



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Efecto de tres niveles de fertilización n, p, k (0%; 25%; 50%) mediante la respuesta agronómica y digestibilidad para mejorar la productividad en *lolium perenne* (var. Amazon) en la hacienda El Prado IASA I

Muñoz Cáceres, Cristian Andrés

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Pazmiño Morales, Julio César, Mgs

02 de septiembre del 2020

Document Information

Analyzed document	Tesis Cristian Muñoz Urkund.docx (D78411974)
Submitted	8/31/2020 4:46:00 PM
Submitted by	Pazmiño Morales Julio César
Submitter email	jcpazminio@espe.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	jcpazminio.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis Marilyn Landa.docx Document Tesis Marilyn Landa.docx (D51426000) Submitted by: jcpazminio@espe.edu.ec Receiver: jcpazminio.espe@analysis.orkund.com	1
W	URL: https://ospace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17928/1/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20 Fetched: 3/3/2020 2:11:08 AM	11
SA	TRABAJO DE TITULACIÓN SORAYA LICTO.docx Document TRABAJO DE TITULACIÓN SORAYA LICTO.docx (D29009535)	2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / casi listo8.docx Document casi listo8.docx (D20358378) Submitted by: aperezguerrero@gmail.com Receiver: paperez11.espe@analysis.orkund.com	1
W	URL: https://docplayer.es/88569819-Universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ciencias-... Fetched: 11/5/2019 5:55:55 AM	2
W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4664/LT-ESPE-ISA%20I-004573.pdf Fetched: 10/20/2019 9:59:54 PM	3
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS ANDRES Y CABEZAS.docx Document TESIS ANDRES Y CABEZAS.docx (D44949021) Submitted by: jcpazminio@espe.edu.ec Receiver: jcpazminio.espe@analysis.orkund.com	5
W	URL: https://docplayer.es/amp/52399029-Universidad-tecnica-estatal-de-quevedo-unidad-de-... Fetched: 10/28/2019 5:10:42 PM	1

Ing. Julio Pazmiño Morales Mgs.



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *Efecto de tres niveles de fertilización n, p, k (0%; 25%; 50%) mediante la respuesta agronómica, valor nutritivo y digestibilidad para mejorar la productividad en Lolium perenne (var. Amazon) en la hacienda El Prado IASA I* fue realizado por el señor **Muñoz Cáceres Cristian Andrés** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 2 de Septiembre del 2020

Firma:



Ing. Pazmiño Morales Julio César

C.C: 1801567395



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Muñoz Cáceres Cristian Andrés**, con cédula de ciudadanía N° 1719866772 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación *Efecto de tres niveles de fertilización n, p, k (0%; 25%; 50%) mediante la respuesta y digestibilidad para mejorar la productividad en Lolium perenne (var. Amazon) en la hacienda el prado IASA I* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 2 de Septiembre del 2020

Firma:

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Cristian Muñoz', is written below the 'Firma:' label.



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Muñoz Cáceres Cristian Andrés**, con cédula de ciudadanía N° 1719866772 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación *Efecto de tres niveles de fertilización n, p, k (0%; 25%; 50%) mediante la respuesta agronómica y digestibilidad para mejorar la productividad en Lolium perenne (var. Amazon) en la hacienda el prado IASA I* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 2 de Septiembre del 2020

Firma:

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Cristian Muñoz', is written over a horizontal line.

Dedicatoria

A mis padres y hermana por su apoyo incondicional el cual me ayudó a seguir adelante y no rendirme jamás, motivándome a ser mejor cada día para realizar todas las metas que tengo por delante.

A mi tía Rosa, que estuvo pendiente de mí en todo momento de mi carrera apoyándome para que pueda seguir adelante y ser un profesional de calidad.

A mi tío Edwin quien estuvo al tanto de todo mi proceso en la elaboración de mi investigación, colaborándome en cualquier cosa que necesité para culminar mi proyecto.

A mi tío Jaime el cual convive con nosotros y a pesar de su discapacidad siempre me ha logrado sacar una sonrisa en momentos difíciles.

Por último quiero volver a mencionar a mi hermana la cual ha sido todo para mí y a pesar de estar tan lejos siempre hemos estado apoyándonos mutuamente para seguir adelante y sé que tu lograrás todo lo que te propongas en tu vida y yo estaré siempre para ayudarte.

Agradecimiento

A mi padre por ser siempre ejemplo de constancia y perseverancia mostrándome que todo requiere su sacrificio y esfuerzo buscando siempre lo mejor para mí y evitando que pase necesidad.

A mi madre por su infinito amor y ternura sabiéndome guiar desde pequeño, buscando lo mejor para mí, compartiendo varios momentos inolvidables conmigo y confiando siempre en mi capacidad.

A mi hermana por estar siempre conmigo, compartiendo tantos momentos y llenándome de alegría y siendo ejemplo de bondad y valor para perseguir nuestras metas.

Todo lo que soy se los debo a ustedes y le agradezco infinitamente por ser una familia tan amorosa y comprensiva.

Agradezco a los docentes de mi hermosa Carrera de ingeniería Agropecuaria los cuales supieron guiarme con sus conocimientos para ser un profesional de excelencia y poder cumplir las expectativas requeridas.

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Urkund.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Resumen	17
Abstract.....	18
Capítulo I.....	19
Introducción.....	19
Antecedentes.....	19
Justificación	21
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23

Objetivos Específicos	23
Hipótesis	24
Capítulo II	25
Revisión de Literatura	25
Generalidades.....	25
Manejo de Pastos	27
Composición de los Pastos.....	28
Proteína Bruta.....	28
Fibra Bruta	28
Humedad.....	29
Ceniza.....	29
Grasa	30
Energía.....	30
Fertilización	31
Factores a Considerar.....	33
Ventajas	33
Fuentes de Fertilizantes Nitrogenados y Fosfatados	34
Nitrógeno	34
Fósforo.....	36
Potasio	38
Métodos de Aplicación.....	39

	10
Eficiencia de la Fertilización	40
Características del Pasto	41
Rye grass Perenne	41
Rye Grass Perenne: Taxonomía.....	41
Morfología y Descripción.....	42
Adaptación.....	42
Manejo.....	43
Digestibilidad.....	44
Proceso de Digestión en Rumiantes.....	44
Microorganismos en el Rumen.....	45
Técnicas para Evaluar Digestibilidad.....	46
Factores limitantes en la Digestibilidad.....	47
Capítulo III.....	48
Materiales y Métodos	48
Ubicación del Lugar de Investigación.....	48
Ubicación Política.....	48
Ubicación Geográfica.....	48
Ubicación Ecológica	48
Ubicación del Ensayo	48
Metodología	49
Determinación de los Tratamientos	49

	11
Diseño Experimental	52
Características de la Unidad Experimental.....	53
Manejo de la Investigación en Campo	54
Manejo en Laboratorio	61
Variables y Evaluación.....	62
Capítulo IV	70
Resultados y Discusión	70
Altura.....	70
Índice de Cobertura.....	71
Correlación	72
Producción.....	73
Materia Verde.....	73
Materia Seca	74
Correlación	75
Digestibilidad.....	76
Valor Nutricional.....	78
Análisis Económico	81
Discusión	84
Capítulo V	88

	12
Conclusiones y Recomendaciones.....	88
Conclusiones.....	88
Recomendaciones.....	89
Referencias Bibliográficas.....	90

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Superficie destinada a cultivos en Ecuador</i>	25
Tabla 2 <i>Principales fuentes de N utilizadas para pastos</i>	36
Tabla 3 <i>Características de adaptabilidad en Rye grass Diploide y Tetraploide</i>	43
Tabla 4 <i>Análisis de suelos lote 23</i>	50
Tabla 5 <i>Requerimiento de N, P, K para rye grass.</i>	51
Tabla 6 <i>Tratamientos de N, P, K mediante el análisis de suelo y el requerimiento de la planta</i>	51
Tabla 7 <i>Tratamientos con los cuales se evaluó el rendimiento</i>	52
Tabla 8 <i>Análisis de varianza para la altura del Rye Grass bajo el efecto de 3 niveles de fertilización con 3 repeticiones</i>	70
Tabla 9 <i>Promedio \pm error estándar de la Altura en Ray Grass a 3 niveles de fertilización. Duncan al 5%</i>	71
Tabla 10 <i>Análisis de varianza para el índice de cobertura de Rye Grass var Amazon</i>	71
Tabla 11 <i>Efecto de los niveles de fertilización sobre el porcentaje de cobertura en rye grass var Amazon. Prueba de Duncan al 5%</i>	72
Tabla 12 <i>Coeficientes de correlación de Spearman para altura, producción y % de cobertura del Rye Grass</i>	72
Tabla 13 <i>Análisis de varianza para Materia verde en Rye Grass a 3 niveles de fertilización</i>	73
Tabla 14 <i>Promedio \pm error estándar producción materia verde Rye Grass a 3 niveles de fertilización.</i>	74
Tabla 15 <i>Análisis de varianza para Materia seca en Rye Grass a 3 niveles de fertilización</i>	74

Tabla 16 <i>Promedio \pm error estándar producción materia seca Rye Grass a 3 niveles de fertilización</i>	75
Tabla 17 <i>Coeficientes de correlación de Spearman entre materia seca y fertilización</i> ...	75
Tabla 18 <i>Análisis de varianza para el porcentaje de digestibilidad del Rye Grass bajo los niveles de fertilización sometidos a 3 repeticiones</i>	76
Tabla 19 <i>Promedio \pm error estándar del porcentaje de digestibilidad de Rye Grass bajo los 3 niveles de fertilización con una prueba de Duncan al 5%</i>	77
Tabla 20 <i>Coeficientes de correlación de Spearman para los niveles de fertilización y digestibilidad</i>	77
Tabla 21 <i>Porcentaje de proteína, grasa, ceniza, y fibra de Rye grass en base húmeda seca de los niveles de fertilización</i>	78
Tabla 22 <i>Comparación de los tratamientos T1 y T2 en base seca</i>	79
Tabla 23 <i>Coeficientes de correlación de Spearman para los niveles de fertilización el valor nutricional</i>	80
Tabla 24 <i>Coeficientes de correlación de Spearman para digestibilidad, fibra y proteína del Rye Grass</i>	80
Tabla 25 <i>Costos Fijos para la producción de Rye grass</i>	82
Tabla 26 <i>Costos Variables para la producción de Rye grass</i>	82
Tabla 27 <i>Beneficio bruto, Costos variables y Beneficio neto para los niveles de fertilización</i>	82
Tabla 28 <i>Análisis de dominancia para los niveles de fertilización</i>	83
Tabla 29 <i>Análisis marginal de los tratamientos no dominados</i>	83

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Pirámide de la Producción Animal</i>	27
Figura 2 <i>Vista aérea lote 23 IASA I</i>	48
Figura 3 <i>Reconocimiento del lote 23</i>	49
Figura 4 <i>Identificación de la variedad</i>	50
Figura 5 <i>Establecimiento del experimento en el lote 23</i>	54
Figura 6 <i>Corte de igualación mediante rastra destrabada</i>	55
Figura 7 <i>Resiembra de lolium perenne</i>	55
Figura 8 <i>Instalación y riego del lote</i>	56
Figura 9 <i>Delimitación del área de ensayo</i>	57
Figura 10 <i>Revisión de la resiembra</i>	58
Figura 11 <i>Desmalezado del lote</i>	58
Figura 12 <i>Punto de corte</i>	59
Figura 13 <i>Toma de altura e índice de cobertura</i>	60
Figura 14 <i>Labores del primer corte de rye grass var Amazon</i>	61
Figura 15 <i>Secado de lolium perenne</i>	63
Figura 16 <i>Rye Grass en seco</i>	63
Figura 17 <i>Elaboración y sellado de fundas</i>	67
Figura 18 <i>Molienda de lolium perenne seco</i>	67
Figura 19 <i>Pesado del pasto molido en la balanza analítica</i>	68
Figura 20 <i>Colocado de los tratamientos en la Vaca fistulada</i>	68
Figura 21 <i>Sellado de la fistula</i>	69
Figura 22 <i>Pesado de las muestras luego de 72 horas</i>	69
Figura 23 <i>Modelo de regresión lineal para altura y % de cobertura</i>	73
Figura 24 <i>Gráfico de la correlación de materia Seca por tratamientos</i>	76

Figura 27 <i>Correlación entre los niveles de fertilización y el porcentaje de digestibilidad</i>	78
Figura 28 <i>Porcentaje de proteína, grasa, ceniza y fibra de T1 y T2</i>	79
Figura 29 <i>Correlación entre digestibilidad y fibra para Rye Grass</i>	81

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el mejor tratamiento de fertilización para Rye grass Var Amazon mediante variables agronómicas, de calidad nutricional y digestibilidad. Estas permiten comparar los tratamientos y determinar el óptimo nivel, Estos tratamientos se establecieron mediante un análisis de suelos previo.

Se evaluaron los tres tratamientos (0%; 25%; 50%) de N, P, K en *lolium perenne* por un periodo de tres cortes para tener una referencia más precisa que permita determinar el nivel adecuado. Se estableció un Diseño Completamente al azar (DBCA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones (T0 = fertilización base; T1= fertilización al 25% extra; T2= fertilización al 50% extra) a un etapa fenológica de tres hojas y media y con tres cortes consecutivos. Obteniendo como resultado que el mejor tratamiento fue T2 para las variables de producción primaria, altura, índice de cobertura y digestibilidad. Para los valores nutricionales de ceniza, proteína y grasa el tratamiento T2 presentó los mayores porcentajes mientras que el tratamiento T1 presento mayor porcentaje en fibra.

Al evaluar la interacción del índice de cobertura con la altura se encontró que presentan una correlación positiva, mientras que la interacción de digestibilidad con el porcentaje de fibra presenta una correlación negativa.

PALABRAS CLAVE: *Rye grass, produccion primaria, indice de cobertura, valor nutricional digestibilidad*

Abstract

The reason of this research was to evaluate the best fertilization treatment for Rye grass var Amazon through agronomic variables, nutritional quality and digestibility. These allow to compare the treatments and determine the optimal level. These treatments were established through a previous soil analysis.

The three treatments (0%; 25%; 50%) of N, P, K in *lolium perenne* were evaluated for a period of three cuts to have a more precise reference to determine the appropriate level. A Completely Randomized Design (DBCA) was established with 3 treatments and 3 repetitions (T0 = base fertilization; T1 = 25% extra fertilization; T2 = 50% extra fertilization) at a phenological stage of three and a half leaves and with three consecutive cuts. Obtaining as a result that the best treatment was T2 for the variables of primary production, height, coverage index and digestibility. For the nutritional values of ash, protein and fat, treatment T2 presented the highest percentages while treatment T1 presented the highest percentage of fiber.

When evaluating the interaction of the coverage index with height, it was found that they present a positive correlation, while the interaction of digestibility with the percentage of fiber presents a negative correlation.

KEY WORDS: *Rye grass, primary production, coverage index, nutritional value, digestibility*

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La ganadería en el Ecuador representa una parte fundamental en el desarrollo del país y su producción pecuaria. Los pastos constituyen la dieta básica en la alimentación de rumiantes y a su vez protegen los suelos de la erosión y restauran la fertilidad del suelo conservando su humedad. El manejo adecuado de la fertilización en el forraje, incide en su calidad obteniendo un rédito económico para el agricultor y mejorando su productividad (Barahona & Amada, 2012, p. 58).

La Red Española de Compostaje (2012), menciona que se necesita un aporte continuo de (N, P, K) para los pastos y forrajes, donde es importante dotar a la planta de mínimo una fertilización en la etapa de crecimiento (p.227).

Estudios en Iowa State University (2013), establecen que las mejores recomendaciones de fertilización en pasto se basan en pruebas de suelo, conociendo las necesidades específicas del cultivo y sus investigaciones han demostrado que el rendimiento medido en forraje seco o días de vaca de pastoreo puede aumentar de 2 a 3 veces si se realiza una adecuada fertilización de N,P,K en conjunto.(p. 9)

Los pastos pueden responder de manera óptima a las aplicaciones de fertilización aumentando el rendimiento hasta un 400%, sin embargo la cantidad adecuada puede variar de 0 a $200kg \times ha^{-1} \times año^{-1}$. Dado que los pastos han sido históricamente una parte descuidada sobre un programa sistemático de manejo en nutrientes, las pruebas del suelo deben utilizarse para determinar con precisión las necesidades de P y K (Keith Kelling, 2002, p. 2).

Eckard y Bartholomew (1995), resaltan la necesidad de una planificación cuidadosa de las estrategias de aplicación de N para los pastizales, con el fin de

justificar económicamente las decisiones de manejo. A partir de los datos presentados, se recomienda que, para garantizar que los rendimientos anuales de rye grass no estén restringidos por la falta de N, se deben aplicar 40 kg de N ha, con una segunda aplicación 6 semanas después. A partir de entonces, se deben aplicar 40 a 50 kg de N ha cada 4 semanas. Y hace énfasis en la necesidad de estudios acerca de la digestibilidad del mismo (pp. 112-116).

Una investigación de fertilización nitrogenada para rye grass realizada en Brasil con cuatro niveles (0; 40; 80 y 120 kg ha⁻¹) y tres repeticiones concluye que al mayor nivel, la fertilización con nitrógeno promueve un aumento significativo y lineal del rendimiento de la materia seca y de la acumulación de proteína bruta. Además señala que es necesario realizar más estudios en la fertilización de K y P respectivamente (Pavinato et al., 2014, pp. 230-237).

Otro estudio con 5 variedades de rye grass en zonas lecheras de Ecuador realizado por Castellanos y Andrés (2009), los cuales hicieron una evaluación morfoagronómica y nutricional recomienda que, para un mejor desempeño, se realice un plan de fertilización y un análisis de digestibilidad para encontrar una respuesta favorable (p. 46).

Respecto a otro macro elemento como es el Fósforo (P), un estudio realizado en la variedad Amazon aplicando roca fosfórica (P); tuvo el mayor porcentaje de materia seca, siendo estos resultados atribuibles a que las características genotípicas de esta variedad responden de manera positiva a este componente.

En variables como crecimiento, índice de cobertura y elongación foliar en rye grass, va en incremento con la aplicación de las dosis de nitrógeno, debido a que estas variables están relacionadas con la producción primaria de la parte aérea de la vegetación (Caiza y Carolina, 2018, p. 39). Lo que concuerda con Benalcázar y

Carranza en el mismo año el cual concluye que, la elongación foliar y el índice de cobertura aumentan proporcionalmente con la aplicación de nitrógeno en rye grass, pasto azul y festuca, relacionándose con la producción de biomasa.(p. 47)

En cuanto a digestibilidad Cevallos (2015), concluye que, el efecto edad de corte y el nivel de fertilización del pasto mostraron una respuesta positiva a la menor edad de corte (35 días) y el mayor nivel de nitrógeno ($200\text{kg}\times\text{ha}^{-1}$) (p.98).

El patrón temporal de la productividad del pasto responde por lo general a cambios en los factores abióticos como el clima, nutrientes y factores bióticos como pastoreo que muestran una importante variación en el producto final y la calidad del forraje, La escasa producción de pasto en los meses fríos del año es en parte una consecuencia de que el suelo tiene baja cantidad de nutrientes imprescindibles para el crecimiento activo de las plantas, en especial potasio y nitrógeno (Agnusdei, 2002, p. 1).

El conjunto de prácticas ganaderas con un buen manejo y fertilización de pasturas aporta un valor estratégico en el sistema pecuario aumentando las posibilidades de potenciar la producción del recurso forrajero con pastizal, fortaleciendo la sustentabilidad del sistema productivo (Osechas y Becerra, 2009, pp. 125-132).

Justificación

La mayor ingesta de nutrientes en los que se basa la ganadería proviene de la cosecha del forraje natural y las pasturas cultivadas. Sin embargo la falta de información sobre niveles adecuados de fertilización y manejo en nuestro país supone un factor limitante para poder analizar curvas de crecimiento y así satisfacer la demanda del sector productivo.

Nuestro sector pecuario tiene varias dificultades para mantener una producción constante y de buena calidad debido principalmente a la mala alimentación suministrada

a los bovinos, aun cuando aproximadamente el 29,4% de hectáreas en nuestro país están destinadas al cultivo de pastos (INEC, 2019).

La producción de leche en el Ecuador depende netamente de la eficiencia productiva de la ganadería, Carlo Pietrobelli y Roberta Rabeloti (2006), determinaron que es necesario un mejor aprovechamiento del territorio disponible el cual junto a la implementación adecuada de fertilización que contribuyan al mejor rendimiento de las pasturas mejorará el desarrollo del país, esto se lo conoce como “cantidad producida vs medios o recursos utilizados” (p.212).

Para lo que es fundamental observar el rendimiento del pasto con sus diferentes niveles de fertilización de acuerdo a los requerimientos de la planta y del suelo, esto en base a los datos obtenidos al realizar una comparación con los parámetros de calidad proteica, altura de tallo y digestibilidad para encontrar el nivel adecuado que mejor rendimiento y rentabilidad proporcione.

Estos parámetros mencionados se pueden llegar a obtener mediante análisis de laboratorio que proporcione los datos necesarios para elaborar la comparación entre diferentes niveles de fertilización y que permita encontrar el adecuado en base a los parámetros productivos.

Debido a la gran cantidad de suelos que son empleados para labores agropecuarias y a las dificultades para mantener una producción de alta calidad en bovinos por falta de conocimiento en manejo de pastos, nos hemos visto en la necesidad de realizar un estudio sobre: manejo y productividad del pasto, con fertilización que proporcione los requerimientos adecuados para el desarrollo del pasto y a su vez contribuya con las necesidades del ganado en producción.

La evaluación de la respuesta productiva se lo realizará con los tres niveles de fertilización (0%; 25%; 50%) de N, P, K. En la cual se tomará como edad de corte la

etapa fenológica de un estudio realizado por Rolando Demanet (2019), el cual establece que “los niveles de carbohidratos se encuentran en su mejor estado a partir de 3,5 hojas en el rebrote” y mediante los niveles de fertilización realizar un análisis proximal de laboratorio para los resultados finales con el fin de que se utilice nivel adecuado para los sistemas de producción agropecuaria y que los animales y agricultores se vean beneficiados en la calidad de forraje evitando un sobre y subpastoreo generando la cual proporcione un abastecimiento logrando un alimento de calidad además de sostenibilidad agrícola y pecuaria (pp.171-193).

Se debe tener en cuenta que para estos análisis el pasto debe permanecer en las mismas condiciones para que no exista problemas al momento de escoger el nivel de fertilización adecuado que cumpla con los requerimientos exigidos.

Objetivos

Objetivo General

Determinar el efecto de tres niveles de fertilización N, P, K (0%; 25%; 50%) mediante la respuesta agronómica con pruebas de digestibilidad para mejorar la productividad en *Lolium perenne* (Var. amazon) en la hacienda El Prado IASA I.

Objetivos Específicos

- Determinar el nivel adecuado de N, P, K en la respuesta productiva de *Lolium perenne* (var. Amazon).
- Determinar el valor nutricional y de digestibilidad de la materia seca a los diferentes niveles de fertilización.
- Determinar el índice de cobertura y la altura de acuerdo a los niveles de fertilización.
- Determinar el tratamiento más rentable económicamente para la producción de *Lolium perenne* (var. Amazon).

Hipótesis

Ho: Los niveles de fertilización (N, P, K) tienen un efecto sobre el comportamiento agronómico y la productividad del pasto Amazon

Hi: Los niveles de fertilización (N, P, K) no tienen un efecto sobre el comportamiento agronómico y la productividad del pasto Amazon

Capítulo II

Revisión de Literatura

Generalidades

Como es de conocimiento general, la ganadería en el país es una actividad que genera un fuerte ingreso al país y cada año va en aumento debido a la producción animal que necesita abastecer la población y esta crece cada año. Esto a su vez se traduce en necesidad de alimento para los animales (Martorell & Vallés, 1999, pp. 31-33).

Por este motivo la superficie destinada a pastizales debe ser superior a la de otros cultivos así tenemos que; en 2019 la superficie fue de 5.110.549 hectáreas (ver Tabla 1) y la mayor cantidad de terreno se encontraba en los pastos cultivados, sin embargo la producción no es la óptima (INEC, 2019).

Tabla 1

Superficie destinada a cultivos en Ecuador

Categoría	Superficie (ha)
Pastos naturales	915.843
Cultivos transitorios y barbecho	769.708
Cultivos permanentes	1.439.504
Pastos cultivados	1.985.494
Total	5.110.549

Nota. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. (INEC, 2019)

Un pasto es cualquier planta natural o cultivada, que se reproduce sobre la superficie del suelo la cual sea de beneficio para el ganado en su alimentación mientras

este circula, dichas especies deben mantener un buen rebrote y resistencia al pisoteo de los animales, por otro lado los forrajes son especies establecidas con el objetivo de suplir las necesidades nutricionales de los animales (INTA, 2016, pp. 61-69).

Los pastos se desarrollan en sitios en los cuales los cultivos están limitados por la humedad, pH, fertilidad y también por encontrarse distantes a los centros urbanos por su ventaja para desarrollarse a campo abierto y son de alta importancia ya que contribuyen a la subsistencia de 800 millones de personas, son una fuente de alimentación para el ganado, brindan protección al medio ambiente, proporcionan hábitat para la flora y fauna y ayudan a la conservación in situ de recursos filogenéticos, es por esto y debido al aumento de la población que se busca mejorar su conservación y aprovecharlos de mejor forma (Marcos Becerra, 2015).

Los pastizales del Ecuador son para el sector pecuario base fundamental en el desarrollo económico – social de la población el cual satisface las demandas de alimentos esenciales como carne y leche, debido a esto con un manejo óptimo se puede generar ingresos y mano de obra ya que nuestro país tiene condiciones para producir durante todo el año (Ramiro León et al., 2018, pp. 105-109).

Según la Cámara de Agricultura del sistema de la Integración Centroamericana SICA, los principales alimentos del ganado bovino en Ecuador son: pastos 93,3%, ensilaje 1,5%, heno 0,7%, banano 1%, balanceado 0,2% y otros 3,4%

Así se puede observar que los pastos juegan un papel importante en la producción ganadera ya que estos son la fuente de alimentación de los herbívoros y son menos costosos que suministrar granos ya que aparte competirían con la alimentación humana generando una escasez de estos.

Para una buena producción animal se debe tomar en cuenta la pirámide la cual tiene como base la sanidad y alimentación (ver Figura 1) y de esta manera entender

que si la alimentación viene de las praderas la sanidad estaría relacionada con la misma entonces se necesita una pradera de calidad.

Con este enfoque se debe desarrollar tecnologías que garanticen una buena productividad por animal y unidad de superficie aprovechando al máximo la calidad del pasto (Bernués et al., 2007, p. 5).

Figura 1

Pirámide de la Producción Animal



Nota. El gráfico muestra la jerarquía para la producción (Hernández, 2014)

La calidad de los pastos depende de varios factores entre los cuales podemos destacar, época del año, fertilidad del suelo, edad del pasto, digestibilidad del pasto, entre otros. También se debe tener en cuenta que un buen pasto fresco es la fuente de producción para un rendimiento de calidad e incluso para conservarlo (Beguet, H. A, 2002, p. 5).

Manejo de Pastos

El éxito para poder aprovechar al máximo la producción, su eficiencia y sus diversos usos radica en el manejo adecuado de los pastos, se debe tomar en cuenta su fertilización, uso de la pradera, tiempos de descanso y sistema de pastoreo.

Para ello un manejo correcto del pasto debe considerar sistemas del uso de pasturas en las cuales favorezcan una cosecha eficiente del pasto en su estado óptimo de crecimiento, con una adecuada relación y con niveles adecuados de nutrientes para maximizar una producción animal por unidad de superficie (León,R, 2003, p. 121).

Composición de los Pastos

Los pastos tienen una amplia composición que nos permite determinar entre un buen pasto y uno que no cumple con las necesidades adecuadas, así tenemos: proteína, fibra, grasa, humedad, ceniza y energía.

Proteína Bruta

Una gran mayoría de las proteínas contenidas en los forrajes son específicas de cada especie y su valor es distinto ya que depende del contenido de aminoácidos, la otra parte de proteínas en los forrajes dependen de varios factores entre la planta y el ambiente (León et al., 2018, pp. 115-122).

Si el contenido de proteína es bajo supone una disminución del consumo de forraje, se debe dar al pasto condiciones adecuadas para su desarrollo y que no lleguen a su nivel crítico que se encuentra aproximadamente en 7% de base seca, para la valoración de requerimientos nutricionales en el pasto la proteína es importante ya que esta decide si es apto o no para el animal (Rodríguez, 2007, p. 4).

Fibra Bruta

Esta sección está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, estas constituyen el esqueleto de las plantas y comprenden alrededor del 40 a 80% de la materia en seco. Representa la porción no digerible es por esto que mientras mayor sea su concentración en un producto este a su vez pierde valor alimenticio, por otra parte la fibra influye en el proceso de digestión porque de su presencia depende la eficiencia en

la fermentación de nutrientes digeridos. Una escasez de la misma afecta la fermentación ruminal y causa disfunciones en el metabolismo del animal.

Las bacterias descomponen la fibra en ácidos grasos volátiles y estos se absorben en la pared ruminal para ser transportados al hígado donde se convierten en glucosa para todo este proceso la lignina y la sílice son factores limitantes de la digestibilidad en los pastos (Ramiro León et al., 2018, pp. 351-368).

Humedad

El componente más abundante de los pastos se encuentra en la humedad ya que si no contienen el agua suficiente para cubrir las necesidades, el animal necesita complementarla con bebida, si el pasto no cuenta con la humedad adecuada se dificulta la digestión de alimentos fibrosos, como ejemplo tenemos que “una unidad bovina requiere de 80 litros de agua al día aproximadamente el 10% de su peso vivo”(Ramiro León et al., 2018, pp. 370-375).

La leche está constituida por un 87% de agua por lo que es el principal nutriente para sostener la lactación y cualquier restricción en el suministro refleja una baja en la producción de la misma (Milera et al., 2007, p. 3).

Ceniza

Son un complejo de materiales inorgánicos provenientes del suelo los cuales fueron absorbidos por la planta y después mediante la fotosíntesis asimilados. Las cenizas son importantes ya que representan el contenido de minerales y permiten saber cuál es el aporte de minerales en el forraje para el animal que lo consume.

Los forrajes en su mayoría contienen de 5 a 10% de minerales en la materia seca, esto es aproximadamente un 2% del peso fresco de estos (Ramiro León et al., 2018, pp. 377-381).

Grasa

Son la fuente concentrada de energía. El contenido de lípidos en las hojas varía entre 3 a 10 % y este es afectado por la edad. Los lípidos tienen diferentes componentes, la mayor parte de están compuestos por galactolípidos y fosfolípidos estos a su vez se encuentran la mayor parte en los cloroplastos. Cabe mencionar que el ácido linolénico constituye entre el 60 a 70% del total de ácidos grasos y es de importancia nutricional (Ramiro León et al., 2018, pp. 382-384).

Energía

Los alimentos son usados principalmente como fuente de energía. Los agentes nutritivos como son: proteínas, grasas y carbohidratos proporcionan energía. Por lo tanto los valores energéticos que se encuentran en los alimentos se combinan y se expresan como:

- Energía Bruta (EB): contenido total de energía del alimento medido por bomba calorimétrica.
- Energía Digerible: (ED): porción de energía que es consumida por el animal.
- Energía Metabolizable (EM): aquella parte de energía consumida la cual puede hacerse uso para procesos fisiológicos.
- Energía Neta (EN): Es la porción de energía que puede convertirse en trabajo, leche, huevos, entre otros.(Ramiro León et al., 2018, pp. 386-389).

Arciniegas-Torres y Flórez-Delgado (2018), realizaron un estudio en Colombia el cual determinó que la baja ingesta de energía es una causa fundamental del bajo crecimiento de los animales, también influye en la producción de leche y disminuye el porcentaje de fertilidad, por esto la energía interviene en la eficiencia de los sistemas pastoriles y en la producción (pp.107-116).

Fertilización

Los pastos de alta producción pueden llegar a producir 8 cosechas por año pero requieren una gran demanda de nutrientes, debido a su manejo intensivo estos absorben una fuente considerable de elementos en el suelo (Nancy Cox, 2020, pp. 22-23).

Para establecer cualquier programa de fertilización en las pasturas, es necesario contar con datos sobre la capacidad potencial que posee dicho suelo con lo cual se puede determinar si está apto para un sistema intensivo de producción. Al hacer uso de fertilización, es recomendable hacer un análisis de nutrientes que nos proporcione las características del suelo tanto físicas como químicas para poder realizar los correctivos y formular las cantidades adecuadas a aplicar (Kelling, 2002, p. 2).

Para lograr un buen desarrollo y vigor del pasto se debe fertilizar en cada corte siguiendo la dosis que emite el análisis de suelo tomando como referencia la aplicación de “nitrógeno de mínimo 400 kg/ha al año, para regular el pH se sugiere realizar una aplicación de cal si es necesario” (Eckard et al., 1995, pp. 112-116).

“En sistemas de pastoreo aproximadamente el 80% del nitrógeno, potasio y fósforo se devuelve al terreno mediante heces y orina del animal”, por otra parte en corte se debe tomar en cuenta esto al momento de fertilizar ya que no existe un retorno de los nutrientes y por ello se debe aplicar una mayor cantidad para que se compensen los nutrientes removidos (Martin, 2015).

Los rendimientos se verán notablemente afectados si los nutrientes removidos por el pasto no son restituidos al suelo y no podrán proporcionar las demandas de elementos que el cultivo requiere, También se debe tomar en cuenta que la fertilidad del suelo influye directamente al crecimiento y producción de la planta que a su vez tiene relación con el crecimiento y producción de los animales (Duggan, 2016, p.3).

Ramírez (2005) sostiene que la fertilización es fundamental para mantener los niveles de producción deseados y constituye un factor de suma importancia en la producción pecuaria esta se debe realizar en dos etapas:

Corrección inicial de los nutrientes faltantes en el suelo para llevarlo a los niveles adecuados según el objetivo del productor y mantenimiento de la fertilidad devolviéndole al suelo los nutrientes extraídos por las plantas (pp. 131-142).

Jiménez (2009), dice que la fertilización adecuada mejora la calidad y aumenta cantidad de forraje y a su vez se incrementa la capacidad de mantenimiento y la producción por área. “Los pastos de alta producción requieren una adecuada fertilización del suelo ya que estos pastos pueden remover una gran cantidad de nutrientes”, debido a su capacidad productiva de especies mejoradas con las cuales se busca en promedio 9 a 10 cosechas en el año (p. 61).

Para establecer los niveles de fertilización se deben hacer en base a los análisis químicos de suelo y también a los requerimientos del pasto (Canals y Sebastià, 2000, pp. 23-30).

Por lo general la oferta de nutrientes que son proporcionados por el ambiente resulta insuficiente para satisfacer los requerimientos de los pastos más productivos. En nuestro entorno productivo los nutrientes que representan un factor limitante son principalmente fósforo (K) y nitrógeno (N) (Danilo Pezo y Francisco J. García, 2018, p. 24).

Los cultivos forrajeros mal nutridos producen un rendimiento inferior a los fertilizados sino que también aportan menos carbono, generan menor calidad nutritiva e inician un proceso de degradación en los suelos (Errecart et al., 2014, pp. 318-330)

La diversidad de especies que componen un pastizal hace que coexistan organismos con diferentes requerimientos en su ingesta, si fertilizamos un pastizal

degradado puede ocurrir que se pierda una parte importante del producto aplicado o puede incrementar el crecimiento de malezas (Aiello, 2015, p. 22).

Sheaffer y Halgerson (2006), reportaron que para verdeos de invierno como raigrass y avena se han determinado un crecimiento en la producción de forraje con la aplicación de nitrógeno y Potasio con una eficiencia de uso entre 7 y 42 kg de materia seca por kilogramo de nitrógeno agregado. (p.13)

Factores a Considerar

Al planificar una fertilización se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El nivel de fertilización depende del potencial productivo de la especie forrajera, del tipo de ganado y del sistema de explotación.
- Los principales objetivos de la fertilización deben estar orientados a mejorar la calidad del pasto, recuperación más rápida del suelo y un aumento en la resistencia de las plantas.
- Al aumentar los niveles de fertilización existe un límite con el cual se obtendrá la mejor respuesta animal.
- Los niveles adecuados de fertilización disminuyen los costos de producción por unidad de superficie (León,R, 2003, pp. 43-46).

Ventajas

- Se asegura una abundante y continua producción en todo el año
- Las especies compensan su crecimiento frente a diferentes factores climáticos
- Mejora la resistencia de las plantas frente a plagas y enfermedades
- Se acorta el tiempo de crecimiento
- Se alarga el periodo de producción (menor variación en el año)

Fuentes de Fertilizantes Nitrogenados y Fosfatados

La cantidad de N en el suelo disponible para la planta es mínima. Por este motivo es necesario suplir este nutriente a las praderas con regularidad a través de un programa de fertilización. (Bernal, 1994, p. 138), Por otra parte el fósforo es uno de los elementos más esenciales para el crecimiento y funcionamiento de la planta debido a que favorece al desarrollo de la raíz, Además este no se encuentra muy disponible en la corteza terrestre debido a su baja movilidad es por esto que la planta absorbe mínimas cantidades del mismo (Cuichan y Euclides, 2015, p. 65).

Nitrógeno

La concentración de Nitrógeno en materia seca oscila entre 1 a 5%. Un pasto con buen contenido de nitrógeno se encuentra alrededor de un 4% y bajo cuando se encuentra inferior a un 2,9%. La proteína del forraje es la principal fuente de N para los animales de la misma forma que las plantas lo necesitan en grandes cantidades, si el nivel no es el adecuado se debe suministrar para no perder la producción (Carranza & Pamela, 2018, p. 34).

El nitrógeno es el principal elemento que influye en el crecimiento, al controlar la promoción de brotes, aumentar el número y tamaño de hojas por planta, producción de materia seca y la calidad del pasto, debido a que interviene en el contenido de proteína.

En lo referente a rendimiento de materia seca la dosis de nitrógeno ayuda en el aumento de la misma hasta llegar a un límite y luego va decreciendo con aplicaciones que superen ese límite. La cantidad de nitrógeno es variante dependiendo de la edad del pasto, disponibilidad en el suelo, época del año, entre otros.

La aplicación de nitrógeno se debe realizar en pequeñas fracciones para evitar las pérdidas que suelen ocurrir por lavado. Cuando se realiza un corte o pastoreo es recomendable esperar unos 7 días para aplicar el fertilizante con la finalidad de que el

cultivo haya empezado el crecimiento de nuevas raíces para una buena absorción del nitrógeno aplicado (Errecart et al., 2014, p. 300).

Para la siembra no se debe aplicar nitrógeno ya que este ayuda a la promoción de follaje y en la primera etapa se necesita hacer un énfasis en las raíces, es por esto que se recomienda esperar a que la planta posea una cantidad de hojas que cumplan la actividad del proceso fotosintético y de esta forma mejorar la eficiencia de aplicación. Entre las fuentes más comunes está la urea, el sulfato de amonio y el nitrato de amonio (ver Tabla 2)

La dosis de nitrógeno está relacionada al análisis previo del suelo y el tipo de uso que se le quiera dar, las especies mejoradas con un alto rendimiento y en condiciones intensivas requieren valores de 60 a 80 kg de N por hectárea después de cada corte en climas cálidos y cada dos cortes en clima frío, esto también puede verse influido en la cantidad de nutrientes que presente el suelo. (Marino et al., 2004, p. 8)

El nitrógeno será aprovechado de mejor forma si se fracciona su dosis por año en tres o cuatro partes y también se debe aprovechar la época de lluvia o combinarlo con un buen riego, si existe una cantidad considerable de lluvias intensas se puede aumentar el fraccionado de la dosis para lo cual éstos no deben sobrepasar los 60kg/ha en los pastos de alto rendimiento, y esta absorción aumenta con la luz y humedad que posea dicho suelo (Parra, 2012, pp. 88-89).

Tabla 2*Principales fuentes de N utilizadas para pastos*

Fuente de Nitrógeno	Concentración de N
Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46%
Sulfato de Amonio $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	21%
Nitrato de Amonio	34%

Nota. Fuentes de uso ganadero para mejorar las pasturas (León,R, 2003)

Efectos de la Fertilización Nitrogenada. La fertilización nitrogenada, a través de sus efectos sobre la morfogénesis, modifica el conjunto de variables que caracterizan la estructura de las pasturas. Las principales variables que se modifican son: tamaño final de las hojas, largo del pseudotallo y tallo, densidad y peso final, También incrementa la tasa de aparición y la densidad de macollos de pasturas de gramíneas en condiciones de corte. Los incrementos que se observan sobre la tasa de aparición de macollos en respuesta a la fertilización nitrogenada pueden ser parcialmente explicados por un efecto directo del nitrógeno sobre la activación de los meristemas potencialmente productores de nuevos individuos. Concentración de proteína bruta y nitrógeno total, en condiciones no limitantes de humedad y de otros nutrientes, la fertilización con nitrógeno en invierno determina aumentos en la concentración de N total y de proteína en el forraje de gramíneas (Anglade et al., 2015, p. 15).

Fósforo

Una gran cantidad de zonas que se dedican a ganadería poseen terrenos deficientes en fósforo ya que es un elemento de baja movilidad en el suelo y se

presenta por lo general en compuestos de difícil solubilidad y compleja liberación, para lo cual se necesita la aplicación de este elemento para un buen rendimiento.

Para obtener una buena respuesta en las pasturas se requiere aplicar una alta dosis de fósforo en suelos que tengan un alto contenido de materia orgánica debido a que la fijación de este es por medio de la misma, a diferencia del nitrógeno su respuesta es menos notoria pero en producciones intensivas se hace un elemento indispensable (Bavera, 2000, p. 5).

El momento más importante en la aplicación de fósforo ocurre en la siembra ya que este es promotor del crecimiento de las raíces, ayudando a que la planta pueda establecerse, es aconsejable aplicar fuentes solubles en agua y hacerlo cerca de la raíz ayudando a su absorción y evitando las pérdidas por inmovilización.

La dosis de aplicación se basa en el análisis de suelo, el tipo de manejo y la pastura, puede estar entre 50 y 110 kg de P_2O_5 /ha/año, por otra parte estudios realizados en Uruguay establecen que se necesita 10 a 30 kg de superfosfato/ ha para que aumente en en 1 ppm de P al suelo pero estos valores son dependientes del tipo de suelo y cantidad de materia orgánica, cabe mencionar que estas dosis de referencia sirven cuando se aplica al voleo (Valdiviezo, 2012, p. 75).

El fósforo es un elemento importante en la fotosíntesis ya que se transloca a los tejidos vegetales, también interviene en varios procesos metabólicos de las células y actúa como regulador de diferentes procesos enzimáticos, pero principalmente, es promotor del desarrollo radicular y también se encuentra relacionado con la molécula de ATP cumpliendo procesos energéticos en el cultivo. (Molina, 2016, pp. 66-73)

Cuando existe deficiencia en fósforo se pueden presentar problemas en el tamaño de la planta, un lento desarrollo y su maduración se retrasa, También las

cosechas se reducen aún sin poder visualizar las deficiencias de este (Valdiviezo, 2012, p. 75).

La fertilización fosfatada en mezclas forrajeras es clave para restablecer nutrientes al suelo, obtener plantas vigorosas y promover un rápido crecimiento radicular aumentando la resistencia de la planta a la falta de agua (Molina, 2016, pp. 66-73).

La fertilización de fósforo constituye una de las aplicaciones más importantes para el agricultor ya que como el nitrógeno, el fósforo es un factor de suma importancia para la planta principalmente en la fase de crecimiento, por ello es un elemento que regula la vegetación y su calidad. Entre los más utilizados se encuentran el fosfato diamónico que es un complejo granulado muy que lo utilizan los agricultores en suelos de origen calcáreos y alcalinos este a su vez tiene una alta solubilidad en el agua, garantizando una rápida respuesta a la fertilización (Molina, 2016, pp. 66-73).

Por otra parte tenemos también las rocas fosfóricas que pueden ser utilizadas ya sea como materia prima para la fabricación industrial de los fertilizantes fosfatados solubles en agua o bien como fuentes de fósforo para la aplicación directa en la agricultura (FAO, 2007).

Potasio

Es un elemento de suma importancia pero que no se toma muy en cuenta ya que el contenido de este en un forraje promedio sufre las necesidades de los animales pero, la necesidad del cultivo es superior, y para mantener una buena producción es necesario aplicar este elemento ya que si se aplica altas dosis de nitrógeno el potasio será un limitante en el rendimiento (Castillo, 2011, pp. 29-31).

Los fertilizantes con potasio al tener una interacción con el nitrógeno proporcionan un excelente rendimiento en las pasturas ya que en producciones

intensivas se aumentan los niveles de nitrógeno pero los pastos extraen una cantidad mayor de potasio que impide mantener la producción si no es suplementado. De igual forma que el fósforo, “se puede aplicar en la siembra ya que son promotores de las nuevas raíces” y también es necesario debido a que en la siembra no se tiene una restitución de este elemento mediante los animales (León,R, 2003, p. 112).

Como elemento posee la característica de ser móvil en la planta y es indispensable en varias funciones como: metabolismo del nitrógeno, carbohidratos, permite regular elementos esenciales y también interviene en la síntesis de proteína, incrementa el número de rebrotes, además ayuda a mantener la turgencia y fijación de la planta (Losada y Rodríguez, 2011, p. 210).

Métodos de Aplicación

Existen varias formas de aplicar fertilizantes ya que esto busca aprovechar al máximo los elementos para reducir pérdidas por volatilización y mejorar el rendimiento del cultivo, entre las más frecuentes tenemos: aplicación directa al suelo (granulados), en dilución (mediante riego), aplicado al follaje (foliares).

Para el pasto la forma más utilizada es directamente al suelo por “voleo” por la cual se hace a la pastura en general, si el pasto se encuentra sembrado por hileras se puede aplicar en cada planta a este se lo “denomina en banda”, en estas su aprovechamiento depende de la humedad del suelo. (Cuestas y Vinicio, 2011, p. 30) Otra forma es aplicarlo por el riego en forma de solución ya que mantiene un buen crecimiento del pasto pero surgen varios inconvenientes como: tener un buen sistema del mismo y una capacidad de aspersion adecuada para una buena distribución ya que pueden ocurrir grandes pérdidas de fertilizante y además de su elevado costo, sin embargo si se posee los recursos es una muy buena opción (Pezo y García, 2018, p. 27).

Por último la aplicación foliar se utiliza generalmente para corregir problemas puntuales como: deficiencia de nutrientes, daños físicos, mejorar la absorción de un elemento, entre otros, se debe tener en cuenta que la aplicación foliar requiere de surfactantes para reducir la tensión superficial y de esta manera facilitar la absorción de los elementos, también es necesario tomar en cuenta la radiación ya que elementos como la urea no se pueden aplicar de manera foliar si esta se encuentra alta.

Entre las fuentes más utilizadas para fertilizar se encuentra la urea y el sulfato de amonio para el nitrógeno, para el fósforo es utilizado el superfosfato triple y roca fosfórica, para el potasio entre las más utilizadas está el cloruro de potasio y el sulfato de potasio, este a su vez se debe tener en cuenta con la cantidad de nitrógeno aplicada ya que de por sí solo no muestra resultados significantes al ser incorporado en las pasturas (Cuestas y Vinicio, 2011, p. 32).

Eficiencia de la Fertilización

La cantidad de nutrientes recuperados que se encuentran en el forraje producido tiene un impacto en cuanto a los costos de producción que se traduce directamente a la cantidad de fertilizante a utilizar. Todos los suelos no poseen la misma respuesta a la fertilización debido a que es afectada por la eficiencia del suelo de acuerdo a su tipo, esto es determinado por su textura, estructura, porosidad, materia orgánica, entre otros.

En general, la eficiencia dependerá de cómo se aplique el fertilizante y el tipo de suelo en el cual se desarrolle el pasto, también se lo puede realizar mediante el aumento de materia seca o biomasa resultante de un determinado nivel y comparando con los otros niveles para encontrar el adecuado (Pezo y García, 2018, p. 38).

Factores que Limitan la Eficiencia. Como es de conocimiento la eficiencia obtenida mediante un fertilizante tiene un punto óptimo de respuesta a determinado nivel, sin embargo es necesario recordar que la cantidad de forraje por kilogramo de

fertilizante puede verse afectada por: época anual: debido a que se necesita humedad en el suelo para que el fertilizante se asimile de la mejor forma posible, también existe una mejor respuesta en meses que posean una humedad y cantidad de luz adecuada que permita el desarrollo fotosintético, tipo de pasto: existe una diferencia entre pastos naturales o variedades tetraploides y de mayor potencial de producción que presentan mejor crecimiento por kilogramo de fertilizante, tipo de fertilizante: fertilizantes que liberan los nutrientes de forma más acelerada que otros y permitiendo obtener una respuesta en menor tiempo, características del suelo: esto está relacionado con el tipo de arcilla en el suelo y su porosidad ya que existen varios tipos de suelo entre los cuales es necesario conocer la cantidad de absorción que presentan ya que los elementos pueden localizarse en capas internas y ciertas plantas son incapaces de llegar debido a sus raíces, dosis: al realizar un fraccionado de la dosis se previene que se pierda fertilizante si la cantidad de nutrientes disponibles supera la capacidad que tiene ese cultivo para absorber el fertilizante.

Características del Pasto

Rye grass Perenne

El rye grass perenne es de gran importancia como especie forrajera y pastura en varios países como: Chile, Argentina, Ecuador, Estados Unidos y Holanda. Debido a que son destinados a la alimentación de bovinos entre los cuales tenemos vacas lecheras para mejorar su productividad, también son usados en parques o zonas de recreación (Ramiro León et al., 2018, p. 428).

Rye Grass Perenne: Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Pooideae

Género: *Lolium*

Especie: *Lolium perenne* L.

Morfología y Descripción

Fue el primer pasto cultivado para el forraje su origen proviene de las zonas templadas del Asia y del Norte de África. En el Ecuador su ciclo vegetativo es de una duración corta debido a varias razones como son: competencia con otras especies como kikuyo, pajilla y otros, deficiente fertilización y riego lo cual genera stress que no permite su correcto desarrollo.

Tiene una forma de matas densas con un abundante follaje y puede alcanzar alturas de 60 cm, la base de los macollos es de color rojizo, hojas cortas y sin vellosidades, plegadas en la yema, su envés posee un color oscuro brillante. Su sistema radicular tiene la mayor parte del desarrollo a los 20 cm de profundidad (INTA, 2016, p. 67).

Adaptación

El clima ideal es el templado frío con una temperatura de 8 °C , soporta las heladas, no soporta temperaturas altas que excedan los 25 °C tampoco la sequía la superficie en la cual crece se encuentra en los 2500 a 3600 msnm. Necesita con un buen aporte de nitrógeno; suelos arcillosos o francos con un pH ácido que tengan abundante humedad.

Manejo

En siembra por método de voleo se utiliza unos 40 kg de siembra aunque se puede realizar con máquina o en líneas para lo que se necesita aproximadamente 30 a 35 kg de semilla.

Debido a su tolerancia al pisoteo y defoliación así como su altura este pasto es ideal para el pastoreo y se lo considera imprescindible en los potreros de nuestra región andina, sirve como amortiguador del desarrollo de especies indeseadas.

Su rendimiento en condiciones normales es de 100t /MV/ha/año, eso corresponde a unas 15t por corte en pastoreos cada 21- 25- 28- 30 -35 días (ver Tabla 3). Se le considera como una de las hierbas con mejores valores nutritivos, las variedades diploides tienen un 17,5 % de proteína, los tetraploides 25% de proteína. Las hojas pueden tener 3 a 3,4 Mcal/ kg (Martorell y Vallés, 1999, p. 117).

Tabla 3

Características de adaptabilidad en Rye grass Diploide y Tetraploide

Genética	Perenne Diploide
Densidad de Siembra	35 – 55 kg / ha
Adaptabilidad	2200 – 3200 msnm
PH	5 - 7
Primer Corte	60 a 75 días
*Intervalo de Corte	28 a 35 días
Producción (Ton/ año)	80 – 100
*Intervalo de Corte (Tetraploide)	26 – 32 días

Nota. El pasto diploide está ubicado primero en la tabla y se diferencian por un asterisco (Ramiro León et al., 2018, p. 39).

Los pastos a medida que avanza su estado fisiológico también experimentan cambios bioquímicos, entre los más importantes se encuentra la relación Humedad / Materia Seca y también aumentan la cantidad de almidón y cambian la relación tallo, hojas y espiga.

Las plantas tienen indicadores morfológicos que tienen la humedad adecuada para ser cortada y esto es cuando tienen un 70% de humedad ya que con cantidades superiores a este valor presentan mayor cantidad de lixiviados y por otra parte si son menores se dificulta la comparación (Gómez García, 2008, p. 201).

Digestibilidad

La evaluación de digestibilidad en forrajes es de suma importancia ya que permite observar los valores de energía, proteínas y el potencial de ingesta del alimento en los sistemas de producción.

Existen varios tipos de pruebas para digestibilidad entre las que tenemos: in situ, in vitro, in vivo. Se debe tener en cuenta que las técnicas in vivo representan de manera más clara ya que es la digestibilidad real lo que no pasa con la técnica en laboratorio que simula esa digestión, sin embargo cada una proporciona sus ventajas y también depende de los medios disponibles y el capital económico.

Proceso de Digestión en Rumiantes

El principal proceso de digestión tiene lugar en el estómago que a diferencia de los monogástricos los rumiantes está dividido en cuatro compartimentos: rumen, retículo, omaso y abomaso. En el rumen, que es el de mayor volumen y está formado por una membrana mucosa se produce el mecanismo de absorción de los productos como ácidos grasos volátiles originados a partir de la digestión. También se absorbe el amoníaco resultante de la hidrólisis de la urea que se origina en la saliva. Con la ayuda

del hígado el amoníaco resultante es transformado en urea la cual es eliminada en parte por la orina (Stefanska et al., 2008, p. 3).

El material que no se pudo absorber en el rumen es procesado en el omaso el cual está formado por pliegues cubiertos de papilas. En el omaso se produce la absorción de líquidos con la finalidad de evitar que se diluyan las enzimas y se genere un material concentrado.

El material llega al abomaso que es similar al estómago que poseen los monogástricos y este secreta ácido clorhídrico y pepsina que hidroliza las proteínas, Aquí se encuentra el resultado final de la digestión microbiana formada en el rumen y su Ph se encuentra entre 2 y 3 para que las enzimas digestivas cumplan correctamente su función (Travieso et al., 1999, p. 50).

Microorganismos en el Rumen

Los microorganismos están presentes en el rumen como bacterias y protozoarios en su mayoría, su concentración es muy dependiente del tipo de dieta ya que puede variar su porcentaje. Las bacterias producto de su digestión generan los ácidos grasos volátiles y estos a su vez son neutralizados con la ayuda de la saliva, estos ácidos son la fuente principal de energía en los rumiantes que le permite realizar varios procesos al animal (Rodríguez, 2007, p. 8).

La población microbiana cumple varios procesos ya que aparte de degradar los alimentos también sintetiza proteínas propias, esto permite usar fuentes de nitrógeno que sean económicas sin afectar a la deficiencia en los aminoácidos que sea esenciales ya que las bacterias se encargan de sintetizarlos. También se sintetizan vitaminas B y K las cuales ayudan a la dieta del animal (González García, Héctor et al., 2015, p. 30).

Técnicas para Evaluar Digestibilidad

Método in Vitro. Esta técnica se basa en simular el proceso de digestión que realiza el animal, el más usado es el de Van Soest que ayuda en una valoración más rápida el cual consiste en colocar el alimento en incubación por un periodo de 48 horas con líquido ruminal a 39 grados centígrados. Una vez obtenido el residuo se realiza un tratamiento con una solución neutro detergente por un lapso de 1 hora a 100 grados centígrados. Los valores obtenidos son una aproximación a la digestibilidad real y se requiere agregar pepsina acida para la digestión de la proteína (Travieso et al., 1999, p. 55).

Método in Situ. Esta técnica es más utilizada cuando no se tienen el equipo necesario para realizar una in vitro, y es usada cuando se requiere evaluar suplementos en la degradabilidad de la fibra de los forrajes para analizar las interacciones que pueden ocurrir entre nutrientes, otro uso es cuando se quiere evaluar sustancias anti-cualitativas que pueden estar afectando la calidad del forraje (Stefanska et al., 2008, p. 4).

Consiste en introducir bolsas con el material a evaluar en el interior de la fistula y por un determinado tiempo evaluar la cantidad de alimento aprovechada por el animal, Poseen una ligera ventaja ya que en las in vitro se utiliza un sistema sin recambio de los flujos que se liberan en los que se puede encontrar sustancias anti-cualitativas y con eso afectar el resultado (Cevallos, 2015, pp. 65-69).

Método in Vivo. Para este método se requiere un tiempo de 10 días de adaptación y 12 de muestreo y al momento de iniciar la fase se aloja a los animales en corrales individuales que tengan un piso de concreto para poder separar la orina y las heces.

Una vez realizada la fase de adaptación se evalúa el consumo de alimento entre la diferencia de la ms del alimento suministrado menos el alimento rechazado. La

determinación de la digestibilidad se obtiene mediante la colección de las heces por un periodo de una semana y se procede a realizar un análisis y obtener el contenido de celulosa, materia seca, hemicelulosa y fibra detergente neutra

Se procede a realizar una relación entre las heces recogidas con el alimento consumido en materia seca, fibra detergente neutra y los cambios en el peso vivo (González García, Héctor et al., 2015, p. 32).

Factores limitantes en la Digestibilidad

- Etapa de crecimiento del cultivo: depende de la etapa en que se encuentre ya que esta va disminuyendo conforme la edad debido a que la cantidad de pared celular aumenta.
- Clima y época del año: ya que estas se puedan dar en etapas de desarrollo impidiendo llegar a su estado óptimo, también la temperatura afecta la digestibilidad del animal.
- Edad del animal: Los animales de mayor edad empiezan a presentar un mejor desarrollo en su actividad enzimática permitiéndoles degradar los nutrientes.
- Ración alimenticia: si existe un exceso en el almidón ya que dificulta la degradación de fibra de la planta.
- Diferencias del cultivo: debido a que cada especie tiene su contenido de celulosa, hemicelulosa lo cual varía el grado de asimilación del animal.
- Microorganismos presentes: la densidad de microorganismos influye en su acción enzimática en la pared de los carbohidratos que se encuentren.

Capítulo III

Materiales y Métodos

Ubicación del Lugar de Investigación

Ubicación Política

La fase práctica del presente ensayo se realizó en la parroquia de San Fernando, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha, Hacienda "El Prado", lote 23 el cual posee una extensión de 18,980.00m² ubicado en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

Ubicación Geográfica

Latitud: 0°23'1.99"S

Longitud: 78°24'51.79"O

Altitud: 2722 m.s.n.m.

Ubicación Ecológica

Temperatura Media: 13.50 °C

Precipitación: 1093.6 mm

Región: Bosque húmedo-montano

Ubicación del Ensayo

Figura 2

Vista aérea lote 23 IASA I



Nota. Lugar donde se realizó la investigación de campo.
Obtenido de: <https://www.google.com/intl/es/earth/>.

Metodología

En la presente investigación se evaluó el rendimiento, altura, porcentaje de cobertura y valor nutricional mediante un análisis bromatológico del Ray Grass (*Lolium perenne*) fertilizado con los 3 tratamientos en tres fechas de corte.

Determinación de los Tratamientos

Reconocimiento del Área. Para determinar los niveles de fertilización se procedió a realizar un análisis de suelo previo del lote 23 en el cual se realizó la investigación (ver Figura 3)

Figura 3

Reconocimiento del lote 23



Nota. Imagen tomada el día de la extracción de suelo.

Identificación de la Variedad. En el lote establecido se identificó la variedad Ray Grass (*Lolium perenne*) para un estudio de su requerimiento (ver Figura 4).

Figura 4

Identificación de la variedad



Nota. Se diferencia de las especies cultivadas en el lote.

Establecimiento de los Tratamientos. Una vez identificada la zona en la cual se desarrolló la investigación, con una pala se procedió a extraer 1000 gramos de muestra del suelo para realizar el análisis previo el cual fue elaborado en Agrocalidad (ver Tabla 4).

Tabla 4

Análisis de suelos lote 23

Identificación de campo de la muestra		Parámetro analizado	Método	Unidad	Resultado
SFA-19-2431	IASA lote 23	pH a 25°C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	...	5,89
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	6,47
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,32
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	194,4
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,67
Parámetro	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	
Bajo	< 3,00	< 0,15	< 10,0*	< 0,20	
Medio	3,0 - 5,0	0,15 - 0,30	10,0 - 20,0	0,2 - 0,38*	
Alto	> 5,0*	> 0,30*	> 20,0	> 0,38	

Nota. Los datos en (*) indican el resultado del análisis realizando en el lote 23.

Con estos datos del análisis de suelo, los cuales indicaron que posee alto contenido de Nitrógeno (N), bajo contenido de Fosforo (P_2O_5) y medio de Potasio (K). Y los rangos del requerimiento para el Ray Grass (ver Tabla 5), Se pudo determinar los tratamientos (ver Tabla 6). Estos rangos para el pasto fueron obtenidos de estudios realizados por (Castillo, 2011, p. 24; INTA, 2016, p. 44; Marino et al., 2004, p. 6).

Tabla 5

Requerimiento de N, P, K para rye grass.

Requerimiento	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Alto	120	40	90
Medio	100	30	60
Bajo	80	20	30

Nota. Se debe tomar en cuenta las condiciones edafológicas.

Tabla 6

Tratamientos de N, P, K mediante el análisis de suelo y el requerimiento de la planta

Código	Descripción	Recomendación($kg \times ha^{-1}$) de acuerdo al análisis de suelo
T0	Fertilización recomendada por el análisis de suelo	N: 80 P: 40 K: 30
T1	Fertilización a un 25% extra	N: 100 P: 50 K: 37,5
T2	Fertilización a un 50% extra	N: 120 P: 60 K: 45

Nota. Valores para N, P, K a partir de la fertilización base.

Diseño Experimental

Se evaluó el rendimiento del Ray Grass (*Lolium perenne*) sometido a los 3 niveles de fertilización (T0, T1, T2) mediante un diseño de bloques Completamente al azar (DBCA) con 3 repeticiones evaluado en 3 cortes consecutivos (ver Tabla 6).

Tabla 7

Tratamientos con los cuales se evaluó el rendimiento

Tratamiento	Corte	Repeticón
T0	C1	1
T0	C1	2
T0	C1	3
T0	C2	1
T0	C2	2
T0	C2	3
T0	C3	1
T0	C3	2
T0	C3	3
T1	C1	1
T1	C1	2
T1	C1	3
T1	C2	1
T1	C2	2
T1	C2	3
T1	C3	1
T1	C3	2
T1	C3	3
T2	C1	1
T2	C1	2
T2	C1	3
T2	C2	1
T2	C2	2
T2	C2	3
T2	C3	1
T2	C3	2
T2	C3	3

Nota. T= Tratamiento (0%, 25%, 50%); C1= Primer Corte; C2= Segundo Corte; C3= Tercer Corte; R= Repeticón (primera, segunda, tercera).

El modelo matemático para el experimento fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Rendimiento y calidad nutricional del pasto

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo nivel de fertilizante

B_j = Efecto del j-ésimo Bloque

ϵ_{ij} = Error experimental

Características de la Unidad Experimental

1) Número

9 parcelas

2) Área de la Unidad Experimental:

Total: 600 m²

3) Forma:

Rectangular

4) Área del Ensayo:

Total: 200m²

Neta: 135m²

5) Tamaño de las parcelas:

Con parcelas de 3m x 5m

Figura 5

Establecimiento del experimento en el lote 23



Nota. Las repeticiones se colocaron en las mismas condiciones en el terreno.

Manejo de la Investigación en Campo

Preparación del Terreno. En el lote 23 de ganadería previamente analizado e identificada la variedad se procedió a realizar un corte de igualación de la variedad debido a que esta se encontraba en mínima cantidad y era necesario tener un crecimiento uniforme el cual ayude en la toma de datos más precisos. Una vez realizado el corte de igualación mediante una rastra destrabada, el terreno quedó en condiciones (ver Figura 6) para proceder a su resiembra.

Figura 6

Corte de igualación mediante rastra destrabada



Nota. Vista general del lote 23 después del corte de igualación.

Resiembra de la Variedad. Debido a la escasa cantidad de Ray Grass presente en el lote, se procedió a una resiembra inmediata de *lolium perenne* una vez finalizado el corte de igualación. Esta resiembra se realizó con el método “al voleo” para ocupar toda la superficie del lote (ver Figura 7).

Figura 7

Resiembra de lolium perenne



Nota. Se realizó la resiembra al día siguiente del corte.

Instalación de la Fuente de Riego. Esta instalación se realizó con la ayuda del tractor el cual cargaba la manguera que estaba conectada al hidrante ubicado en el mismo lote, el riego se realizó por aspersión con manguera 2 veces a la semana. (ver Figura 8).

Figura 8

Instalación y riego del lote



Nota. El lote posee 2 hidrantes en el mismo.

Delimitación del área de estudio. Una vez realizada la resiembra para un crecimiento uniforme se procedió a delimitar el área para la investigación la cual estaba ya diseñada en la Figura 5 para lo cual se realizó una división de parcelas con la piola y el flexómetro, sus respectivas medidas fueron de 3 x 5 metros cada una, después se fertilizó de acuerdo a los tratamientos establecidos cada uno con 3 repeticiones (ver Figura 9).

Figura 9

Delimitación del área de ensayo



Nota. La división de parcelas se realizó con la piola y el flexómetro, con la ayuda del martillo y las estacas pequeñas se realizó el clavado.

Labores Post Siembra. A los 10 días de resiembra se procedió a observar si la variedad empezaba a crecer para caso contrario realizar las correcciones pertinentes como una mayor cantidad de riego y otra resiembra (ver Figura 10)

Figura 10

Revisión de la resiembra



Nota. Se realizó a los 10 días después de la resiembra.

Como se observó presencia de maleza esta se removió y este procedimiento se lo realizó cada semana (ver Figura 11)

Figura 11

Desmalezado del lote



Nota. Se observa presencia de *Rumex crispus* en general.

Al cabo de 35 días se observó que la variedad llegó al punto de corte establecido en 3 hojas y media, superando una altura estándar de 32cm, con lo cual se procedió a tomar los datos. (ver Figura 12)

Figura 12

Punto de corte



Nota. Se observa el punto adecuado para toda el área del proyecto.

Altura e Índice de Cobertura. Para esto se necesitó el mismo cuadrante, una piola para formar la cuadrícula que se colocó en el centro de cada cuadrante y con eso se midió el área ocupada por la planta en el terreno, luego se procedió a sumar el total para realizar una relación. Para la altura se utilizó una cinta métrica y se procedió a medir la planta más alta, la de estatura media y la más baja en cada cuadrante de cada tratamiento (ver Figura 13).

Figura 13

Toma de altura e índice de cobertura



Nota. Se realizó la toma en 3 repeticiones de cada tratamiento.

Primer Corte y evaluación del rendimiento. Esto se realizó con el método del cuadrante para lo cual se elaboró un cuadrado de cartón prensado con dimensiones de **1m²**, Una vez establecido el cuadrante se procedió a cortar para evaluar la materia verde de cada tratamiento y repetición, por último se realizó la igualación mediante la ayuda de los bovinos presentes en el lote (ver Figura 14).

Figura 14

Labores del primer corte de rye grass var Amazon.



Nota. Se realizó el corte dejando 5cm de altura en el pasto para un mejor crecimiento.

Segundo y Tercer corte. Para los dos siguientes cortes consecutivos se procedió a realizar las mismas labores establecidas: toma de altura y porcentaje de cobertura, corte para evaluar el rendimiento e igualación.

Manejo en Laboratorio

Se recolectó 500 gramos en peso seco de *lolium perenne* en función a los dos mejores tratamientos tomando como criterio las variables agronómicas de: altura, índice

de cobertura, producción de materia verde y producción de materia seca. Con esto se procedió a realizar el análisis bromatológico y observar el mejor nivel.

Variables y Evaluación

Altura. Para obtener resultados precisos se realizó la toma de altura de tres plantas (alta, media y baja) a los 35 días, en cada cuadrante con la ayuda de una regla, y una cinta, esto se realizó en cada tratamiento con 3 cortes y 3 repeticiones, estos datos se los expresó en altura de planta expresados en centímetros. Después se realizó un análisis en relación a los tratamientos por corte y repetición.

Índice de Cobertura. Para evaluar el índice de cobertura se realizó la toma de datos mediante una piola y malla con la cual se formó una cuadrícula de 0,2 x 0,2 en el cuadrante formando 25 cuadrados y se procedió a contar todos los valores de los cuadrados y multiplicarlos por 4 para obtener una relación en porcentaje. (Toledo, 2019, p. 85)

Determinación de la Producción Primaria. Para evaluar la producción primaria conocida como rendimiento se procedió a realizar los 3 cortes a los 35 días para lo cual se utilizó el cuadrante antes mencionado y se realizó el corte respectivo, una vez realizado se procedió a guardar en fundas plásticas para poder pesar la cantidad de pasto en fresco que había en cada cuadrante y poder evaluar la producción de materia verde. Para evaluar la producción se utilizó la transformación a kg. ha^{-1} de la siguiente relación:

$$Mv(\text{kg}). \text{ha}^{-1} = [Mv (\text{g}) \div 1000] * 10000\text{m}^2$$

Dónde:

$Mv(\text{kg}). \text{ha}^{-1}$ = Materia verde en kilogramos por hectárea

$Mv (\text{g})$ = Cantidad de materia verde del cuadrante en gramos

Para la evaluación de materia seca se procedió a secar toda la cantidad de materia verde obtenida en cada cuadrante separado de acuerdo a cada tratamiento y repetición por un periodo de 5 a 7 días hasta eliminar cualquier rastro de humedad (ver Figura 15)

Figura 15

Secado de lolium perenne



Nota. Para el secado se colocó una marca para cada tratamiento y repetición

Con el pasto en seco se colocó en fundas de papel y se procedió a pesar para la toma de datos (ver Figura 16)

Figura 16

Rye Grass en seco



Nota. Se dividió el pasto por muestras de 200 gramos

Para calcular la cantidad de materia seca se realizó una relación entre la diferencia de pesos de esta forma:

$$MS = \frac{P_i - P_f}{P_i}$$

Dónde:

MS = Cantidad de materia seca expresada en gramos

P_i = Peso de la materia verde

P_f = Peso después del secado

Con la cantidad de materia seca obtenida se procedió a realizar la misma transformación a kilogramos por hectárea.

Análisis nutricional. Para el análisis proximal (proteína, fibra, grasa, ceniza) se colectó 500 gramos de muestra seca por tratamiento y se envió a un laboratorio específico el cual realizó dicho análisis bajo las siguientes técnicas.

Proteína. Se utilizó el método de Kjeldahl para la determinación de proteína la cual se dividió en 3 procedimientos: digestión, destilación y titulación.

Grasa. Para determinar el extracto etéreo o grasa se tomó el peso del cartucho de celulosa vacío más algodón, luego se llenó con muestra molida, se tomó el peso con la muestra, se procedió a desengrasar en el equipo de extracción Soxhlet con hexano durante 5 horas, se tomó el peso del cartucho y la muestra desengrasada para realizar el siguiente cálculo:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P_{im} - P_{fm}}{P_{im}} \times 100$$

Donde:

P_{im} = Peso inicial de la muestra en original

P_{fm} = Peso de la muestra post extracción

Fibra. Para la extracción de la fibra se realizó el siguiente cálculo:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{(W3 - W4)}{W1} \times 100$$

Donde:

W1 = Peso de la muestra.

W3 = Peso del crisol y la muestra en seco.

W4 = Peso del crisol y la ceniza.

Ceniza. Para determinar la ceniza se realizó el siguiente procedimiento que consistió en la toma del peso del crisol vacía, luego se tomó un peso x en el crisol para pesarlo nuevamente, se procedió a quemar en la plancha hasta obtener unos residuos de color negro y se realizó el siguiente cálculo:

$$\% \text{ de Ceniza} = \frac{(W2 - W1)}{W} \times 100$$

Donde:

W = Peso de la muestra.

W1 = Peso del crisol vacío.

W2 = Peso del crisol más la ceniza.

Humedad. Para determinar la humedad se realizó el siguiente procedimiento que consistió en tomar el peso de la cápsula vacía y de la seca, después se tomó el peso con la muestra húmeda y se procedió a secar a 80 °C, una vez seco se procedió a tomar los datos por diferencia de pesos.

Digestibilidad. Para este proceso se realizó una técnica *in situ* debido a que se podía aprovechar del ganado existente en la Hacienda el Prado y además Travieso et al., (1999) menciona que es una buena técnica cuando se quiere obtener el mejor forraje debido a que se puede comparar de manera óptima con la relación entre nutrientes. (p. 55)

Para este proceso se realizó la elaboración de fundas de tela polyester con dimensiones de 10x20cm y se las sello a base de calor (ver Figura 17). Una vez elaboradas se procedió a moler el pasto en seco y colocar la cantidad 5 gramos por funda con un total de 9 fundas, 3 por cada tratamiento (ver Figura 18) y (Figura 19).

Posteriormente se procedió a colocar las bolsas en fundas tipo malla para colocarlas en la vaca fistulada como lo realizaron (Giraldo et al., 2007, pp. 270-272). Para introducir las fundas se retiró una cantidad de alimento de la vaca y también se amarró las fundas con una soga para evitar que se pierdan las muestras por contracción del rumen (Figura 20). Finalmente se limpió cualquier residuo externo de la vaca y se tapó la fistula para que empiece el proceso de digestión (Figura 21). Las bolsas se retiraron luego de un periodo de 24horas y se las colocó en agua para terminar el proceso de digestión.

El material se lo colocó en una estufa a 45 °C por un lapso de 72 horas, una vez seca la muestra se colocó en la balanza analítica para obtener la diferencia de peso (ver Figura 22) (Ørskov & McDonald, 1979, p. 500).

Figura 17

Elaboración y sellado de fundas



Nota. Se debe colocar correctamente la funda ya que la tela es propensa a quemarse

Figura 18

Molienda de lolium perenne seco



Nota. El pasto debe encontrarse totalmente seco para realizar la molienda

Figura 19

Pesado del pasto molido en la balanza analítica



Nota. Se debe colocar el peso exacto ya que la balanza cuenta con sensibilidad 0,001g

Figura 20

Colocado de los tratamientos en la Vaca fistulada



Nota. Se colocó los tratamientos con precaución para que las bolsas no pierdan material.

Figura 21

Sellado de la fistula



Nota. Se utilizó un palo de madera que evite la pérdida de la soga.

Figura 22

Pesado de las muestras luego de 72 horas



Nota. Se observó cambio en el peso inicial debido a la digestibilidad.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

En el presente trabajo se evaluaron 6 variables: altura del pasto, índice de cobertura, producción primaria (materia verde y seca), valor nutricional (grasa, fibra, proteína, ceniza), digestibilidad y análisis económico.

Para esta investigación se utilizaron 3 niveles de fertilización previamente establecidos (T0, T1, T2) los cuales tenían los valores de N, P, K al 0%; 25%; 50% extra del requerimiento base determinado por el suelo y la planta, El estudio se lo realizó con tres cortes consecutivos a los 35 días cada uno.

Las variables fueron colocadas en excel y analizadas mediante el software estadístico infostat.

Altura

Para evaluar la altura se realizó un análisis de varianza (ANAVA) del Rye Grass con los niveles de fertilización. Se observó que no existe diferencias entre repetición, pero existe diferencias entre tratamientos ($F = 10,54$; $p = 0,0007$). (ver Tabla 8).

Tabla 8

Análisis de varianza para la altura del Rye Grass bajo el efecto de 3 niveles de fertilización con 3 repeticiones

F de Variación	S. C	GL	CM	F	p-valor
Modelo	699,42	6	116,57	4,35	0,0057
Tratamiento	564,64	2	282,32	10,54	0,0007
repetición	3,46	2	1,73	0,06	0,9376
corte	131,41	2	65,66	2,45	0,1117
Error	535,84	20	26,79		
Total	1235,26	26			

Nota. El promedio de los 3 datos de altura cuenta como una repetición.

Tabla 9

Promedio \pm error estándar de la Altura en Ray Grass a 3 niveles de fertilización. Duncan al 5%

Tratamiento	n	Media \pm E.E	CV	
T0	9	41,46 \pm 1,75	12,69	a
T1	9	40,54 \pm 0,83	6,12	a
T2	9	50,67 \pm 2,36	13,96	b

Nota. T0 = 0%, T1 = 25%, T2 = 50% de fertilización.

Índice de Cobertura

Al realizar el análisis de varianza (ANAVA) para el índice de cobertura del Rye Grass bajo el efecto de los 3 niveles de fertilización química, no se encontró diferencias estadísticas entre repeticiones, Sin embargo existe diferencias entre tratamientos (F = 9,77; p = 0,0011) (ver Tabla 10).

Tabla 10

Análisis de varianza para el índice de cobertura de Rye Grass var. Amazon

F de Variación	S. C	GL	CM	F	p-valor
Modelo	131,33	6	21,89	3,8	0,0109
Tratamiento	112,67	2	56,33	9,77	0,0011
repetición	12,67	2	6,33	1,1	0,3527
corte	6	2	3	0,52	0,6027
Error	115,33	20	5,77		
Total	246,67	26			

Nota. En esta tabla se aprecia si existen diferencias entre tratamiento, corte y repetición para el índice de cobertura.

Tabla 11

Efecto de los niveles de fertilización sobre el porcentaje de cobertura en

rye grass var Amazon. Prueba de Duncan al 5%

Tratamiento	n	Media ± E.E	CV	
T0	9	92,67 ± 0,94	3,05	a
T1	9	95,00 ± 0,47	1,49	a
T2	9	97,67 ± 0,87	2,66	b

Nota. Esta tabla indica las medias de cada tratamiento diferenciando con letras de menor a mayor.

Correlación

Al realizar un análisis de correlación de Spearman con ($p < 0,05$). Se encontró una correlación positiva entre: altura y % de cobertura ($p = 0,46$); producción y altura ($p = 0$); producción y % de cobertura ($p = 0,09$) (ver Tabla 12)

Tabla 12

Coefficientes de correlación de Spearman para altura, producción y

% de cobertura del Rye Grass

	Producción	Altura	% Cobertura
Producción	1	0,37	0,7
Altura	0	1	0,02
% Cobertura	0,09	0,46	1

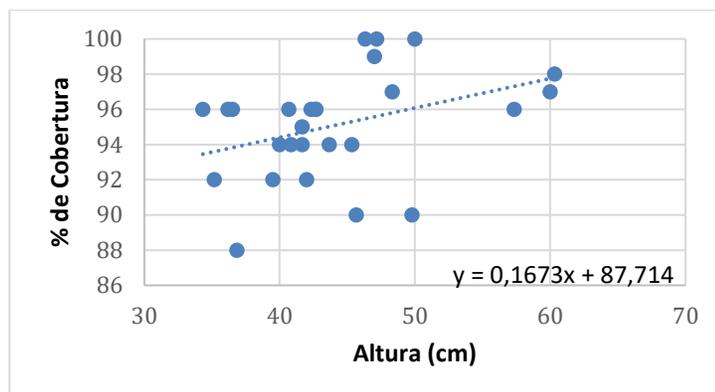
Nota. Los valores fueron tomados en base al promedio de repeticiones.

Observando los valores de la Tabla 12, se realizó un análisis de regresión para la relación entre altura y % de cobertura con la cual se obtuvo un modelo lineal de

primer orden con un $R = 0,85$ para la siguiente ecuación $y = 0,1673x + 87,714$ (ver Figura 23).

Figura 23

Modelo de regresión lineal para altura y % de cobertura



Nota. El valor (y) representa el % de cobertura, mientras que el valor (x) representa la altura en centímetros, la cual indica la relación que existe entre la altura y el porcentaje de cobertura.

Producción

Materia Verde

Tabla 13

Análisis de varianza para Materia verde en Rye Grass a 3 niveles de fertilización

F de Variación	S. C	GL	CM	F	p-valor
Modelo	215670844,4	6	359415140,7	5,62	0,0015
Tratamiento	166614274,1	2	83307137,04	13,03	0,0001
Corte	46251029,63	2	23125514,81	3,62	0,0656
repetición	2805540,74	2	1402770,37	0,22	0,8049
Error	127883585,2	20	6394179,26		
Total	343554429,6	26			

Nota. Esta tabla muestra las diferencias de acuerdo al tratamiento, corte y repetición.

La producción en materia verde no mostró diferencias significativas entre repeticiones, Sin embargo se encuentra diferencias entre tratamientos. ($F = 13,03$; $p = 0,0001$) (Tabla 8). Se obtuvo el mejor rendimiento con el T2 presentando $18740 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ (ver Tabla 14), esto se realizó con una prueba de Duncan al 5%.

Tabla 14

Promedio \pm error estándar producción materia verde Rye Grass a 3 niveles de fertilización.

Tratamiento	n	Media \pm E.E	CV	
T0	9	12743,33 \pm 652	15,35	a
T1	9	14847,78 \pm 800,5	16,18	a
T2	9	18740 \pm 1179,62	18,88	b

Nota. Esta tabla muestra el promedio de las repeticiones por tratamiento y Duncan al 5%

Materia Seca

Al realizar el análisis de varianza para la producción de materia seca, no se encontró diferencias entre repeticiones pero si entre tratamientos ($F = 15,02$; $p = 0,0001$) (ver Tabla 15).

Tabla 15

Análisis de varianza para Materia seca en Rye Grass a 3 niveles de fertilización

F de Variación	S. C	GL	CM	F	p-valor
Modelo	60046584,22	6	10007764	6,42	0,0007
Tratamiento	46825920,3	2	23412960,2	15,02	0,0001
Corte	13109324,74	2	6554662,37	4,21	0,0699
repetición	111339,19	2	55669,59	0,04	0,965
Error	31173016,3	20	1558650,81		
Total	91219600,52	26			

Nota. Esta tabla muestra si existen diferencias para tratamiento, corte y repetición.

Tabla 16

Promedio \pm error estándar producción materia seca Rye Grass a 3 niveles de fertilización

Tratamiento	n	Media \pm E.E	CV	
T0	9	4163,56 \pm 338,45	24,39	a
T1	9	4663,33 \pm 226,23	14,55	a
T2	9	7173,33 \pm 671,4	24,08	b

Nota. T0 = 0% fertilización extra, T1= 25% extra, T2= 50%

Se realizó un análisis de correlación entre materia seca y los niveles de fertilización (ver Tabla 17) en el cual se puede observar una correlación positiva ($p = 0,81$).

Tabla 17

Coefficientes de correlación de Spearman

entre materia seca y fertilización

	Fertilización	M.seca
Fertilización	1	0,01
M.seca	0,81	1

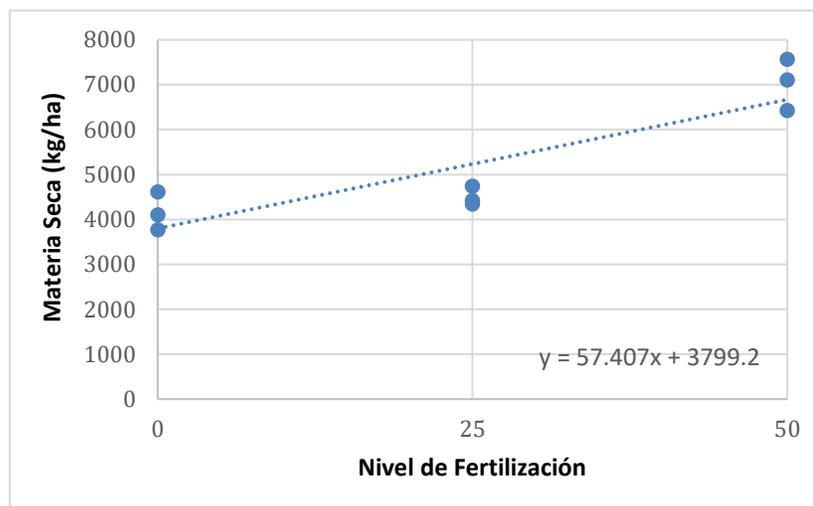
Nota. Los datos se tomaron a partir del promedio de cada corte.

Correlación

Se obtuvo la siguiente ecuación para la materia seca $y = 57,407x + 3799,2$ donde la variable "x" representa los tratamientos en porcentaje: 0%, 25%, 50%, mientras que la variable "y" el rendimiento de materia seca por hectárea (ver Figura 24)

Figura 24

Gráfico de la correlación de materia Seca por tratamientos.



Nota. Los tratamientos se encuentran expresados en: T0 = 0%; T1=25%; T3=50%.

Digestibilidad

Tabla 18

Análisis de varianza para el porcentaje de digestibilidad del Rye Grass bajo los niveles de fertilización sometidos a 3 repeticiones

F de Variación	S. C	GL	CM	F	p-valor
Modelo	213,37	4	53,34	39,45	0,0018
Tratamiento	209,02	2	104,51	77,3	0,0006
repeticion	4,35	2	2,17	1,61	0,3072
Error	5,41	2	1,35		
Total	218,78	8			

Nota. La tabla indica si existe diferencia entre tratamientos y repeticiones para la digestibilidad.

En el análisis no se encontraron diferencias entre repeticiones (F= 1,61; p=0,3072) (ver Tabla 18).

Tabla 19

Promedio \pm error estándar del porcentaje de digestibilidad de Rye Grass bajo

los 3 niveles de fertilización con una prueba de Duncan al 5%

Tratamiento	n	Media \pm E.E	CV	
T0	3	40,33 \pm 1,09	4,66	a
T1	3	45,94 \pm 0,58	2,18	b
T2	3	52,13 \pm 0,34	1,12	c

Nota. Esta tabla muestra la jerarquía entre tratamientos diferenciados con letras.

El porcentaje de digestibilidad para los 3 niveles de fertilización es diferente, siendo T2 (50%) el mejor nivel con una media de 52,13 % de digestibilidad y un error estándar de 0,34. Por otra parte el tratamiento menos digestible resultó T0 (0%) con una media de 40,33% y un error estándar de 1,09.

El tratamiento T2 es el más digestible incluso en cada una de sus repeticiones, para comprender de mejor forma se realizó una correlación entre los niveles de fertilización y la digestibilidad (ver Tabla 20)

Tabla 20

Coefficientes de correlación de Spearman para

los niveles de fertilización y digestibilidad

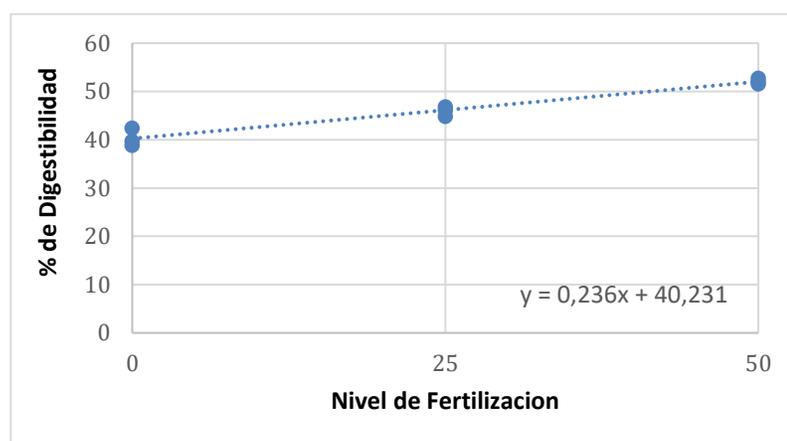
	Fertilización	Digestibilidad
Fertilización	1	<0,001
Digestibilidad	0,95	1

Nota. Los valores se realizaron a partir de las repeticiones de cada tratamiento.

Se encontró una correlación positiva entre los niveles de fertilización y la digestibilidad ($p = 0,95$), para lo cual se realizó un gráfico que muestre la tendencia (ver Figura 27) con un $R = 0,92$ se obtuvo la siguiente ecuación: $y = 0,236x + 40,231$. Donde la variable "x" representa los niveles de fertilización en porcentaje y la variable "y" representa el porcentaje de digestibilidad.

Figura 25

Correlación entre los niveles de fertilización y el porcentaje de digestibilidad.



Nota. Los tratamientos se encuentran expresados en: T0 = 0%; T1=25%; T3=50%.

Valor Nutricional

Los resultados del laboratorio presentaron los siguientes datos (ver Tabla 21)

Tabla 21

Porcentaje de proteína, grasa, ceniza, y fibra de Rye grass en base húmeda y seca de los niveles de fertilización.

Tratamiento	Base	Proteína %	Grasa %	Ceniza %	Fibra %	Otros %
T1	Húmeda	13,12	2,48	10,77	34,94	28,46
T1	Seca	14,62	2,76	12	38,92	31,7
T2	Húmeda	15,34	2,45	10,16	30,61	23,24
T2	Seca	18,75	2,99	12,42	37,42	28,42

Nota. Estos valores se obtuvieron de las mejores repeticiones de cada tratamiento.

Para evaluar el mejor tratamiento se tomó los datos en materia seca y se realizó una tabla comparativa (ver Tabla 22)

Tabla 22

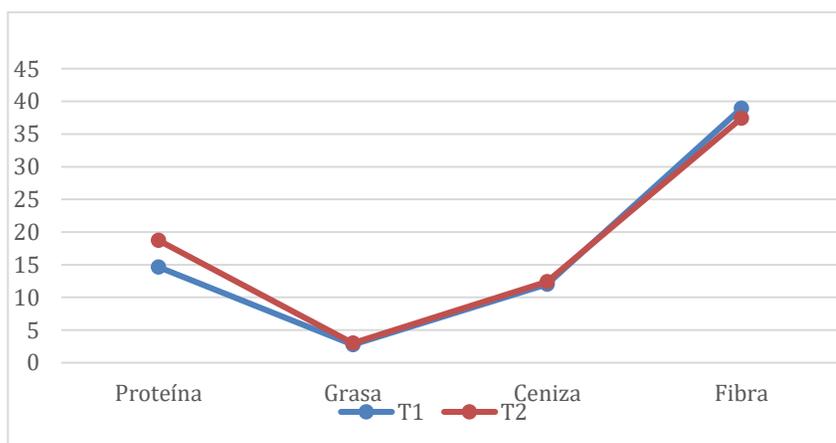
Comparación de los tratamientos T1 y T2 en base seca.

Tratamiento	Proteína			
	%	Grasa %	Ceniza %	Fibra %
T1	14,62	2,76	12	38,92
T2	18,75	2,99	12,42	37,42

Nota. Se analizó T1 y T2 para determinar el mejor tratamiento.

Figura 26

Porcentaje de proteína, grasa, ceniza y fibra de T1 y T2



Nota. Los valores en el gráfico se encuentran en porcentaje.

También se realizó un análisis de correlación entre los niveles de fertilización y el valor nutricional (ver Tabla 23)

Tabla 23

Coefficientes de correlación de Spearman para los niveles de fertilización el valor nutricional.

	Fertilización	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra
Fertilización	1	0,023	0,07	0,05	0,04
Proteína	0,77	1	0,21	0,04	0,29
Grasa	0,23	0,79	1	0,04	0,024
Ceniza	-0,05	0,6	0,96	1	0,09
Fibra	-0,46	0,11	0,76	0,91	1

Nota. Los valores se encuentran expresados en porcentaje.

Se encontró una correlación positiva entre fertilización y proteína ($p = 0,77$), fertilización y grasa ($p = 0,23$) lo cual indica que a una mayor cantidad de fertilización el contenido de proteína y grasa aumentan. Por otra parte se encontró una correlación negativa entre fertilización y ceniza ($p = -0,05$), fertilización y fibra ($p = -0,46$).

De acuerdo a los valores obtenidos anteriormente, se realizó un análisis de correlación entre la digestibilidad, fibra y proteína para ver la relación que existe entre las variables (ver Tabla 24).

Tabla 24

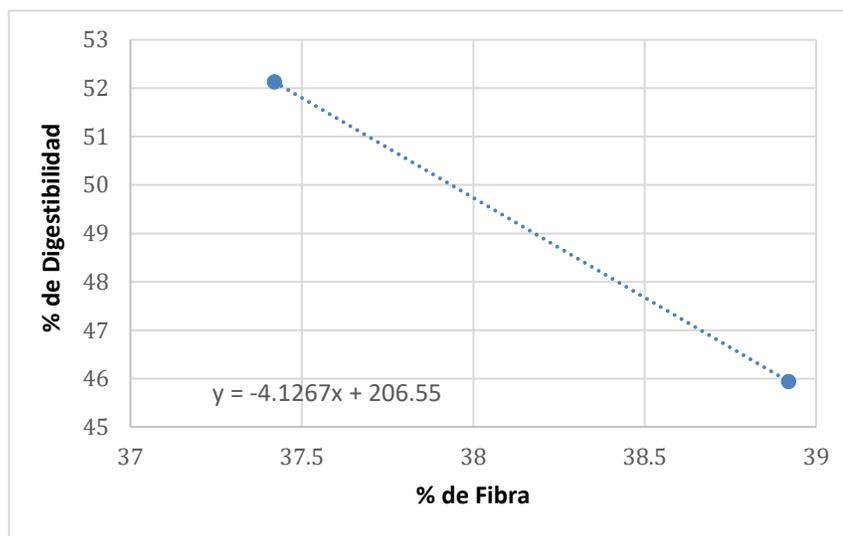
Coefficientes de correlación de Spearman para digestibilidad, fibra y proteína del Rye Grass

	Digestibilidad	Fibra	Proteína
Digestibilidad	1	0,001	0,001
Fibra	-1	1	0,001
Proteína	1	-1	1

Nota. Se realizó en base a los mejores tratamientos en materia seca.

Figura 27

Correlación entre digestibilidad y fibra para Rye Grass



Nota. Los valores se encuentran expresados en porcentaje.

Se estableció una ecuación para la correlación negativa entre fibra y digestibilidad: $y = -4,1267x + 206,55$, en la cual la variable “y” representa la fibra en porcentaje y la variable “x” representa el porcentaje de digestibilidad.

Análisis Económico

Para el análisis económico se utilizó la metodología de presupuesto parcial planteada por (Perrin et al., 1983, pp. 54-62), en la cual se analiza los costos fijos (ver Tabla 25) y los variables (Ver tabla 26), Una vez realizado los costos se procede a calcular el beneficio bruto el cual corresponde al precio de venta en el mercado para el producto el cual se establece en 0,14 por kilogramos de materia seca en forraje (Bedoya Leiva, 2012, pp. 28-29) y de este valor obtener el beneficio neto que es el diferencial entre el beneficio bruto y su costo variable (ver Tabla 27)

Tabla 25*Costos Fijos para la producción de Rye grass*

Variables	Valor \$/ha
semilla (25kg)	85,04
tractor	40
riego	65,6
mano de obra	30
Total	220,64

Nota. Mano de obra incluye: desmalezado, siembra y fertilización.

Tabla 26*Costos Variables para la producción de Rye grass*

Tratamiento	Requerimiento/ha	Fertilizante	Número sacos/ha	Precio (50kg)	Total
T0	N: 80	Urea	1,4	25,8	36,12
T0	P: 40	DAP	0,87	32,63	28,3881
T0	K: 30	KCL	0,5	28,93	14,465
T1	N: 100	Urea	1,75	25,8	45,15
T1	P: 50	DAP	1,08	32,63	35,2404
T1	K: 37,5	KCL	0,63	28,93	18,2259
T2	N: 120	Urea	2,1	25,8	54,18
T2	P: 60	DAP	1,3	32,63	42,419
T2	K: 45	KCL	0,75	28,93	21,6975

Nota. Los valores para fertilización se obtuvieron de (UNA, 2018)

Tabla 27*Beneficio bruto, Costos variables y Beneficio neto para los niveles de fertilización*

Tratamiento	Rend. (m.seca)	B. Bruto	C. Fijos	C. Variables	B. Neto
T0	4163,56	582,9	220,64	78,97	503,93
T1	4663,33	652,86	220,64	98,62	554,24
T2	7173,33	1004,26	220,64	118,3	885,96

Nota. El beneficio bruto se obtiene del rendimiento por el valor en el mercado.

Colocados los beneficios y sus costos variables, se procedió a analizar si existen tratamientos dominados los cuales se obtienen cuando se tiene menor o igual beneficio neto de un tratamiento pero con costos variables más bajos (ver Tabla 28)

Tabla 28

Análisis de dominancia para los niveles de fertilización

Tratamiento	Beneficio Neto	C. Variables	Dominancia
T0	503,93	78,97	no dominado
T1	554,24	98,62	no dominado
T2	885,96	118,3	no dominado

Nota. Los valores se encuentran expresados en dólares por hectárea.

Los tratamientos no presentaron dominancia y se procedió a realizar un análisis marginal para determinar la mejor alternativa económica (ver tabla 29)

Tabla 29

Análisis marginal de los tratamientos no dominados.

Tratamiento	C. Variables	C.V. Marginal	B.Netto	B.N.Marginal	T.R.Marginal
T0	78,97	19,65	503,93	50,31	2,56
T1	98,62	19,68	554,24	331,72	16,86
T2	118,3		885,96		
*T0	78,97	39,33	503,93	382,03	9,7
*T2	118,3		885,96		

Nota: los valores en * representan la comparación del T0 con el T2.

Se puede observar que la mejor opción económica es el T2 debido a que con una inversión de 39, 33 dólares se obtiene un beneficio neto marginal de 382,03 dólares lo que equivale a que por cada dólar invertido para pasar del T0 al T2 se obtiene un

retorno de 9,7 dólares, mientras que para pasar del T0 al T1 se obtiene un tasa de retorno de 2,56 dólares.

Discusión

Al evaluar la altura del pasto por tratamientos se observó que el tratamiento T2 presenta mayor altura con una media de 50,67 cm y un coeficiente de variación 13,96. Obteniendo el mejor resultado con una prueba de Duncan al 5% (ver Tabla 9). Esto concuerda con el estudio realizado por (Cruz Parra, 2012, p. 108) el cual concluye que con mayor dosis de Nitrógeno y Potasio $120 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ obtuvo la mejor altura del pasto.

Respecto al porcentaje de cobertura, al analizar los tratamientos si bien no existe diferencia entre el T0 (0%) y T1 (25%), si existe con el T3 (50%) que corresponde a un 50% de fertilización extra, proporcionando una media de 97,67% de cobertura y un coeficiente de variación de 2,66, obteniendo el primer lugar mediante la prueba de Duncan al 5%. (ver Tabla 11). Esto concuerda con la investigación realizada por (Gómez y Suquilanda, 2009, p. 64) los cuales al analizar el porcentaje de cobertura presentó un mejor índice con fertilización completa obteniendo 84% de cobertura, debido a que los pastos responden rápidamente a una mayor aplicación de fertilizante lo cual permite una mejor asimilación por parte de la planta y aumento del % de cobertura.

Para materia seca, se observó un mejor rendimiento con el T2 el cual tiene un 50% extra de fertilización base, con una media de $7173,33 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ y un coeficiente de variación entre 14,55 y 24,39% coeficientes aptos para estas investigaciones (ver Tabla 16). (Caiza, 2018, p. 85) concluye que la producción de biomasa está relacionada directamente con las dosis de fertilización, obteniendo su mejor rendimiento en materia seca de $4277 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ con su mayor tratamiento de $350 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ de N, por otra parte (Jaramillo, 2020, p. 55) obtiene valores de materia seca entre $1510,62 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ a

los 40 días y $3484,56 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ a los 60 días. Tomando en cuenta estas dos investigaciones se puede notar un aumento considerado en el proyecto realizado tanto utilizando una menor cantidad de Nitrógeno como en menor tiempo, esto a su vez mejora la eficiencia productiva del pasto y permite más cortes por año.

Para digestibilidad, (Villalobos y Sánchez, 2010, p. 74) concluyen que las dosis de fertilización no producen cambios en el valor de digestibilidad, sin embargo en el estudio se muestran diferencias significativas entre tratamientos ($F= 77,3$; $p= 0,0006$) (ver Tabla 19).

Generalmente mientras más cantidad de fibra posee un pasto, menos porcentaje de proteína tiene. Esto se debe principalmente al contenido de lignina que tiene la planta que interfiere en la degradación de polisacáridos de la fibra creando puentes ferulados y actuando a su vez como barrera física entre las enzimas microbianas de celulosa, hemicelulosa y polisacáridos (K. Lyons, 2006, p.8). Por otra parte, para el animal “la lignina influye en la cantidad de materia seca que el animal puede ingerir”, esto se debe a que la porción no digerible se almacena en el rúmen generando la sensación de llenura en el animal que a su vez reduce el consumo de pasto. Debido a esto se establece que la lignina se encuentra correlacionada negativamente con la digestibilidad (H. G. Jung & Allen, 1995, p. 46).

Esto se debe a que la concentración lignina aumenta en función del aumento en la pared celular y las paredes celulares en los pastos siempre serán menos digestibles que los componentes celulares internos de la célula (G. Jung, 1993, pp. 5-7).

En el porcentaje de proteína el tratamiento con mayor valor fue el T2 con un 18,75% de proteína el cual se ubica entre los mejores valores nutricionales publicados

por la FEDNA para rye gras que van entre 14,4 y 19,7 como el valor de excelente para este pasto frente a 14,62% del T1 el cual se ubica en el mismo rango, esto concuerda con (Anglade et al., 2015, p. 15) el cual afirma que un mayor nivel de fertilización se ve representado en el porcentaje de proteína total. Por otra parte, investigaciones realizadas por (Cruz Parra, 2012, p. 96) ,(López Caiza Carolina Vanessa, 2018, p. 43) y (Narváez, 2020, p. 56) mostraron porcentajes de proteína inferior a lo realizado en el presente trabajo. En general esto se debe a que los nitratos son absorbidos de manera rápida en las pasturas antes que su incorporación a las proteínas y hasta que se consuman se tiene una excelente absorción del elemento el cual se almacena en las hojas y presenta un forraje abundante (Yara, 2018).

Para el porcentaje de grasa el tratamiento T2 presentó una mayor cantidad con un 2,99% frente al T1 que posee 2,76% rangos que se encuentran en el valor de primera publicados por la FEDNA los cuales van desde 2,33% siendo de mala calidad hasta 3,99% siendo excelente (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2001).

En el porcentaje de ceniza el tratamiento T2 presentó mayor valor con 12,42% en su base seca frente a 12,00 del tratamiento T1, estos valores se ubican en el mejor rango de calidad publicado por la FEDNA la cual establece un valor de 12,4 e inferior para la calidad excelente. Estos valores superan a la investigación realizada por (Cruz Parra, 2012, p. 96) el cual obtiene resultados inferiores.

En el porcentaje de Fibra el T1 presentó una mayor cantidad con un valor de 38,92% mientras que el T2 presenta un valor de 37,42% esto concuerda con el valor de proteína ya que normalmente cuanto más fibra aporta un pasto menor cantidad de proteína posee (Parsi et al., 2001).

Los coeficientes de correlación establecen que existe una correlación positiva entre digestibilidad y proteína, mientras que se establece una correlación negativa entre fibra y digestibilidad, esto concuerda con (Villabolobos, 2012) el cual establece que a una mayor porcentaje de digestibilidad permite mejor absorción de los macronutrientes en el animal debido a que las bacterias del rumen sintetizan el NH_3 y lo transforman a proteína bacteriana, de esta forma la calidad de la proteína bacteriana es elevada para los rumiantes y esto puede verse reflejado en una mayor síntesis de la proteína (p.6).

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- El efecto de los niveles de fertilización (T0, T1, T2) mejoran el comportamiento agronómico y productividad en *lolium perenne* var Amazon.
- El tratamiento T2 con un 50% de fertilización extra de (N, P, K) es el más productivo con un valor de $18740 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ en materia verde y $7173,33 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ en materia seca.
- En el índice de cobertura y la altura el tratamiento T2 fue el mejor con un porcentaje de 97,67% y una media de 50,67 cm para la altura, mientras que el T0 fue el que presentó menor índice de cobertura con 92,67% y el T1 menor altura con 40,54 cm.
- En el valor nutricional para Rye Grass se determinó que el mayor contenido de proteína, grasa y ceniza fue en el tratamiento T2 con porcentajes de: 18,75%; 2,99%; 12,42% respectivamente, mientras que el tratamiento T1 presentó mayor contenido de fibra con un porcentaje de 38,92%.
- En digestibilidad el tratamiento T2 resulto ser el más digestible con un porcentaje de 52,13%, mientras que el T0 fue el menos digestible con 40,33% de digestibilidad.
- Económicamente el T2 fue el mejor con una TRM de 9,67 dólares en comparación con el T1 que tiene una TRM de 2,56 dólares.

Recomendaciones

- Se recomienda en suelos que posean las mismas condiciones del ensayo, fertilizar rye grass var Amazon con el T2 con valores de N: 120; P: 60; K: 45 ($\text{kg} \times \text{ha}^{-1}$) por presentar los más altos valores en las variables analizadas.
- Se recomienda aplicar el T2, en edades de corte más jóvenes para observar si hay efecto sobre la digestibilidad del rye grass y valor nutritivo.
- Se recomienda realizar estudios con niveles más altos de fertilización a los analizados en el presente estudio.

Referencias Bibliográficas

- Anglade, J., Billen, G., & Garnier, J. (2015). Relationships for estimating N₂ fixation in legumes: Incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe. *Ecosphere*, 6(3), 28. <https://doi.org/10.1890/ES14-00353.1>
- Arciniegas-Torres, S. P., & Flórez-Delgado, D. F. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107-116. <https://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8687>
- Barahona, C., & Amada, C. (2012). "Viabilidad de 4 densidades de siembra de los pastos janeiro (*eryochloa polystachya*) y pasto dulce (*brachiararia humidicola*) para la producción bovina en zonas inundables de la parroquia la victoria cantón salitre [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/588>
- Bavera, G. (2000). *Producción de Forraje de Alfalfa bajo Diferentes Niveles de Nutrición Fosfatada en el Sudeste Bonaerense* *. 2(20), 7.
- Bedoya Leiva, D. (2012). *Evaluación de las relaciones biológicas y económicas entre la producción de las pasturas y la producción lechera del rebaño lactante «CADET»*. Tumbaco, Pichincha [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/875>
- Beguet, H. A. (2002). *Manejo de pastizales naturales*. 5.
- Bernal Eusse, J. (1994). *Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo* (1.^a ed.). Banco Ganadero. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO1999003052>
- Bernués, A., Olaizola, A., Casasús, I., García-Martínez, A., & Riedel, J. L. (2007). Evolución reciente de los sistemas de explotación de rumiantes en zonas de montaña: Factores de sostenibilidad. *Produccion Animal*, 15.

- Caiza, L., & Carolina, V. (2018). *Eficiencia de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje en pastos perennes* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16095>
- Canals, R.-M., & Sebastià, M.-T. (2000). Soil nutrient fluxes and vegetation changes on molehills. *Journal of Vegetation Science*, 11(1), 23-30. <https://doi.org/10.2307/3236771>
- Carlo Pietrobelli, & Roberta Rabelotti. (2006). *Upgrading to Compete: Global Value Chains, Clusters, and SMEs in Latin America | Publications* (Vol. 1). IDB. <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Upgrading-to-Compete-Global-Value-Chains-Clusters-and-SMEs-in-Latin-America.pdf>
- Carranza, B., & Pamela, B. (2018). *Eficiencia de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje en dos especies tetraploides y una diploide* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16093>
- Castellanos, V., & Andrés, P. (2009). *Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de Rye Grass Bianual (Lolium multiflorum) en lugares representativos de las zonas de producción de leche de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha* [Universidad Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1664>
- Castillo, Á. (2011). Efecto del potasio sobre la producción y calidad de forraje de *Brachiaria decumbens* Stapf en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Acta Agronómica*, 60, 36.
- Cerdas-Ramírez, R. (2015). Comportamiento productivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) Con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 16(33), 124-145.

- Cevallos, A., Humberto, Juan. (2015). *Comportamiento agronómico, composición química y degradabilidad ruminal in situ del pasto miel (setaria sphacelata), cantón Pangua provincia de Cotopaxi* [Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/10989>
- Cruz Parra. (2012). *Evaluación del Potencial Forrajero del Pasto Maralfalfa Pennisetum violaceum con Diferentes Niveles de Fertilización de Nitrógeno y Fósforo con una Base Estándar de Potasio* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/1607>
- Cuestas, J., & Vinicio, E. (2011). *Aplicación de biol y fertilización química en la rehabilitación de praderas, «Aloag—Pichincha»* [Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/4664>
- Cuichan, C., & Euclides, V. (2015). *Rendimiento de biomasa de dos variedades de rye grass a tres fuentes de fósforo en la zona Cayambe, provincia de Pichincha* [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1064>
- Danilo Pezo, & Francisco J. García. (2018). *Uso Eficiente de Fertilizantes en Pasturas* (1era ed., Vol. 2). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Eckard, R., Bartholomew, P., & Tainton, N. (1995). The yield response of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) to varying nitrogen fertilizer application strategies. *South African Journal of Plant and Soil*, 12, 112-116. <https://doi.org/10.1080/02571862.1995.10634348>
- Errecart, P. M., Agnusdei, M. G., Lattanzi, F. A., Marino, M. A., & Berone, G. D. (2014). Critical Nitrogen Concentration Declines with Soil Water Availability in Tall Fescue. *Crop Science*, 54(1), 318-330. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.08.0561>

- FAO. (2007). *Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible* (13.^a ed.).
FAO. <http://www.fao.org/documents/card/es/c/ba9ae266-a2cf-56b3-8846-03dc41027c53/>
- Fernando Aiello. (2015). *Enriquecimiento y Fertilización. propuesta para mejorar la productividad de los pastizales* (1era Edición, Vol. 1). IPCVA.
<http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2001). *Ray-grass, verde* | FEDNA. <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ray-grass-verde>
- Giraldo, L. A., A. L. M. G., & Rúa, C. (2007). Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(3), 269-279.
- Gómez García, D. (2008). *Métodos para el estudio de los pastos, su caracterización ecológica y valoración* (Vol. 8). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España). <https://digital.csic.es/handle/10261/100480>
- Gómez, L. R. J., & V, M. S. (2009). Fertilización Química y órgano-mineral del Pasto Mulato (*Brachiaria Híbrido*) y Xaraés (*Brachiaria Brizantha Xaraés*). Santo Domingo De Los Tsáchilas. *Eídos*, 1, 62-72.
<https://doi.org/10.29019/eidos.v0i1.43>
- González García, Héctor, Rojas González, Servando, Orozco Erives, Aracely, & Holguín Licón, Celia. (2015). *Digestibilidad in vivo en borregos. efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta y del grupo racial* (Dirección General de Difusión Cultural y Divulgación Científica, Vol. 17).
- Google Earth. (s. f.). Recuperado 3 de agosto de 2020, de <https://earth.google.com/web/search/IASA,+Ecuador/@-0.38564442,-78.41640466,2715.36247155a,1057.02582218d,35y,->

130.79070785h,45.00000324t,0r/data=CngaThJiCiUweDkxZDViYmJkODY0NDg
 1MWI6MHhjNmM4YjJiYjZjMDI2OTY5GfQRnQpdrti_lC-
 aVWmmIPAKg1JQVNBLCBFY3VhZG9yGAlGASImCiQJKLxRYgDv0r8RTfQgKIU
 e2L8Zxn9c8mCWU8AhPTilgAKbU8A

- Hernández, J. H. G. (2014, abril 30). UNA BUENA PIRAMIDE. *Ganadería Productiva y Más Limpia*. <http://www.ganaderiaproductivaymaslimpia.com/una-buena-piramide/>
- INEC. (2019). *Estadísticas Agropecuarias*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- INTA. (2016). *Manual del protagonista - Pastos y Forrajes* (INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO). jiCA. <https://docplayer.es/26217992-Manual-del-protagonista.html>
- Iowa State University. (2013). Fertilizing Pasture. *PM869*, 1. <https://store.extension.iastate.edu/product/Fertilizing-Pasture>
- Jung, H. G., & Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73(9), 2774-2790. <https://doi.org/10.2527/1995.7392774x>
- Jung, H.-J. G. (1993). *Forage Digestibility: The Intersection of Cell Wall Lignification and Plant Tissue Anatomy*. 3, 13.
- Keith Kelling. (2002). Pasture Fertilization. *Forage*, 4(6), 2.
- León, F. A. G., Estrella, A., Irazábal, E., Quimiz, V., Portilla, A., & Bonifaz, N. (2018). Mejoramiento de la eficiencia de la proteína de los pastos en bovinos de leche utilizando cuatro formulaciones de balanceados. *La Granja*, 28(2), 115-122. <https://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.09>

- León, R. (2003). *Pastos y Forrajes. Producción y manejo* (Vol. 1). Camara Ecuatoriana del libro.
- Lima Molina, N. (2016). *Mejorando praderas nativas a través de la introducción de trébol blanco (Trifolium repens): Efecto de la dosis de fósforo y distanciamiento entre golpes* [Universidad Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2738>
- López Caiza Carolina Vanessa. (2018). *Eficiencia de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje en pastos perennes* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16095>
- Marcos Cerra Becerra. (2015, julio 16). *El manejo sostenible de los ecosistemas de pastizales involucra la participación de varios sectores*. UICN. <https://www.iucn.org/es/content/el-manejo-sostenible-de-los-ecosistemas-de-pastizales-involucra-la-participacion-de-varios-sectores>
- Marino, M., Mazzanti, A., Assuero, S., Gastal, F., Echeverría, H., & Andrade, F. (2004). Nitrogen Dilution Curves and Nitrogen Use Efficiency During Winter–Spring Growth of Annual Ryegrass. *Agronomy Journal - AGRON J*, 96, 8. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0601>
- Martin. (2015, mayo 4). Sobre los pastos, el pastoreo y su adecuado manejo. *Sobre los pastos, el pastoreo y su adecuado manejo*. <http://www.ganaderiaextensiva.org/sobre-los-pastos-el-pastoreo-y-su-adecuado-manejo/>
- Martín Torres Duggan. (2016). *Fertilización de pasturas y verdeos invernales: Bases para un manejo eficiente de suelos y nutrientes*. http://www.forrateg.com.ar/newsletter/_2016/fls-2016-04-09.html

- Martorell, J. A., & Vallés, J. V. S. (1999). *Valoración forrajera y explotación ganadera de los pastos de puerto del Alto Ésera (Pirineo oscense): Propuesta de aprovechamiento* (AGRIS). Institución Fernando el Católico. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=215698>
- Medina Jiménez, Alexandra, Carolina. (2009). *Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de Rye Grass BIANUAL (Lolium multiflorum) en lugares representativos de las zonas ganaderas de leche en la provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo* [Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1781>
- Milera, M., Martín, G., Hernández, I., Sánchez, T., & Fernández, E. (2007). Resultados preliminares del forraje de *Morus alba* en la alimentación de vacas lecheras. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 11(2), 3-14.
- Mónica Agnusdei. (2002). Manejo Otoño—Invernal de los pastizales naturales. *Sitio Argentino de Producción Anima*, 1, 1.
- Mosquera-Losada, M. R., & González-Rodríguez, A. (2011). Uso de nitrógeno y potasio para incrementar la producción y persistencia de trébol blanco. *Pastos*, 27(2), 207-218.
- Nancy Cox. (2020). *Lime and Nutrient Recommendations*. 4, 29.
- Narváez, J., Samantha, Emily. (2020). *Efecto del tiempo de corte sobre la calidad nutricional del ensilaje de Rye Grass (Lolium perenne) Var Amazon, tratado con bacterias ácido lácticas* [Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/22055>
- Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The*

Journal of Agricultural Science, 92(2), 499-503.

<https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>

Osechas, D., & Becerra, L. (2009). Estrategias de manejo de pastizales para la producción sustentable en fincas doble propósito en el occidente de Venezuela.

Bioagro, 21(2), 125-132.

Parsi, J., Godio, L., Miazzi, R., & Maffioli, R. (2001). *Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas*. 32.

Pavinato, P. S., Restelatto, R., Sartor, L. R., & Paris, W. (2014). Production and nutritive value of ryegrass (cv. Barjumbo) under nitrogen fertilization. *Revista Ciência Agronômica*, 45(2), 230-237. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000200002>

Perrin, R. K., Winkelmann, D. L., Moscardi, E. R., & Anderson, J. R. (1983). *Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. 86.

Ramiro León, Nancy Bonifaz, & Francisco Gutiérrez. (2018). *Pastos y Forrajes del Ecuador* (1ra edición, Vol. 1-300). Editorial Universitaria Abya-Yala. www.ups.edu.ec

Robert K. Lyons. (2006). ¿Por que cambia la calidad del forraje de los pastizales? *Comunicaciones Agrícolas*, 7, 6.

Rodríguez, R. (2007). *La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes*. 4(41), 10.

Rolando Demanet Flippi. (2019). *Manual de Especies Forrajeras* (3era Edición). CRP Impresores SPA. <https://consorciolechero.cl/industria-lactea/wp-content/uploads/2019/12/manual-especies-forrajeras-2019-version-web.pdf>

- Serrano Valdiviezo, Y. (2012). *Evaluación de Potencial Forrajero del Bromus sitchensis con Diferentes Niveles de Azufre y Fósforo* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1576>
- Sheaffer, C. C., Halgerson, J. L., & Jung, H. G. (2006). Hybrid and N Fertilization Affect Corn Silage Yield and Quality. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192, 27. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00210.x>
- Stefanska, J., Rinne, M., Heikkilä, T., & Ahvenjärvi, S. (2008). In vivo digestibility of different types of forages using sheep as a model of ruminants. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, 1-8. <https://doi.org/10.33354/smst.76938>
- Toledo, J. M. (2019). *Manual para la evaluación agronomica* (Vol. 3, p. 145) [Data set]. Harvard Dataverse. <https://doi.org/10.7910/DVN/DYR7KS>
- Travieso, M. D. C., Álvarez, J. S. G., Puente, S. L., Solís, C. V., & Bochi-Brum, O. (1999). Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: Efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Archivos de zootecnia*, 48(181), 51-61.
- Villalobos, L., & Sánchez, J. M. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense*, 2, 10.
- Yara. (2018, febrero 7). *Nitrógeno y calidad de pasto* | Yara Ecuador. Yara None. <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/praderas/nitrogeno-y-calidad-de-pasto/>