00) y un incremento significativo en la tarde, alcanzando su máximo a las 14:00 (18.25 %). Este aumento se debe a la mayor actividad fotosintética impulsada por la radiación solar, lo que permite una mayor acumulación de azúcares en los tejidos (Collantes, 2021).

En la mañana, la producción de carbohidratos es limitada por la menor intensidad lumínica, mientras que al mediodía y en la tarde, la fotosíntesis alcanza su punto máximo. Además, la temperatura y la transpiración pueden concentrar los solutos en la planta (Espinoza, 2018). El resultado sugiere que la mejor hora de cosecha, si se busca un mayor contenido de azúcares, es en la tarde, cuando la fotosíntesis ha generado una mayor acumulación de carbohidratos (Guaranga, 2019).

### Figura 9.

*Prueba de comparación de promedios de Tukey al 5% para los sólidos solubles seca con el factor A al segundo corte*



En la figura 9 se observa la comparación por medio del test de Tukey al 5% la variable de sólidos solubles (°Bx) con el factor A (número de hojas), podemos afirmar que no existe rangos de significancia. El mayor porcentaje de sólidos solubles es de 14,78% cuando el ray grass alcanza las 3 hojas mientras que el menor porcentaje es de 14,68% cuando el ray grass alcanza las 2,5 hojas.

El contenido de °Brix mostró una diferencia mínima entre 2.5 y 3 hojas (14,68 % vs. 14,78 %), lo que indica que la acumulación de azúcares se estabiliza con 2.5 hojas. Fisiológicamente, la fotosíntesis alcanza un umbral en el que más hojas no generan un aumento significativo en la producción de carbohidratos (López et al., 2021).

Ambientalmente, la radiación solar y la temperatura pueden haber sido suficientes para maximizar la síntesis de azúcares con 2.5 hojas, sin que 3 hojas aporten una mejora sustancial (Mejía, 2022). Morfológicamente, un mayor número de hojas podría generar auto-sombreamiento, reduciendo la eficiencia en la captación de luz. El incremento de °Brix con 3 hojas es mínimo porque la fotosíntesis y la translocación de azúcares ya han alcanzado un punto óptimo con 2.5 hojas (Navarro y Villalobos, 2021).

**Tabla 12.***Análisis de correlación entre variables*

<i>Primer corte</i>			
	<i>Fibra</i>	<i>Materia seca</i>	<i>Sólidos solubles</i>
<b>Materia seca</b>	0,33	1	0,48
<i>Segundo corte</i>			
<b>Materia seca</b>	0,38	1	0,68

En el primer corte, la correlación entre fibra bruta y materia seca es moderada (0,33), indicando una relación positiva débil. La correlación entre materia seca y sólidos solubles es de (0,48) lo que también refleja una relación moderada.

Estos resultados sugieren que la fibra no es un factor determinante en la acumulación de materia seca, probablemente porque esta última está compuesta por diversos elementos, como carbohidratos, proteínas y lípidos, mientras que la fibra se limita a celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, factores como la variedad de la planta y las condiciones fisiológicas del cultivo influyen en esta relación (Wang et al., 2014). Gualavisí (2014) también menciona que la materia seca varía según la madurez de la planta y el entorno de crecimiento. La baja correlación entre fibra y sólidos solubles indica que, aunque un aumento en fibra se asocia ligeramente con mayores niveles de sólidos solubles, su relación no es fuerte debido a sus funciones opuestas: la fibra tiene un rol estructural, mientras que los sólidos solubles están más relacionados con la madurez fisiológica del forraje (Sales et al., 2021). En este sentido, la investigación de Godoy (2022) sobre la determinación del punto óptimo de corte en una mezcla forrajera señala que estas correlaciones suelen ser débiles a menos que existan condiciones de estrés ambiental o madurez avanzada.

Por otro lado, la correlación moderada entre materia seca y sólidos solubles (0.48) sugiere que los azúcares y otros compuestos solubles están estrechamente relacionados con una mayor formación de follaje, lo que permite una mejor intercepción de luz. Esta tendencia es especialmente notable en cultivos donde los sólidos solubles aumentan con la madurez, aunque otros componentes de la materia seca pueden atenuar este efecto (Gibbs y Saldías, 2022).

En el segundo corte, la correlación entre fibra y materia seca disminuye a (0,38), siendo prácticamente una correlación media. La correlación entre materia seca y sólidos solubles aumenta a (0,68), lo que indica una relación moderada.

Estos valores sugieren que, en esta etapa de desarrollo, la fibra no influye significativamente en la acumulación de materia seca, posiblemente porque la planta ha alcanzado un mayor grado de madurez y ha comenzado a almacenar más azúcares y almidones (Weller, 2021). Sin embargo, el aumento en la correlación entre fibra y sólidos solubles indica que la planta está acumulando simultáneamente fibra y compuestos solubles, lo que puede interpretarse como una estrategia para equilibrar el soporte estructural con el almacenamiento de reservas energéticas (García, 2016). El fortalecimiento de la correlación entre materia seca y sólidos solubles (0.68) refleja que, en esta etapa tardía, los sólidos solubles, predominantemente azúcares, son un componente clave en la composición de la materia seca, probablemente debido a una mejor superficie foliar (Fellows, 2017).

Al comparar ambos cortes, se observa que la relación entre fibra y materia seca se debilita con la madurez, mientras que la relación entre fibra y sólidos solubles, así como entre materia seca y sólidos solubles, se fortalece. Esto sugiere que, en el segundo corte, la planta se encuentra en una etapa de desarrollo donde los azúcares desempeñan un papel más predominante en la composición total. Esta dinámica refleja el crecimiento vegetal, en el que la función estructural de la fibra se mantiene relativamente constante, mientras que los azúcares y otros compuestos solubles adquieren mayor relevancia a medida que la planta madura.

**Tabla 13.**

*Comparación de promedios general de las variables en estudio*

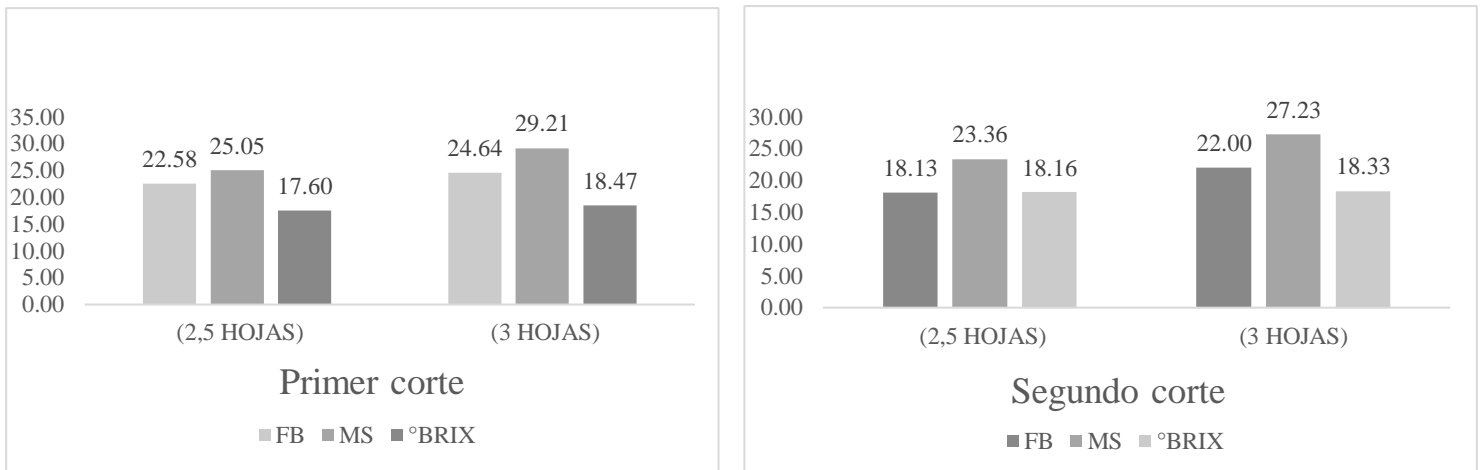
<i>Primer corte</i>			
<i>N° de hojas</i>	<i>Fibra bruta</i>	<i>Materia seca</i>	<i>°BRIX (14:00)</i>
(2,5 HOJAS)	22,58	25,05	17,6
(3 HOJAS)	24,64	29,21	18,47

<i>Segundo corte</i>			
<i>N° de hojas</i>	<i>Fibra bruta</i>	<i>Materia seca</i>	<i>°BRIX (14:00)</i>
(2,5 HOJAS)	18,13	23,36	18,16
(3 HOJAS)	22	27,23	18,33

**Figura 10.**

*Comparación general de promedios para las variables en estudio*



Se evidenció un incremento en el contenido de fibra bruta tanto en el tratamiento de 2,5 hojas como en el de 3 hojas. En el tratamiento de 2,5 hojas, la fibra bruta aumentó de 18,13% (primer corte) a 22,58% (segundo corte), y en el de 3 hojas pasó de 22% a

24,64%. Este aumento se relaciona con el envejecimiento del material vegetal y la acumulación de componentes estructurales como lignina y celulosa, un patrón característico de pasturas sometidas a cortes sucesivos (Cardona, 2012). No obstante, un mayor contenido de fibra bruta podría afectar negativamente la digestibilidad, especialmente en estados más avanzados como el de más de 3 hojas.

La materia seca también mostró un aumento significativo en el segundo corte. En 2,5 hojas, pasó de 23,36% a 25,05%, mientras que en 3 hojas incrementó de 27,23% a 29,21%. Estos resultados reflejan una mayor acumulación de biomasa y carbohidratos estructurales a medida que avanza el desarrollo fenológico de la planta (Frame, 2016). Aunque un mayor contenido de materia seca mejora el rendimiento en biomasa y facilita la conservación como ensilaje, valores muy elevados podrían comprometer la palatabilidad y la fermentación (Gualavisí, 2014).

En cuanto a los sólidos solubles (°Brix), se observó una ligera disminución en el tratamiento de 2,5 hojas en el segundo corte (de 18,16 a 17,6 °Brix), mientras que en el de 3 hojas hubo un pequeño incremento (de 18,33 a 18,47 °Brix). También hubo una diferencia significativa con las horas de corte dando como mejor acumulación a las 14:00. Estas variaciones pueden deberse a factores climáticos, como la radiación solar y las reservas de carbohidratos en la planta, tal como lo mencionan (Estévez, 2018).

De manera general, el segundo corte presentó mayores valores de fibra bruta y materia seca en ambos tratamientos, evidenciando cambios químicos asociados con el manejo del corte. Sin embargo, la disminución de °Brix en el tratamiento de 2,5 hojas podría indicar un agotamiento de las reservas de carbohidratos. El tratamiento de 3 hojas resultó más adecuado para sistemas orientados a la producción de biomasa y conservación, mientras que el de 2,5 hojas podría ser preferible en sistemas donde se priorice la calidad digestiva del forraje.

Estos hallazgos coinciden con estudios de Lemaire et al. (2005), quienes señalaron que a medida que las gramíneas maduran, la calidad disminuye mientras aumenta el rendimiento. Por lo tanto, es fundamental ajustar la estrategia de corte a las condiciones específicas del cantón Ibarra, considerando la disponibilidad.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

- El contenido de fibra bruta (FB) aumentó con el número de hojas, siendo mayor a las 3 hojas tanto en el primero como el segundo corte (24,64% y 22%) en comparación con las 2,5 hojas (22,58% y 18,13%). Este incremento refleja la maduración vegetal, lo que podría afectar la calidad del forraje, sin embargo, los datos obtenidos se encuentran dentro de los parámetros aceptables en cuanto a digestibilidad.
- Para el contenido de materia seca (MS), del primero como segundo corte, se observó un incremento de 2,5 hojas a 3 hojas, obteniendo un promedio de 22,7% y 28,22%, respectivamente, mostrando mayor acumulación de biomasa y menor contenido de agua, clave para la conservación del forraje.
- Los sólidos solubles (°Brix) fueron mayores a las 14:00, tanto para el primero como segundo corte (14,47% y 14,33%), reflejando un mayor contenido energético del forraje, aspecto relevante para la alimentación animal.
- Se comprobaron diferencias significativas en FB y MS según el número de hojas, y en °Brix según la hora de corte, confirmando que ambos factores son determinantes para la calidad del forraje y las rotaciones.

## **CAPITULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- Con base a los resultados obtenidos en función de los dos cortes se recomienda realizar el corte del ray grass híbrido cuando este alcanza las 3 hojas, pues en esta etapa obtuvo un contenido promedio de los 2 cortes de materia seca de 28,2 % y una concentración de fibra bruta de 23,32 %. Sin embargo, es importante destacar que la materia seca no es un indicador de calidad del forraje sino un factor relacionado con la acumulación de biomasa, lo cual nos permite optimizar la relación entre rendimiento y calidad del forraje.
- Para maximizar la calidad del ray grass híbrido y la eficiencia del sistema productivo se recomienda establecer un calendario de corte o rotación de potreros, basado en las 3 hojas y en horas de la tarde (14:00), momento en el cual la fotosíntesis ha alcanzado su punto óptimo de acumulación de azúcares en la planta (14%), mantener un manejo adecuado del corte garantizara un equilibrio entre el rendimiento y la calidad.

## CAPITULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, E., y Rojas, J. (2016). *Determinación de los factores edafoclimáticos que inciden en la producción y calidad nutritiva del pasto brasilero (Phalaris spp) en condiciones de no intervención, en el municipio de pasto*. Universidad de Nariño.
- Almeraya, E., y Sánchez, E. (2015). *Adaptaciones fotosintéticas en las plantas para mejorar la captación del carbono*. Universidad de la Plata.
- Alvarado, N. (2015). *Caracterización físico química y determinación in vitro del valor nutritivo del rye grass y del pasto azul de diferentes pisos altitudinales para la alimentación del cuy (Cavia porcellus)*. Universidad Santander.
- Álvarez, L. (2022). *Evaluación del valor nutritivo de gramíneas perennes estivales a lo largo de la estación de crecimiento y su diferimiento, mediante la técnica in situ*. Troquel.
- Andrea, P., Uribe, A., Daniel, M., Hernández Villamizar, A., Francisco, U., Santander, P., Titulo, O., Ingles, E. N., y De Paula, F. (2021). *“Determinar el punto óptimo de pastoreo del proyecto caprino”*. Universidad Francisco de Paula Santander.
- Apráez, E., Gálvez, A., y Apráez, J. (2019). *Factores edafoclimáticos en la producción y calidad del pasto Saboya (Holcus lanatus L.) en el Altiplano de Nariño*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 16–32. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.95>
- Bezada, S., Arbaiza, T., Carcelén, F., San Martín, F., López, C., Rojas, J., Rivadeneira, V., Espezuía, O., Guevara, J., & Vélez, M. (2017). *Predicción de la Composición Química y Fibra Detergente Neutro de Rye Grass Italiano (Lolium multiflorum Lam) mediante Espectroscopía de Reflectancia en Infrarrojo Cercano (NIRS)*. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(3), 538–548. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13357>
- Blanco, C., & Saldanha, S. (2022). *Establecimiento de gramíneas forrajeras perennes en basalto en siembra directa*. *AGRARIAN ACADEMY*, 9(18). [https://doi.org/10.18677/agrarian\\_academy\\_2022b3](https://doi.org/10.18677/agrarian_academy_2022b3)
- Bonifaz, N., León, R., y Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas Pastos y forrajes del Ecuador*.

- Buendía, A., García, M., Sánchez, P., Torres, N., Herrera, J., Luzardo, M., y Rojas, A. (2019). *Análisis bromatológico y producción de gas in vitro de forrajes utilizados en el trópico seco mexicano.*
- Calistro, E. (2015). *Algunas consideraciones prácticas sobre Leguminosas y Gramíneas forrajeras.*
- Calsamiglia, S., Ferret, A., y Bach, A. (2016). *Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos húmedos 2a edición.* Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal.
- Castillo, A. (2018). *Inducción de poliploides como estrategia de mejoramiento genético.*
- Castro, E., Cardona, J., Oviedo, F., Chiran, M., y Avellaneda, Y. (2019). *Evaluación de tres cultivares de Lolium perenne L. con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia.* 42.
- Castro, J. (2018). *Efecto de la época y los días de rebrote sobre la producción y la calidad nutritiva de pastos en costa rica.*
- Chicahuala, M. S., Steinaker, D. F., y Demaria, M. R. (2018). *Phenological responses of C3 and C4 grasses to annual changes in precipitation and temperature.* *Ecologia Austral*, 28(2), 455–466. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.2.0.658>
- Cohecha, J., y Moreno, E. (2022). *Importancia del fraccionamiento de los carbohidratos y proteína en la dieta suministrada a vacas lecheras.* Universidad de Cundinamarca.
- Collantes, A. (2021). *"Determinación in situ, edad y hora de corte óptima sobre la concentración de carbohidratos solubles en.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Cortes, K., y Obando, L. (2018). *Caracterización nutricional y anti nutricional de algunas especies forrajeras promisorias para alimentación animal en el municipio de pasto.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Cortes, M. (2023). *Evaluación de algunas variables agronómicas y absorción de nutrientes del pasto ryegrass aubade (Lolium sp.) bajo diferentes dosis de NPK en interacción con silicio en tropico de altura.* Dialnet Uniroja.

- Dolores Carro, M., Trinidad, E., y González, J. (2020). *Emisiones de metano en los animales rumiantes: influencia de la dieta*.
- Echeverri, J., y Restrepo, L. (2018). *Efecto meteorológico sobre la producción y calidad de la leche en dos Municipios de Antioquia-Colombia\**. 6(1).
- Espinoza, F. (2018). *Fenología y producción de Rye grass (Lolium multiflorum) bajo sistema de labranza convencional y alternativa en la Granja de Irquis*. Universidad de Cuenca
- Ester Pérez-Can, G., Tzec-Gamboa, M., Albores-Moreno, S., Sanginés-García, J., Aguilar-Urquiza, E., Chay-Canul, A., Canul-Solis, J., Muñoz-Gonzalez, J., Diaz-Echeverria, V., Trinidad Piñero-Vázquez, A., Nacional de México, T., Zona Maya, I. T., Roo, Q., & de correspondencia Resumen, A. (2020). *Degradability and in vitro methane production of tree and shrub foliage with potential in ruminant nutrition*. <http://doi.org/10.15174.au.2020.2840>
- Fernández, M. (2020). *Vacuno de leche nutrición*. Scielo.
- Gaviria, X., Rivera, J., y Barahona, R. (2015). *Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo*.
- Gualavisí. (2014). *"Determinación del valor nutritivo del ray grass perenne (Lolium perenne L.) destinado a la alimentación del ganado vacuno mediante la correlación entre grados brix*. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.
- Guaranga, M. (2019). *"Determinación in situ de la edad y hora óptima de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en alfalfa morada (Medicago sativa)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
- Hernández, E., Juárez, F., Pell, A., Lagunes, M., Pinos, J., y Blake, R. (2020). *Degradación ruminal in vitro de las fracciones de carbohidratos contenidas en pastos tropicales fertilizados con nitrógeno*. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 11(1), 266–282. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V11I1.4829>
- Herrera, J. (2022). *Determinación de la calidad nutritiva del ray grass (Lolium perenne) en la provincia del Carchi*. Universidad técnica de Babahoyo
- Jaurena, G., María, Fernández, G., P., & Wawrzkievicz, M. (2023). 43 (1) *Rev. Facultad de agRonomía UBA* (Vol. 43, Issue 1).

- Leonor, L., Lozano, P., Arellano, J. J., Leticia, D., Morán, T., Adolfo, G., y Galarza, V. (2020). *Alimentación alternativa de rumiantes con residuos de cosecha*. 6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5803533>
- López-Herrera, M., Arias-Gamboa, M., Alpízar-Naranjo, A., y Castillo-Umaña, M. (2021). *Calidad de fibra y producción de metano en ensilados de leguminosas con fuentes de carbohidratos*. *Nutrición Animal Tropical*, 15(2), 1–24. <https://doi.org/10.15517/nat.v15i2.47909>
- López Inga, E., Oliva Cruz, M., Huerta Fernández, P., Urrelo Guerra, R., Vásquez Arce, V., Honorio Acosta, M., Molina Lima, L., y Privada San Juan Bautista Chorrillos, U. (2021). *Comportamiento agronómico y composición nutricional de diez variedades de pastos mejorados*.
- López, M., & Briceño, E. (2017). *Efecto de la especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje*. *Nutrición Animal Tropical*, 11(1), 52. <https://doi.org/10.15517/nat.v11i1.29605>
- Luna, M., Cruz, L., Vera, S., Arjona, G., & Zapata, C. (2021). *Contenido de proteína y fibra en forrajes tropicales no afecta la preferencia en conejos de engorda*. *Abanico Veterinario*, 11. <https://doi.org/10.21929/abavet2021.35>
- Martínez-Hernández, M. F., Garay-Martínez, J. R., Ventura-Ríos, J., Estrada-Drouaillet, B., Limas-Martínez, A. G., & Joaquín-Cancino, S. (2024). *Productividad y calidad de pasto Mulato II (Urochloa híbrido) solo y ensilado con subproductos agroindustriales*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(2). <https://doi.org/10.19136/era.a11n2.4080>
- Mejía, B. (2022). *Determinación del componente fibroso del pasto Cuba 22 (Pennisetum sp) a tres edades de corte*.
- Méndez, F. (2023). *Análisis de crecimiento del rye grass (Lolium perenne L.) en el ciclo de crecimiento de otoño-invierno*.
- Mendo, C. (2024). *Evaluación productiva y composición química de cuatro mezclas forrajeras en la campiña de Cajamarca*.
- Mojica-Rodríguez, J. E., Castro-Rincón, E., Carulla-Fornaguera, J., & Lascano-Aguilar, C. E. (2017). *Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas*

*tropicales. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 217–232.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num2\\_art:623](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:623)

Molina, P. (2021). *Contenido nutricional de los forrajes en zonas templadas*. Universidad Técnica de Babahoyo.

Navarro, L., y Villalobos, L. (2021). *Composición morfológica del forraje ryegrass anual (Lolium multiflorum) cv. jumbo en respuesta a tres fórmulas nitrogenadas*. *Nutrición Animal Tropical*, 15(2), 99–122. <https://doi.org/10.15517/nat.v15i2.48409>

Núñez-Arroyo, J. M., Jiménez-Castro, J. P., Tobía-Rivero, C. M., Arias-Gamboa, L. M., Jiménez-Alfaro, E., y Padilla-Fallas, J. E. (2022). *Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre la biomasa y calidad bromatológica en gramíneas utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica (I PARTE)*. *Nutrición Animal Tropical*, 16(1), 31–52. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i1.50370>

Pablo, V. (2014). Resumen Abstract Résumé. In *Temas de Ciencia y Tecnología* (Vol. 18).

Portillo, P., Meneses, D., Morales, S., Cadena, M., & Rincón, E. (2019). *Gramíneas 2*. 42.

Posada, S., Arenas, J., Fernando Hamedt, J., y Álvarez, A. (2013). *Evaluación del establecimiento de ryegrass (Lolium sp.) en potreros de kikuyo (Pennisetum clandestinum) usando la metodología de cero labranzas*. In *Rev CES Med Zootec* (Vol. 8, Issue 1).

Reyes, M. (2022). *Evaluación del mejoramiento de ryegrass (Lolium sp.) (Pennisetum clandestinum)*. Universidad autónoma agraria Antonio Narro.

Riera, N. (2011). “*Evaluación de la producción de pastos mediante la siembra de ray grass inglés (Lolium perenne L.) y trebol rojo (Trifolium pratense) en un predio establecido de kikuyo (Pennisetum clandestinum), en suelos con pendiente de riesgo, comparado con la aplicación de abono de gallina y yaramila, en el cantón guachapala*”.

Santacruz, M., y Rosero, D. (2024). *Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum hoechst) en condiciones de no intervención en el municipio de pasto, departamento de Nariño*. Universidad de Nariño.

Tapia-Coronado, J. J., Atencio-Solano, L. M., Luis Mejía-Kerguelen, S., Paternina-Paternina, Y., y Cadena-Torres, J. (2019). *Evaluación del potencial productivo de nuevas gramíneas*

*forrajeras para las sabanas secas del caribe en Colombia.*  
[www.mag.go.cr/revagr/index.html](http://www.mag.go.cr/revagr/index.html)[www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)

- Umbriago, L. (2021). *Técnicas para la obtención y evaluación de tetraploide en Lolium perenne*. Universidad de Estatal de Quevedo.
- Urquiza, L. (2020b). *Determinación in situ de la edad y la hora de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en una mezcla forrajera*. Universidad Técnica del Norte.
- Vásquez, H., Quilcate, C., & Oliva, M. (2017). *Evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras para el mejoramiento alimenticio del ganado bovino en la cuenca ganadera*. <https://doi.org/10.25127/ricba.201701.009>
- Vicente, P., Marin, J., Parra, L., Sendra, S., Lloret, J., & Masaguer, A. (2018). *04-004 Sustainability and valuation in the use of grasses c3 and c4 that allow to reduce the irrigation of urban prairies*.
- Villalobos Villalobos, L., & WingChing-Jones, R. (2020). *Los pastos estrella africana, kikuyo y "rye grass" en Cartago, Costa Rica: biomasa, composición botánica y nutrientes*. *UNED Research Journal*, 12(1), e2811. <https://doi.org/10.22458/urj.v12i1.2811>
- Villamil, P. (2018). *Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (Avena sativa) EN DOS*.
- Viñas, N., Suárez, F., & Lima, G. (2021). *Evaluación de gramíneas forrajeras en sotobosque de (Eucalyptus sp.) en distintos marcos de plantación*. Universidad de la República.
- Zagaceta, L., Vásquez, H., Vigo, C., Salas, R., & Maicelo, J. (2017). *Influencia de los sistemas de producción y pisos altitudinales en la composición bioquímica y rendimiento del pasto nicarión (Setaria sphacelata)*. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(2), 9. <https://doi.org/10.25127/aps.20172.357>
- Zaldumbide, S. (2020). *Efecto de Diferentes Tipos de Luz En El Crecimiento de Plantas in Vitro*. Universidad Nacional de Rosario.
- Zilli, L. (2017). *Ampliación de la base genética del germoplasma tetraploide sexual de paspalum notatum: Caracterización genética y reproductiva de una población sintética*. Universidad Nacional de Rosario.



# ANEXOS

## Anexo 1. Análisis de suelo



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.  
Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito  
Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148  
info@agrارprojekt.com  
www.agrarprojekt.com

### RESULTADOS

Código Agrarprojekt: HRR-260124

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Pastos
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Lote La Riconda (Tesis)

#### Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

	Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Pastos - Cultivo Intensivo	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	5 - 15	4,1
	Textura	-	-	"franca arenosa" hasta "franca arcillosa"	franca
	Fracción de Partículas	%	-	-	Arena: 43 %, Limo: 44 %, Arcilla: 13 %
	% de Saturación de Bases	%	-	> 65	43 % (Calificación: moderado en bases)
	Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	-	-	Ca: 31 %, Mg: 9 % K: 3 %, Na: < 1 %
	**Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100g	-	> 15	13,3
	Acidez Intercambiable	meq/100g	-	< 0,5	0,40
	Aluminio Intercambiable	meq/100g	-	< 0,3	< 0,05
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0,2 - 0,5	0,08
	pH (en H <sub>2</sub> O)	-	Vol. 1:2	-	6,6
pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5,5 - 7,5	5,4	
Macronutrientes	Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	8,4
	Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	3,5
	(NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	11,9
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO <sub>3</sub> 0.5M	20 - 35	30,1
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	125 - 250	183
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	45 - 90	102
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1200	363
	Azufre (SO <sub>4</sub> -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 20	3,5
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	20 - 50	142
	Manganeso ( Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	4 - 20	58,5
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	1,3 - 5,0	5,9
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	2,5 - 10	2,4
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0,15 - 0,60	0,23
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	3,5
	Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/kg	Extracto Agua	< 210	5,5
	Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	68,3

\* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

\*\* CIC-Potencial, utilizando Acetato de Amonio 1M pH= 7,0

-- No Aplica

**Nota:** - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

*Karl Sponagel*

Agrarprojekt S.A.  
Dr. Karl Sponagel  
Director del Laboratorio

## Anexo 2. Cálculos de fertilizante

EQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES POR PASTOREO	CULTIVO DE RAYGRASS 16-18 tn/materia seca/año							N°corte/año	días rotación	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	MgO	CaO	M.Og.	Ph-kd
								10	30	46	8	38	13	-6	18	4,1	5,4
PRODUCTO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	MgO	CaO	M.O	SACOS 50kg/ha.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	MgO	CaO	M.O	SUB-TOTAL	
Sulfato de magnesio KIESERITA *				16%	27%			0,7	0	0	0	5,6	9,5	0	0	14,7	
Muriato de potasio MOP			60%					1,25	0	0	38	0	0	0	0	37,5	
FOSFATO DIAMONICO D-A-P	18%	46%						0,14	1,26	3,2	0	0	0	0	0	6,2	
FORTALEZA RAM 40N%- 65% *	40%			6%				1,85	37,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	57,4	
RAFOS-YARA N12%-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 24%-K <sub>2</sub> O12%-S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1%	12%	24%	12%	2%	2%			0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
AGRIMINIS GRANULADO	8%	5%		1,60%	6%	18%		2,2	8	5	0	2	6	18	0	134,9	
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	
								6,14	46	8	38	13	16	18	0	250,61	

PRODUCTO	kg/ha	gr/ha
Sulfato de magnesio KIESERITA	35	35000
Muriato de potasio MOP	63	62500
FOSFATO DIAMONICO D-A-P 18%-46%-00%	7	7000
FORTALEZA RAM 40N%- 65% → FERTIZA	92,5	92500
AGRIMINIS GRANULADO 8%N-5% P2O5- CaO18%-MgO 6%- S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1,6% → ALASKA	101,2	101200
<b>TOTAL</b>	<b>298</b>	<b>298200</b>

## Anexo 3. Cálculo de la lámina de riego

DATOS	Kikuyo	Pasto Azul	Avena Forrajera	Centeno Forrajero	Rye Grass Ingles	Rye Grass Italiano	Arachis Pintoi
ETc	2,37	2,37	2,37	2,37	3,23	3,23	2,31
ETg	1,18	1,18	1,18	1,18	1,62	1,62	1,97
Lr	1,90E-04	3,00E-04	1,51E-04	6,10E-05	3,40E-04	3,40E-04	7,88E-04
Ln	16,58	16,58	16,58	16,58	22,61	22,61	27,55
Lb (m)	0,0237	0,0237	0,0237	0,024	0,0323	0,0323	0,0394
la	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022
T	10659	10659	10659	10659	14535	14535	17708,48
(A) sector de riego	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(V) necesario	236,87	236,87	236,87	236,87	323	323	393,52
(Q)							
(l/h)proyecto	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Forraje	Kikuyo	Pasto Azul	Avena Forrajera	Centeno Forrajero	Rye Grass Ingles	Rye Grass Italiano
Eto (mm/día)	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23
Kc inicial	0,4	0,4	0,4	0,4	0,95	0,95
Kc medio	0,95	0,95	0,95	0,95	1,05	1,05
Kc final	0,85	0,85	0,85	0,85	1	1
PAR (%)	50	50	50	50	50	50
C.C. (%)	24	24	24	24	24	24
PMP (%)	15	15	15	15	15	15
Pr (mm)	400	250	500	1250	220	220
Da (g/ml)	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
Ir (días)	14	14	14	14	14	14
Ef (%)	70	70	70	70	70	70
qe (L/h)	4	4	4	4	4	4
dl (m)	30	30	30	30	30	30
de (m)	60	60	60	60	60	60
Largo (m)	100	100	100	100	100	100
Ancho (m)	100	100	100	100	100	100
# Parcelas	1	1	1	1	1	1

#### Anexo 4. Cálculo de sólidos solubles (°Brix)



## Anexo 5. Análisis de fibra cruda



## Anexo 6. Análisis de materia seca



## Anexo 7. Distribución del experimento

---

<i>Tratamientos</i>							
T7	T2	T5	T1	T8	T3	T6	T4
T3	T8	T1	T6	T4	T7	T2	T5
T5	T1	T4	T8	T2	T6	T3	T7

---