



**Efecto de residuos de papel (celulosa y lodo), sobre la producción de Rye grass
var. Boxer en La Hacienda El Prado**

Núñez Villacís, Adriana Mercedes

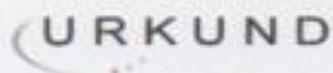
Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera De Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Msc. Racines Cuesta, Adriana Verónica

16 de julio del 2020



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULACIÓN- NÚÑEZ ADRIANA 1.docx (D75697681)
Submitted: 6/27/2020 2:25:00 AM
Submitted By: mgutierrez@difusion.com.mx
Significance: 1 %

Sources included in the report:

TESIS SRITA MICHÉLLE OJEDA.docx (D39081704)
EVALUACIÓN DEL USO DE ALGAS FOSILIZADAS, SOBRE EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO RYE GRASS PERENNE (Lolium perenne) EN LA PARROQUIA EL CARMELO PROVINCIA DEL CARCHI.docx (D46203812)

Instances where selected sources appear:

3

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "RACINES" followed by a flourish.

.....
Ing. Racines Cuesta Adriana Verónica del Rocío Mgs.

DIRECTORA



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "Efecto de residuos de papel (celulosa y lodo), sobre la producción de Rye grass var. Boxer en La Hacienda El Prado" fue realizado por la señorita Núñez Villacís, Adriana Mercedes 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, 16 de julio de 2020

.....
Ing. Racines Cuesta Adriana Verónica del Rocío Mgs.

CC: 1705788162



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Núñez Villacís, Adriana Mercedes, con cédula de ciudadanía n° 1723427199, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Efecto de residuos de papel (celulosa y lodo), sobre la producción de Rye grass var. Boxer en La Hacienda El Prado”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 16 de julio de 2020

Núñez Villacís, Adriana Mercedes

CC: 1723427199



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Núñez Villacís, Adriana Mercedes**, con cédula de ciudadanía n° 1723427199, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Efecto de residuos de papel (celulosa y lodo), sobre la producción de Rye grass var. Boxer en La Hacienda El Prado"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 16 de julio de 2020

Núñez Villacís, Adriana Mercedes

CC: 1723427199

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi familia.

AGRADECIMIENTO

A la Ingeniera, Directora y Amiga Adriana Racines Cuesta por brindarme su apoyo total, conocimientos y enseñanzas durante el desarrollo de la carrera. Muchas gracias por su amistad y paciencia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	1
REPORTE URKUND	2
CERTIFICACIÓN	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
RESUMEN	13
ABSTACT	14
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
Antecedentes	15
Justificación	18
Objetivos	19
<i>Objetivo General</i>	<i>19</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>20</i>
Hipótesis	20
CAPÍTULO II	21
MARCO REFERENCIAL	21
Generalidades del Rye grass	21
<i>Importancia del Rye grass</i>	<i>21</i>
<i>Establecimiento de pradera</i>	<i>22</i>
<i>Degradación de pasturas</i>	<i>22</i>
Descripción de la variedad a emplear	23
<i>Clasificación científica</i>	<i>24</i>
<i>Descripción Botánica</i>	<i>24</i>

<i>Requerimientos edafoclimáticos</i>	25
Implantación del cultivo	26
<i>Densidad de siembra</i>	27
<i>Métodos de siembra</i>	27
<i>Riego</i>	27
<i>Fertilización</i>	27
Interés forrajero	29
Resistencia a plagas y enfermedades	30
Comportamiento productivo	30
<i>Altura de planta</i>	31
<i>Número de hojas al corte</i>	31
<i>Rendimiento de materia verde</i>	31
<i>Rendimiento de materia seca</i>	32
Origen e importancia celulosa	32
Origen e importancia lodo biológico	33
<i>Clasificación</i>	33
<i>Propiedades Físicas</i>	34
<i>Propiedades químicas</i>	34
<i>Propiedades Biológicas</i>	35
CAPÍTULO III	36
MATERIALES Y MÉTODOS	36
Ubicación del lugar de Investigación	36
<i>Ubicación Política</i>	36
<i>Ubicación Geográfica</i>	36
Materiales	36
<i>Materiales de Campo</i>	36
Métodos	38
<i>Armado de camas de siembra</i>	38
<i>Aplicación de celulosa y lodo biológico</i>	38
<i>Digestibilidad in situ</i>	40
<i>Análisis Nutricional</i>	41
<i>Porcentaje de digestibilidad</i>	43
<i>Diseño Experimental</i>	43

	10
<i>Variables medidas</i>	46
<i>Análisis Económico</i>	48
CAPÍTULO IV	49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
Resultados	49
<i>Análisis de la fuente de celulosa</i>	49
Materia Verde	50
Materia Seca	55
<i>Valor nutricional</i>	58
<i>Digestibilidad in situ</i>	65
<i>Evaluación visual</i>	67
<i>Análisis económico</i>	69
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
Bibliografía	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Nitrógeno presente en 1 Tn de celulosa y lodo</i>	39
Tabla 2	<i>Esquema de tratamientos</i>	44
Tabla 3	<i>Esquema de parcelas</i>	44
Tabla 4	<i>Esquema del área total del ensayo</i>	44
Tabla 5	<i>Análisis de varianza para los tratamientos</i>	44
Tabla 6	<i>Escala de vigor de rebrote</i>	47
Tabla 7	<i>Composición nutricional de la celulosa</i>	49
Tabla 8	<i>Composición nutricional de lodo biológico</i>	49
Tabla 9	<i>Composición del suelo antes del experimento</i>	50
Tabla 10	<i>Análisis de varianza para cantidad de Materia Verde de Ray grass bajo el efecto de la interacción Dosis * Corte</i>	50
Tabla 11	<i>Análisis de varianza para cantidad de Materia Verde de Rye grass bajo el efecto de la interacción Dosis* corte</i>	51
Tabla 12	<i>Análisis de varianza para tres cortes de Materia Verde de Rye grass bajo el efecto de la interacción tratamiento* corte</i>	51
Tabla 13	<i>Análisis de varianza para la Materia Seca de Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos</i>	55
Tabla 14	<i>Medias ajustadas para la Materia Seca de Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos* cortes</i>	56
Tabla 15	<i>Análisis de varianza para el porcentaje de Proteína cruda en Rye grass bajo el efecto de diferentes tratamientos</i>	58
Tabla 16	<i>Medias ajustadas para el porcentaje de Proteína cruda en Rye grass bajo el efecto de diferentes tratamientos</i>	58
Tabla 17	<i>Análisis de varianza para el efecto de 7 tratamientos sobre la ceniza en cultivo de Rye grass</i>	60
Tabla 18	<i>Análisis de varianza para el efecto de 7 tratamientos sobre la ceniza en cultivo de Rye grass</i>	60
Tabla 19	<i>Análisis de varianza para la cantidad de grasa en Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos</i>	61
Tabla 20	<i>Medias ajustadas \pm error estándar para la cantidad de grasa en Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos</i>	62
Tabla 21	<i>Análisis de varianza para la cantidad de fibra en Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos</i>	62
Tabla 22	<i>Medias ajustadas \pm error estándar para la cantidad de fibra en Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos</i>	63
Tabla 23	<i>Análisis de varianza para el porcentaje de digestibilidad del Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos a las 24 horas</i>	65
Tabla 24	<i>Medias ajustadas \pm e.e para el porcentaje de digestibilidad del Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos a las 24 horas</i>	66
Tabla 25	<i>Análisis de varianza para el vigor Evaluación visual de crecimiento Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos</i>	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Croquis en campo.....</i>	45
Figura 2	<i>Día de corte 3,5 hojas.....</i>	46
Figura 3	<i>Cantidad de materia verde por tratamiento/ corte.</i>	54
Figura 4	<i>Cantidad de materia seca por tratamiento/ corte.....</i>	57
Figura 5	<i>Medias ajustadas para el porcentaje de Proteína cruda en Rye grass bajo el efecto de diferentes tratamientos.</i>	59
Figura 6	<i>Porcentaje d ceniza en Rye grass.....</i>	61
Figura 7	<i>Prueba de significancia de DGC (5%) de la cantidad de grasa medida en Rye grass.</i>	62
Figura 8	<i>Prueba de significancia de DGC (5%) de la cantidad de fibra* corte medida en Rye grass.</i>	64
Figura 9	<i>Digestibilidad in situ del Rye grass medido a las , 24 horas, bajo el efecto de siete tratamientos.</i>	66
Figura 10	<i>Muestra de la prueba de vigor</i>	68

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el rendimiento de Rye grass (*Lolium multiflorum*) Var. Boxer tras utilizar lodos biológicos y residuos de celulosa generados en la industria papelera en la Hda. El Prado. En el experimento se evaluó la aplicación de diferentes niveles de residuo de celulosa y lodo biológico frente a los resultados de un testigo químico tomando en cuenta las necesidades del suelo. Se realizó un análisis preliminar de los residuos utilizados para determinar el contenido químico de los mismos, y establecer el aporte nutricional para el cultivo. Se implementó un diseño completamente al azar con tres repeticiones; durante la investigación se realizaron tres cortes, obteniéndose los mejores resultados en los tratamientos T2 y T3 correspondientes a 5 y 7 Tn. Ha⁻¹, con (13839,80 y 12198,58) de materia verde, y (1659,57 y 1463,83) Kg/ corte de materia seca, respectivamente. En el análisis nutricional se determinó que los tratamientos T1 y T2, presentaron mayor cantidad de proteína cruda (20,85), grasa (5,55); y los tratamientos T6 y T5 mayor cantidad de ceniza (12,66) y fibra (19,16). La digestibilidad no presentó diferencias entre tratamientos, pero si entre cortes, con un porcentaje de 77,30 en el segundo corte. Al final de esta investigación se pudo establecer que la adición de los residuos de la actividad papelera puede ser utilizados en el cultivo de pastizales por el aporte de nutrientes y disponibilidad de minerales.

Palabras clave: *Residuo de celulosa, lodo biológico, rendimiento*

ABSTACT

The objective of the present investigation was to determine the yield of Rye grass (*Lolium multiflorum*) Var. Boxer after using biological sludge and cellulose waste generated in the paper industry in Hda. The meadow. In the experiment, the application of different levels of cellulose residue and biological sludge was evaluated against the results of a chemical control taking into account the needs of the soil. A preliminary analysis of the residues used to determine their chemical content was carried out, and to establish the nutritional contribution for the crop. A completely randomized design with three repetitions was implemented; During the investigation three cuts were made, obtaining the best results in treatments T2 and T3 corresponding to 5 and 7 Tn. Ha⁻¹, with (13839.80 and 12198.58) of green matter, and (1659.57 and 1463.83) Kg / cut of dry matter, respectively. In the nutritional analysis it was determined that the treatments T1 and T2, presented a greater amount of crude protein (20.85), fat (5.55); and the treatments T6 and T5 greater amount of ash (12.66) and fiber (19.16). The digestibility did not show differences between treatments, but between cuts, with a percentage of 77.30 in the second cut. At the end of this investigation it was established that the addition of waste from paper activity can be used in the cultivation of pastures due to the contribution of nutrients and mineral availability.

Keywords: *Cellulose residue, biological sludge, performance*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Actualmente el Ecuador agropecuario está aquejado de diferentes factores, como la demanda creciente de alimentos, la falta de tierras con dedicación agropecuaria, los efectos ejercidos por el cambio climático, etc. Estos son temas actuales de preocupación colectiva que están relacionados entre sí y están unidos a la expansión de actividades productivas, sean de naturaleza doméstica, industrial o agrícola, cuya cadena productiva da lugar al último eslabón que es la formación de desechos, los mismos que, debido al monto y a la tasa elevada de acumulación, generan un problema que crece cada día pues su volumen va incrementándose desmesuradamente dando lugar a la creación de una problemática ambiental, ya que estos elementos son vertidos en lugares no apropiados. Además, el problema desemboca en múltiples efectos pues la presencia creciente de los desechos afecta a la salud y quebranta la calidad de vida de las comunidades (Beltrán-López et al., 2002).

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) puntualiza que los desechos son todo material que resulta de una actividad, ya sea por la acción directa de la intervención humana o por la operación de otros organismos vivos, dando lugar a una masa incongruente, que en muchos casos es complicado reintegrar a los ciclos naturales (Lowe et al., 2011).

Es de conocimiento colectivo que para evitar el colapso de los procesos de manufactura y producción no se puede continuar con la misma tasa elevada de

generación de desechos, tornándose necesaria su reducción a través de la reutilización y el reciclaje; sin lugar a dudas es necesario desarrollar técnicas y procesos que faciliten la eliminación del gran volumen de residuos producidos para que estos dejen de formar parte constitutiva de la problemática ambiental acuciante que se observa a nivel mundial.

A nivel nacional la gestión de los residuos sólidos es deficiente en gran parte del país, iniciando esta problemática desde la recolección de los desechos hasta su disposición final; esto se da por la escasa planeación, el desconocimiento de los procesos de aprovechamiento y reciclaje, la falta de estudios técnicos y el bajo compromiso de los diferentes sectores implicados (Hernández Garay et al., 2005).

Los impactos que puede generar la mala disposición de los residuos sólidos, llegan a desbalances ecológicos (contaminación de suelos, agua y aire), malos olores y vectores de enfermedades que pueden tener altas repercusiones en la salud pública (Racines, 2018).

El fenómeno descrito anteriormente está presente en la empresa Familia - Sancela (Cotopaxi), donde la producción de los residuos sólidos orgánicos alcanza la altísima cantidad de 40 toneladas por día, estos materiales son ubicados como rellenos en propiedades de la empresa y al momento su reutilización está siendo incentivada debido a los resultados positivos obtenidos de diferentes investigaciones que esta empresa ha apoyado en centros de educación superior como por ejemplo en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en donde se han realizado estudios de los residuos orgánicos como los lodos biológicos y la celulosa de papel que se generan residualmente en Sancela - Familia.

Se ha comprobado a través de varias investigaciones que estos materiales representan una alternativa viable para restaurar suelos, constituyéndose en elementos que pueden ser utilizados como abonos orgánicos por sus características nutritivas. Se ha encontrado también que los desechos orgánicos de las papeleras, tienen un efecto beneficioso sobre las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo, al aumentar la protección contra algunas formas de contaminación y degradación. Los análisis de laboratorio realizados, han mostrado que estos residuos tienen altos contenidos de nitrógeno y calcio, elementos que son fundamentales para la producción agrícola (Villalobos, 2010).

En Cotopaxi, el último Censo Nacional Agropecuario reporta 77.127 hectáreas con especies de pastos perennes, 63.906 hectáreas con pastos cultivados y 73.889 con pastos endémicos. De igual forma en esta provincia se reportan 193129 cabezas de ganado vacuno; esta información da la pauta que en la provincia de Cotopaxi existe un potencial en producción de pastos para alimentación de animales rumiantes (Hernao, Laura Veronica; Rojas, Ivan Dario y Giraldo, 2009).

Por otro lado la provincia de Cotopaxi posee suelos de origen volcánico, con textura arcillo-limosa y limosa-arenosa con presencia de acidez, por esto dentro de las labores agrícolas más frecuentes se encuentran los encalados y enmiendas de pH. Esta actividad se la puede realizar exitosamente adicionando desechos orgánicos de la industria papelera por los altísimos niveles de calcio que se encuentran presentes en este material.

Justificación

Es importante conocer que el 34 % de la población económicamente activa en Cotopaxi, se encuentra en las zonas rurales dedicada a la agricultura; además dentro de la provincia existe un 36 % de población que atraviesa una situación de pobreza y existe un 10% que se halla en la indigencia (Fulkerson & Donaghy, 2001); estos datos indican que las condiciones socio económicas y ambientales, exigen buscar metodologías amigables tanto con el recurso suelo como con los escasos recursos económicos que posee la población (Sonnino & Ruane, 2013).

El precio de los agroquímicos presentó un incremento del 0.60% en el mes de febrero del 2019 (Ramírez, 2009), este hecho indica que cada vez existe menos oportunidades de que gran parte de campesinos tengan acceso a los agroquímicos en general y a los fertilizantes en particular (Juan Loyola Illescas Autor et al., 2014)

Los precios elevados de los agroquímicos constituyen un problema que promueve el desarrollo de alternativas de uso de los residuos orgánicos en general y más todavía cuando se ha comprobado que, como los desechos de la industria papelera, son sumamente ricos en nutrientes, por lo que permiten la producción de materia verde en similares condiciones que los fertilizantes químicos.

En la presente investigación se utilizarán desechos orgánicos (celulosa y lodo) de la empresa papelera Sancela - Familia como fuente de fertilización para pastos, ya que según los análisis realizados, estos poseen altas proporciones de N y Ca, de igual forma con este trabajo se apoyará el reciclaje de estos materiales asegurándose que el proceso de reciclaje de nutrientes se cumpla.

Por lo general, los lodos de las fábricas productoras de papel presentan altas concentraciones de materia orgánica biodegradable y la aplicación en el suelo puede tener efectos significativos (carbonato cálcico como agente neutralizante de suelos ácidos, la retención de humedad por parte de fibras de celulosa y el enriquecimiento de suelos secos que tienen bajo contenido nitrogenado). Cabe resaltar que los niveles elevados de carbono orgánico promueven la actividad de la flora microbiana y de esta manera, la consecuente mineralización del coloide orgánico (Racines, 2018).

Tomando en consideración los argumentos denotados en los párrafos anteriores, el tema propuesto en el presente trabajo de investigación resulta oportuno, debido al interés de solucionar tres problemáticas:

- La reutilización de los desechos industriales.
- La elevación de la producción forrajera, junto con la mejora de las características del suelo.
- La disminución significativa del deterioro ambiental.

La información proporcionada en este documento constituirá la base para futuras propuestas de mitigación y adaptación, empleando estos residuos industriales como abonos orgánicos.

Objetivos.

Objetivo General

Determinar el efecto de la aplicación de tres dosis de celulosa y lodo biológico de papel sobre la producción de Raigrás Var. Bóxer.

Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto que tiene la celulosa y el lodo biológico sobre la producción y digestibilidad de materia seca de Raygrass Var. Bóxer.
- Conocer el valor nutritivo del Raygrass Var.Boxer.
- Determinar el tratamiento más económico.

Hipótesis

Ho: La aplicación de celulosa y lodo biológico de papel es eficiente sobre el crecimiento y desarrollo de Raigrás Bóxer.

Ha: La aplicación de celulosa y lodo biológico de papel no es eficiente sobre el crecimiento y desarrollo de Raigrás Bóxer.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Generalidades del Rye grass

Importancia del Rye grass

Las diferentes variedades de pasto se originaron hace 70 millones de años, se fueron desarrollando según el consumo de los animales como fuente de alimento. La importancia del pasto radica en las diferentes variedades que existen para la alimentación de especies animales (Cobos Espinoza & Narváez Vélez, 2018).

Importancia según su desarrollo fisiológico:

- **Pastos de crecimiento erecto:** Se desarrollan en ángulo recto al suelo. Presentan los menores rendimientos productivos.
- **Pastos de crecimiento rastrero:** La planta se desarrolla de forma paralela a la superficie del suelo.
- **Pastos de crecimiento semi erecto:** Presentan resistencia al pisoteo de animales, alta producción de materia seca (Cobos Espinoza & Narváez Vélez, 2018).

Importancia según los rebrotes:

- **Pastos semestrales:** Su ciclo vegetativo es de 6 meses.
- **Pastos anuales o bianuales:** Ciclo vegetativo de 1 o 2 años.
- **Pastos perennes:** Ciclo vegetativo de duración permanente.
- **Gramíneas:** Son especies de tallo cóncavo, tienen su etapa de floración en espiga (Sonnino & Ruane, 2013).

Establecimiento de pradera

Para establecer una pradera se debe tomar en cuenta las condiciones ambientales, climáticas, relieve geográfico y características del suelo. También se debe considerar la estructura y textura del suelo (Uzaimi et al., 2015).

- **Condiciones edafoclimáticas:** Se debe tomar en consideración las condiciones de textura y estructura del suelo (Garnica, 2013).
- **Objetivo de producción:** Determinar el uso del cultivo ayuda a la elección de la variedad a implantar.
- **Características de manejo:** Se debe tomar en cuenta la ficha técnica y la recomendación de la casa comercial (Pineda et al., 2004).

Degradación de pasturas

La degradación de las pasturas se da por factores como la presencia de plagas, enfermedades, erosión, compactación, sobreexplotación del recurso suelo, ya que las especies forrajeras al ser implementadas, extraen todos los nutrientes del suelo, y si no se toman medidas preventivas el suelo queda desgastado o erosionado. Por lo que al final se presenta una disminución en la productividad pecuaria, con menores rendimientos en materia seca (Lowe et al., 2011).

Son varios los factores que contribuyen a la degradación de las pasturas y el suelo, entre ellas están el sobrepastoreo, la compactación del suelo debida a la alta carga animal, los factores ambientales, y la erosión que reduce disponibilidad de elementos nutritivos del suelo (Arteaga et al., 2019).

El suelo es un complejo orgánico y mineral, que contiene los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, se debe realizar una evaluación de la calidad del suelo mediante un análisis fisicoquímico, la estrategia más utilizada para analizar los nutrientes del suelo es el ensayo químico en laboratorio (Elizabeth, 2011). Para definir la recomendación se toma en cuenta los resultados de la calidad de suelo y el requerimiento del cultivo. La fertilización en cultivos puede ser de corrección, mantenimiento, o producción. El principal elemento para tomar en cuenta es el nitrógeno, ya que debe ser fraccionado en varias aplicaciones, para ampliar la eficiencia en la producción de materia verde (Elizabeth, 2011).

Descripción de la variedad a emplear

Se denomina ryegrass perenne porque su implementación en la pradera dura 6 meses y tiene una vida productiva de hasta 10 años. Se adapta a varios pisos climáticos. La planta se desarrolla de forma erecta con un promedio de tres hojas por cada corte. Tiene alta tolerancia al pisoteo y plantas invasoras (Cobos Espinoza & Narváez Vélez, 2018). Se caracteriza porque los foliolos son de color verde intenso en la parte inferior, las hojas son láminadas de 0,5 a 2 cm de ancho por 5 a 60 cm de longitud aproximadamente (Mañunga et al., 2012).

La variedad ryegrass perenne (*Lolium perenne*), pertenece a la familia de las gramíneas, la importancia botánica de esta especie radica en su uso para la producción de forrajes verdes como fuente suplementación alimenticia en especies de producción pecuaria (Hernández Garay et al., 2005). El ryegrass es originario del centro de Europa, se ha transformado en la variedad más utilizada en el sector agrícola del país. Necesita

alrededor de 700 mm de agua para su desarrollo. De igual forma es resistente a veranos calurosos y altas temperaturas (Beltrán-López et al., 2002).

Entre las características fundamentales del ryegrass perenne se menciona su sistema radicular fibroso no profundo, con alta capacidad para formar macollos y cobertura vegetal. Las hojas cubren el 100% del suelo. La inflorescencia es en forma de espiga con 10 - 20 cm de altura (Arteaga et al., 2019).

Clasificación científica

El género *Lolium* perteneciente a la familia (Poaceae) está constituido por 8 especies euroasiáticas (Demagnet, 2013).

Taxonomía: *Lolium perenne*

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Pooideae

Género: *Lolium perenne*

Descripción Botánica

Es una gramínea de crecimiento recto con flor en forma de espiga. No tiene pubescencia; puede ser utilizado directamente para pastoreo o como pasto de corte. Puede ser estacional o perenne; tiene altas exigencias de cultivo y requiere de riego

frecuente. Se recomienda 30 - 45 días de descanso y el cálculo de las unidades bovinas se lo realiza con el rendimiento del cultivo (SAGARPA & INIFAP, 2015).

Tallo: De crecimiento erecto.

Hojas: Lámina de 15-60 cm de largo, 5-8 mm de ancho.

Inflorescencia: En forma de espiga, comprimidas, erectas.

Espiguilla/Flores: De 10 a 20 mm de largo.

Requerimientos edafoclimáticos

Ryegrass Var. Boxer se puede adaptar a los suelos con valores bajos de potasio y fosforo. Se caracteriza por la alta tolerancia a períodos prolongados de sequía, también soporta suelos ácidos (pH 5.5 a 7.8) (Garnica, 2013).

(Arteaga et al., 2019) refiere que la variedad Boxer tiene una buena adaptabilidad a los climas fríos, con veranos de temperaturas entre 19°C – 21°C. Tiene un requerimiento hídrico alto, por lo que se recomienda su implantación en época de invierno, y las mayores producciones se obtienen en esta época del año. También, es exigente en la dosis de nitrógeno y calcio ya que requiere de una alta cantidad de estos elementos para la producción de biomasa (Fulkerson & Donaghy, 2001).

Suelo

Se acopla a los suelos de la sierra ecuatoriana, con mejores resultados en suelos de alta fertilidad con disponibilidad de nitrógeno y micronutrientes. La textura

debe ser de franco-arcillosa, con un pH ligeramente ácido para permitir la movilidad de los elementos (Fulkerson & Donaghy, 2001).

Temperatura

El Ryegrass perenne se desarrolla climas entre el templado-frío; frío, (13 ° C - 21 ° C), no tolera temperaturas superiores a 25° C ni períodos intensos de sequía (Sonnino & Ruane, 2013).

Altitud

Se desarrolla bien a alturas de 2 000 a 3 800 msnm (SAGARPA & INIFAP, 2015).

Precipitación

Su crecimiento fisiológico se da con más de 750 mm de agua al año (Mañunga et al., 2012).

Adaptación

Clima templado, templado - frío

Implantación del cultivo

(Mañunga et al., 2012), señala que Ryegrass var Boxer, tiene una alta tasa de germinación (5 a 7 días después de la siembra).

Densidad de siembra

(Lowe et al., 2011), recomienda que se debe utilizar entre 30-35Kg/ hectárea de semilla certificada.

Métodos de siembra

La forma puede ser al voleo manual o mecánica con una voleadora, realizando el tapado de las semillas con una capa de tierra de 0.5 – 1 cm de profundidad (Ramírez, 2009).

Riego

En el establecimiento de la pradera, el riego debe ser antes de incorporar las semillas al suelo. Luego la frecuencia de riego depende de la velocidad de infiltración y las condiciones ambientales del sector. Como recomendación el segundo riego se realizará a los 8-11 días, el tercero a los 10-15 días y el cuarto riego de los 15-20 días. La frecuencia de riegos depende de la textura del suelo; en los suelos arenosos deberá ser más seguida (Pereira, 2015).

Fertilización

Las plantas requieren satisfacer sus necesidades nutritivas para completar el ciclo vegetativo y productivo de cada especie, por esto se debe preparar la tierra con fertilizantes químicos o abonos para cumplir las necesidades del cultivo. Las plantas necesitan minerales en diferentes proporciones para completar el ciclo vegetativo (Beltrán-López et al., 2002). Cada elemento nutritivo ejerce una función diferente en la planta por lo que la deficiencia un nutriente u otro se observa en las partes vegetativas con cambios de coloración o deformaciones.

El nitrógeno es el responsable de dar el color verde a las plantas, la falta de este elemento se evidencia en la coloración amarillenta. Este elemento es fundamental en la constitución de proteínas celulares presentes en las plantas, que luego se encargan de formar aminoácidos, azúcares, hormonas, etc.

Fósforo

Es un elemento fundamental para el desarrollo de partes estructurales como las raíces y flores además provee de energía necesaria para el normal funcionamiento de las plantas. Conformar los componentes elementales de la célula, como los ácidos nucleicos, nucleótidos y enzimas (Uzaimi et al., 2015).

Potasio

Sirve para dar resistencia a las enfermedades, a las heladas y a la falta de agua. Participa en la fotosíntesis, en la producción de carbohidratos (azúcar, almidón), en el desarrollo de tubérculos y raíces, en la síntesis y activación de proteínas (Zabala, 2008).

Calcio

Es parte estructural de la pared celular, tiene un rol importante en el sistema de defensa contra las enfermedades, ya que promueve la formación de fitoalexinas. También se encarga de la permeabilidad de la membrana celular y en la selectividad de absorción. Influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica ya que neutraliza los ácidos, mejorando la estructura del suelo (Hernández Garay et al., 2005).

Magnesio

Es un mineral fundamental en la molécula de clorofila. La clorosis es el principal síntoma de la deficiencia de este elemento, se observa como el amarillamiento de las hojas. Desempeña otras funciones como activador de enzimas y en la formación de azúcares (Martin & Agüero, 2014).

Azufre

Tiene un efecto sobre las proteínas y enzimas ya que promueve la formación de nódulos en las raíces. Su función secundaria es la translocación y el metabolismo de azúcares (Fulkerson & Donaghy, 2001).

Interés forrajero

La producción de pastos está directamente relacionada con la ganadería ya que se constituye en la base para la suplementación alimenticia de rumiantes, es una de las principales estrategias de abastecimiento de alimentación para explotaciones pecuarias.

Las plantas utilizan energía solar del medio ambiente y por medio de procesos fisiológicos transforman la energía lumínica en energía química, este fenómeno junto con los nutrientes aportados por el suelo, permiten un adecuado crecimiento y desarrollo de las partes vegetativas de las plantas, obteniéndose el incremento de la biomasa; es por esto que la heliofanía recibida sobre una superficie vegetal y que es acumulada por la planta, en conjunto con los nutrientes disponibles, son limitantes fundamentales en el rendimiento de un cultivo (Arteaga et al., 2019).

La eficiencia del producto final depende del manejo del sistema, por lo que un recurso forrajero debe producir volúmenes altos de biomasa aprovechable por el animal. Además, es indispensable que los rendimientos sean sustentables a través de todo el año (Lowe et al., 2011).

Resistencia a plagas y enfermedades

Según (Estela Mónica, 2002) los pastos tetraploides son una variedad mejorada, que generan mayores rendimientos, presentan mejor palatabilidad, pero requieren de mayor cantidad de riego y fertilización para su mantenimiento (Juan Loyola Illescas Autor et al., 2014).

El ryegrass perenne tiene alta capacidad de resistencia a las enfermedades, por la respuesta que presentan hacia organismos patógenos, (Beltrán-López et al., 2002) habla de la presencia de fitoalexinas. Entre los mecanismos de defensas se puede mencionar:

- **Mecanismos de defensas preexistentes:** Formados por características estructurales de la pared celular
- **Mecanismos de defensa inducibles:** Aplicación de fitohormonas (Beltrán-López et al., 2002).

Comportamiento productivo

La precipitación y la temperatura influyen sobre el crecimiento y desarrollo de las especies forrajeras (Rojas García et al., 2016). Requieren de un suelo franco arcilloso, 750 mm de agua anuales, y 8 - 12 horas luz por día (Rojas García et al., 2016).

Altura de planta

Ryegrass Var. Boxer es de crecimiento erecto con alta proliferación de macollos, germinación y establecimiento rápido, llega a medir entre 35 a 60 cm de altura, los tallos son cóncavos, huecos por dentro; presenta abundantes hojas verde intenso. El rendimiento comercial de ryegrass Var. Boxer, corresponde a 60 - 70 toneladas de forraje verde por hectárea/ año (equivalente entre 7 a 9 toneladas de materia seca/ año), el valor nutritivo se encuentra dentro de los parámetros de 15 a 23 % de proteína cruda, 70 a 80 % digestibilidad, 3.4 - 6% grasa, 18 - 24% de fibra y 11 - 13% de cenizas (Uzaimi et al., 2015).

Número de hojas al corte

La edad fenológica se determina por el número de hojas presentes, se estima que debe tener entre 2,7 a 3,5 hojas para iniciar el pastoreo o el corte (Fulkerson & Donaghy, 2001).

En esta variedad de pasto se considera que al momento de producir una tercera hoja, la primera se vuelve senescente mientras la nueva hoja emerge, este ciclo se mantiene cada 3 hojas, por lo que al no aprovechar el momento del corte adecuado se pierde calidad forrajera. En algunas especies de ryegrass perenne, al aparecer la cuarta hoja, la primera que es la más vieja comienza a morir, por lo que algunos pastos se cortan al 2.5 – 3.5 hojas (Beltrán-López et al., 2002).

Rendimiento de materia verde

La materia verde representa la cantidad de biomasa con agua, acumulada por las plantas en su ciclo productivo. Según (Garnica, 2013) debe ir desde 2.80 – 3.20

kg/m² por corte o pastoreo, después del primer corte de igualación a los 60 días después de la siembra (Hernández Garay et al., 2005), señalan que el Rye grass var. Boxer produce entre 41.67 y 50 toneladas de forraje verde/ha en 7 - 9 cortes.

Rendimiento de materia seca

El rendimiento de materia seca (MS) del forraje, es el resultado de la extracción del agua que contienen las partes vegetativas de la planta (Juan Loyola Illescas Autor et al., 2014). El contenido de materia seca en pastos depende de la época del año, variaciones climatológicas de la zona, presentando mayores rendimientos en invierno. Tiene relación a la calidad de fertilización y mantenimiento de la pradera (Fulkerson & Donaghy, 2001).

Según (Zabala, 2008), la producción de materia seca tiene como limitante el fósforo ya que no permite un adecuado rebrote pues su deficiencia impide la asimilación de nitratos del suelo. Al evaluar la tasa de desarrollo diario y la acumulación de grados térmicos, los rendimientos más altos de pasto se obtienen entre (6.000 kg MS) al cosechar entre la cuarta y sexta semana. Los rendimientos del cultivo varían en función de las condiciones medio ambientales, y manejo de fertilización del suelo (Fulkerson & Donaghy, 2001).

Origen e importancia celulosa

La celulosa es un polisacárido conformado de fibras, es el elemento constitutivo de la madera, es el elemento principal para la elaboración de papel tipo Kraft. Se encuentra formado por la unión de varias moléculas de glucosa con puentes de carbono, las fibras están unidas entre sí por enlaces de lignina que le proveen

rigidez al papel. La extracción de celulosa consiste en separar los puentes de lignina que se encuentran en los espacios extracelulares mediante procesos físicos, químicos y mecánicos (Sonnino & Ruane, 2013).

La celulosa es el elemento que otorga los tejidos de sostén a las estructuras vegetativas de las plantas; representa el 40 % de biomasa en los árboles y el algodón contiene un porcentaje de 90 % de este material. La celulosa no se puede utilizar como fuente nutritiva para alimentación animal, por su estructura química y la falta de enzimas digestivas para el desdoblamiento de la lignina. Su principal beneficio está en la industria papelera para insumos de papelería tipo Kraft (Cobos Espinoza & Narváez Vélez, 2018).

Origen e importancia lodo biológico

Durante el ciclo de reciclaje del papel, existe la presencia de bacterias que se alimentan de los nutrientes y separan la celulosa de los contaminantes. Estos microorganismos se encargan de eliminar la materia orgánica proveniente del proceso de biodigestión, al final del proceso se obtiene un material que se denomina lodo activo (Uzaimi et al., 2015).

El lodo biológico es un efluente no contaminante que se encuentra en forma de flóculos y contiene nutrientes residuales como el nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio a más de una importante carga bacteriana benéfica que viene del proceso del tratamiento biológico de reciclaje de celulosa (Rojas García et al., 2016).

Clasificación

Dependiendo del proceso de producción:

- Pulpa mecánica, se produce para fabricar papel de diario.
- Pulpa quimo-termo-mecánica (CTMP), sirve para fabricar papel tipo Kraft.
- Celulosa Kraft Cruda, que es producida de la madera de pino.
- Celulosa Kraft blanqueada de fibra larga, que sirve para la fabricación de papel tipo Kraft blanqueado.

- Celulosa Kraft Blanqueada Fibra Corta, es producida de madera de eucalipto.

Clasificación del lodo biológico.

- Lodo activo de retorno

Son los flóculos de lodo que se sedimentan al fondo, sobre este material queda el agua residual que puede limpiarse si se elimina los contaminantes (Rojas García et al., 2016).

- Lodo secundario

Contiene partículas no hidrolizables y biomasa de la materia orgánica (Rojas García et al., 2016).

Propiedades Físicas

Tiene una densidad de 1.27 - 1.61 g/cm con una masa molecular de 160,000 - 560,000 g/mol (Sonnino & Ruane, 2013). Posee un punto de fusión a los 500 - 518 °F. Suele ser un material semisólido que contiene entre 0.25 – 12% de sólidos (Elizabeth, 2011).

Propiedades químicas

Es un material biodegradable insoluble en agua, que se descompone en moléculas pequeñas de glucosa mediante el proceso de biodegradación o de

humificación, contiene cantidades altas de urea, ácido fosfórico, calcio, magnesio, y fosforo.

Propiedades Biológicas

Contiene flóculos de biomasa viva y muerta y trazas orgánicas de elementos derivados de la celulosa (Rojas García et al., 2016).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del lugar de Investigación

Ubicación Política

La presente investigación se realizó en la parroquia San Fernando, Cantón Sangolquí, Provincia de Pichincha.

Ubicación Geográfica

HACIENDA “EL PRADO”

Norte: Población San Fernando

Este: Población de Loreto

Oeste: Río Pita

Zona de vida: Bosque húmedo

Altitud: 2 850 m

Temperatura Promedio: 14° C

Precipitación Anual: 1200 mm

Suelos: Suelo franco arenoso, apto para agricultura.

Materiales

Materiales de Campo

Herramientas y equipos

- Cámara fotográfica
- 63 fundas de papel
- Bolsas de Nylon

- Selladora
- Etiquetas
- Tijera de podar
- Cinta métrica
- libreta de campo
- Papel filtro
- baldes
- Balanza digital
- Piola
- Marcador permanente
- Fuentes naturales
- Semilla Rye grass perenne. Var. Bóxer
- Celulosa de papel
- Lodo de papel
- Fertilizante químico (18-46-0)
- Digestor Kjendal
- Destilador VELP
- Mufia
- Estufa
- Plancha calentadora
- Molino Thomas Scientific
- Reactivos
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio
- Ácido Sulfúrico

- Ácido Bórico
- Ácido Clorhídrico 1N
- Ácido Clorhídrico 1M
- Pastilla de Kjendhall

Métodos

El experimento se realizó en la hacienda “El Prado” (San Fernando) en el laboratorio de Agricultura Orgánica.

Armado de camas de siembra

Se utilizó unidades experimentales de $9,35 m^2$, el llenado de las UE se realizó hasta el 100% de su capacidad con tierra preparada (tierra negra, arena, humus) relación 9:3:1, esta mezcla facilitó el crecimiento y desarrollo del Rye grass.

Para la siembra se determinó la cantidad de semillas según la recomendación de la casa comercial, así,

$$semillas = \frac{20 kg}{10,000 m^2} * 9,4m^2 = 18g$$

Aplicación de celulosa y lodo biológico

El cálculo de la dosis de celulosa y lodo biológico a incorporarse, se realizó con un análisis nutricional del material para conocer la cantidad de nitrógeno presente en los residuos papeleros, estableciéndose los niveles de aplicación, los mismos que determinaron los tratamientos del presente estudio.

Aplicación de celulosa

La empresa dispuso la cantidad requerida de celulosa para las parcelas experimentales. La aplicación del producto se realizó después de cada corte. Este material fue pesado en una balanza y se aplicó al voleo sobre las parcelas experimentales a los siete días de rebrote.

Tabla 1

Nitrógeno presente en 1 Tn de celulosa y lodo

Fuentes	1 Tn
Lodo biológico	53,53 kg de Nitrógeno
Celulosa	2,07 kg de Nitrógeno

Nota. Resultados químicos preliminares del laboratorio. Adaptado de Villalobos. (2010). Análisis proporcionados por Sancela Familia.

Análisis preliminar de residuo de celulosa

Un análisis previo al experimento, determinó la composición nutricional del residuo de celulosa y lodo biológico, los resultados se presentan en la *Tabla 1*; el principal elemento a tomar en consideración fue el (N : 2079.5 mg.Kg⁻¹), equivalente a 53.53 Kg/ N por cada tonelada de lodo biológico y 2.07 Kg/N por tonelada de celulosa de papel. También se encuentran presentes minerales como P, K y Ca, por lo que se constituye en una fuente de materia orgánica altamente nutritiva y biodisponible para el cultivo (Pereira, 2015). En este caso, por ser elementos de movilidad rápida, se permite una rápida adsorción por parte de las plantas (Juan Loyola Illescas Autor et al., 2014).

El nitrógeno representa uno de los elementos necesarios para el desarrollo, crecimiento y síntesis de polisacáridos a nivel intracelular. Una correcta coloración

verdosa hace referencia a la cantidad suficiente de clorofila, que es utilizada en el proceso de fotosíntesis, proceso que es indispensable para el desarrollo de partes estructurales de la planta (Lowe et al., 2011).

Por otro lado el fósforo es indispensable en las funciones metabólicas de la planta ya que se desempeña como precursor del proceso de respiración, fotosíntesis, ciclo de Calvin. Finalmente también influye en la división y crecimiento celular (Rojas García et al., 2016). Además, atrapa haces de luz para convertirla en componentes como los aminoácidos que son indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, promoviendo la elongación radicular (Beltrán-López et al., 2002).

El potasio interviene en el proceso de fotosíntesis dando lugar al ciclo de respiración celular, ya que promueve la formación de polisacáridos mediante la acción de enzimas específicas (Fulkerson & Donaghy, 2001).

El análisis nutricional del residuo de celulosa presentó 0.1 - 0.5 % de fósforo, 2 - 3 % de nitrógeno y 1 a 2% de potasio, estos resultados determinan que al utilizar el residuo biológico de papel se esté disponiendo de una gran fuente de elementos nutritivos, fundamentales para el desarrollo vegetativo.

Digestibilidad in situ

Se utilizaron fundas de nylon de 20 x 10 cm, en las mismas se dispuso 5 gramos de materia seca del ryegrass molido, posteriormente luego de sellarlas y etiquetarlas se las introdujo en una mufla para someterlas a un proceso de deshidratación, aquí se mantuvieron durante 24 horas a 60° C. Posteriormente las fundas fueron colocadas en un animal fistulado, durante 24 horas.

Análisis Nutricional

Determinación de Nitrógeno

Se utilizó el método de Kjendhal para determinar la cantidad de nitrógeno.

- **Digestión:** Se envolvió en papel de parafina 1.5 g de muestra de ryegrass molido de cada tratamiento, estos materiales fueron colocados en tubos Kjendhal a los que se añadió 13 ml de H₂SO₄ al 98% y un cuarto de pastilla Kjendhal. Con este contenido, los tubos se colocaron en la máquina Kjendhal donde se aplicaron temperaturas de 40° C, 60° C y 80° C secuencialmente, por lapsos de 15 minutos en cada temperatura. Posteriormente se introdujeron en la cámara de flujo laminar para reducir su temperatura hasta llegar a los 9°C.
- **Destilación:** El material resultante del proceso anterior se colocó en un matraz con solución indicadora a la que se añadió 30 ml de ácido bórico al 4 % más 2 gotas de colorante. Este recipiente se colocó en el destilador VELD aproximadamente durante 5 minutos añadiéndose a la mezcla hidróxido de sodio al 32 %.
- **Titulación:** El material resultante del proceso anterior se tituló con ácido clorhídrico 0.1N hasta obtener un cambio a color rosa, registrándose el volumen final. El porcentaje de nitrógeno se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{0.014(v1 - v2)N}{m} * 100$$

En donde:

v1 = Volumen de ácido clorhídrico de la titulación

v2 = Volumen de ácido clorhídrico de la titulación del blanco.

N = Normalidad del ácido clorhídrico.

m = Gramos de muestra

Para determinar el contenido de proteína se multiplicó por 6.25 el porcentaje de nitrógeno obtenido por el método Kjendhal.

Determinación de fibra

Para la determinación de fibra, se colocaron en matraces de 250 ml, 3 gramos de Rye grass molido de cada tratamiento más 100 ml de ácido clorhídrico 1 N (83,4 ml ácido clorhídrico + 916, 5 ml de agua destilada). Los matraces fueron colocados en una estufa durante 2 horas a 200°C. Posteriormente las muestras fueron lavadas y filtradas con 100 ml de hidróxido de sodio 1N (40 gr hidróxido de sodio + 1000 ml de agua), y colocadas nuevamente en la estufa por 2 horas a 200°C. A continuación se dio un segundo proceso de filtrado, disponiéndose el material en embudos con papel filtro, los elementos resultantes se secaron en la estufa (80°C) durante 1 hora, para ser finalmente pesados. El proceso terminó con el lavado de las muestras con agua destilada, procediéndose al pesaje con lo que se obtuvo el resultado final.

$$\% \text{ de fibra} = \frac{A - B}{C} * 100$$

En donde:

A= Peso papel + muestra

B= Peso papel

C= Peso muestra

Porcentaje de digestibilidad

Se extrajeron las fundas previamente colocadas en la vaca fistulada. Para determinar el porcentaje de digestibilidad se lavó, secó y pesó la funda de cada tratamiento. El resultado final se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Digestibilidad} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso final}} * 100$$

Diseño Experimental

El experimento se dispuso bajo un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, con el modelo matemático:

$$Y_{ij} = u + F_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = Rendimiento de Rye grass

u = media general

F_i = efecto de la i -ésimo nivel de residuo

E_{ij} = error experimental.

Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT para analizar las variables, se empleó un análisis de DGC con medias ajustadas al 5%, contrastes ortogonales, pruebas de significancia de hipótesis para determinar diferencias significativas entre tratamientos e interacciones.

Tabla 2*Esquema de tratamientos*

Tratamientos	Codificación de tratamientos	Descripción
T1	Lodo biológico	Lodo biológico (2 Tn. ha ⁻¹)
T2	Lodo biológico	Lodo biológico (5 Tn. ha ⁻¹)
T3	Lodo biológico	Lodo biológico (7 Tn. ha ⁻¹)
T4	Celulosa	Celulosa: (20 Tn. ha ⁻¹)
T5	Celulosa	Celulosa: (40 Tn. ha ⁻¹)
T6	Celulosa	Celulosa: (80 Tn. ha ⁻¹)
T7	Tratamiento químico	Tratamiento químico

Nota. Esquema de tratamientos dispuestos en el experimento.

Tabla 3*Esquema de parcelas.*

Esquema de parcelas	
Unidades experimentales	21 parcelas de
Tratamientos	7
Área total de parcela	9,4 m ²
Forma de cada unidad experimental	Parcela: rectangular

Nota. Muestra la disposición de las parcelas del experimento.

Tabla 4*Esquema del área total del ensayo.*

Área del ensayo	
Total	300,00 m ²
Caminos	1 m

Nota. Muestra las dimensiones de las unidades experimentales.

Tabla 5*Análisis de varianza para los tratamientos*

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Tratamientos	6
T7 vs T1,T2,T3,T4,T5,T6	1
T4,T5,T6 vs T1,T2,T3	1
T1 vs T2,T3	1
T2vs T3	1
T4vs T5,T6	1
T5vs T6	1
Error	14
Total	20

Nota. El ensayo será evaluado en base a un análisis de análisis de varianza.

A continuación se muestra el croquis experimental realizado en el presente ensayo.

Figura 1*Croquis en campo*

T3R3	T1R1	T3R1
T4R3	T5R1	T4R1
T1R2	T3R2	T6R3
T5R3	T7R1	T2R1
T4R2	T2R3	T7R3
T7R2	T6R1	T6R2
T2R2	T5R2	T1R3

Nota. El gráfico representa la disposición de las parcelas del cultivo de Ray Grass

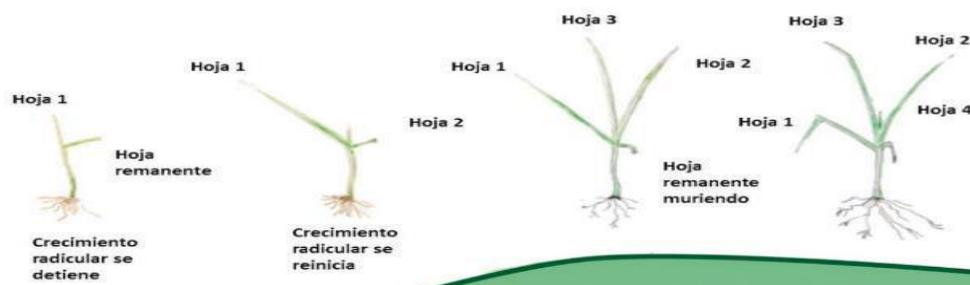
VARIABLES MEDIDAS

Intervalo de pastoreo

Después de realizar el corte de igualación, se estableció el día de cosecha, contando cada 10 días un promedio de 20 plantas al azar dentro de cada parcela, hasta que la mayoría de las plantas obtuvieron un promedio de 2,9 - 3,5 hojas de rebrotes. El intervalo de pastoreo se expresará en días.

Figura 2

Día de corte 3,5 hojas



Nota. Adaptado de (SAGARPA & INIFAP, 2015).

Materia verde y materia seca

Una vez establecido el día de corte, se midió la producción de materia verde cortando 1 m² de la parte central de la parcela, se pesó en una balanza y el valor obtenido se relacionó con una hectárea de producción. Del pasto cosechado, se tomó una submuestra de 500 gr, para calcular la materia seca. Esta muestra se introdujo en la estufa a 100 °C durante 48 horas, y por diferencia de pesos se determinó la cantidad de materia seca presente en el cultivo expresado en kilos de MS.h⁻¹ (AGROPICK, 2018).

Análisis nutricional

El proceso para el análisis nutricional fue descrito en la metodología Kjendal , y sirve para conocer los valores de Proteína Cruda (PC), Fibra, extracto etéreo (EE), y cenizas.

Digestibilidad in situ

Para determinar la digestibilidad *in situ* se utilizó el procedimiento establecido por (Rojas García et al., 2016) que fue descrito en el capítulo tres de este trabajo.

Cobertura de la planta

La cobertura fue analizada de manera visual con la escala de (SAGARPA & INIFAP, 2015), este parámetro está en función de la uniformidad de las plantas y la formación de macollos, la uniformidad está dada por la cantidad de espacios vacíos que se hallan en la parcela. Si es altamente poblada y tiene buen macollaje la parcela alcanza una escala de entre 9 y 10, calificada como “Muy Bueno”. Los valores de la escala se presentan en la tabla 6 (SAGARPA & INIFAP, 2015).

Tabla 6

Escala de vigor de rebrote

VALOR	SIGNIFICADO
9 – 10	Muy Bueno
7 – 8	Bueno
5 – 6	Regular
0 – 4	Deficiente

Nota. Rangos en los que se muestra el vigor de rebrote. Adaptado de (SAGARPA & INIFAP, 2015).

Análisis Económico

En este ítem se utilizó el Análisis de Presupuesto Parcial de (Sonnino & Ruane, 2013), en primera instancia se obtuvieron los beneficios brutos del cultivo y los costos variables de los tratamientos en estudio.

En el siguiente paso se colocaron los beneficios netos en orden decreciente con sus costos variables, realizándose el análisis de dominancia, aquí el tratamiento dominado es igual o menor al beneficio neto y presenta un mayor costo variable; finalmente se obtuvieron los tratamientos más económicos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Análisis de la fuente de celulosa

Para conocer la composición de la celulosa y el lodo biológico se realizaron los siguientes análisis (Racines, 2018).

Tabla 7

Composición nutricional de la celulosa

Parámetros analizados	Metodología de referencia	Método interno ALS	Unidad	14157-2 L2	Incertidumbre (k=2)
Nitrógeno(*)	Standard Methods	PA-72.00	mg/kg	2079.5	± 12.7mg/kg
Fósforo (*)	Standard Methods	PA- 49.00	mg/kg	35.6	± 1.4mg/kg
Potasio (*)	EPA 3050 B.	PA- 26.00	mg/kg	89.2	± 8.02 mg/kg
Calcio (*)	EPA 3010 A. Y B	PA- 60.00	mg/kg	140863.4	± 1.3 mg/kg
pH (*)	EPA 9045 D.	PA- 05.00	mg/kg	8.36	± 0.07 U mg/kg

Nota. Parámetros evaluados en el contenido nutricional de celulosa. Adaptado de (SAGARPA & INIFAP, 2015).

Tabla 8

Composición nutricional de lodo biológico.

Parámetros analizados	Metodología de referencia	Método interno AIS	Unidad	14157-2 L2	Incertidumbre (K=2)
Nitrógeno (*)	Standard Methods	PA-72.00	mg/kg	53535,2	± 12.7mg/kg
Fósforo (*)	Standard Methods	PA- 49.00	mg/kg	211.6	± 1.4mg/kg
Potasio (*)	EPA 3050 B.	PA- 26.00	mg/kg	3064.2	± 8.02 mg/kg
Calcio (*)	EPA 3010 A.	PA- 60.00	mg/kg	19613,6	± 1.3 mg/kg
pH (*)	EPA 9045 D.	PA- 05.00	mg/kg	6.74	± 0.07 U mg/kg

Nota. Parámetros evaluados en el contenido nutricional de lodo biológico, Adaptado de (SAGARPA & INIFAP, 2015).

Tabla 9*Composición del suelo antes del experimento*

Parámetro analizado	Método	Unidad	Resultado
pH	electrométrico	-	7.20
Materia Orgánica	Volumétrico	%	8.62
Nitrógeno	Volumétrico	%	0.43
Fósforo	Colorimétrico	Mg/kg	82.0
Potasio	absorción atómica	cmol/kg	1.08
Calcio	absorción atómica	cmol/kg	16.6
Magnesio	absorción atómica	cmol/kg	1.81
Hierro	absorción atómica	mg/kg	375.2
Manganeso	absorción atómica	mg/kg	9.84
Cobre	absorción atómica	mg/kg	7.95
Zinc	absorción atómica	mg/kg	7.65

Nota. Tabla ilustrativa de la composición del suelo antes de elaborar el experimento.

Adaptado de (SAGARPA & INIFAP, 2015).

Materia Verde

El análisis de varianza realizado para la variable materia verde en los tres cortes presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Al realizar en ADEVA la interacción tratamientos* cortes, presentó un efecto altamente significativo ($p=0,0001$) (Tabla 15).

Tabla 10

*Análisis de varianza para cantidad de Materia Verde de Ray grass bajo el efecto de la interacción Dosis * Corte*

Variable	N	SC	F-value	p-value
TRATAMIENTOS	6	42	19,63	<0,0001
CORTE	2	42	76,08	<0,0001
TRATAMIENTOS:CORTE	12	42	6,91	<0,0001

Nota. Muestra el contenido de materia verde de ray Grass bajo el efecto de interacción dosis*corte.

Tabla 11

Análisis de varianza para cantidad de Materia Verde de Rye grass bajo el efecto de la interacción Dosis corte*

Fuentes de Variación	Gl	SC	CM	F-valor	p-valor
Corte	2	10290163,33	10290163,33	171,61	0,0002**
Corte > Repetición	2	239853,33	59963,33	0,16	0,9569ns
Dosis	6	1726186,67	431546,67	1,13	0,3772ns
0 vs 25, 50, 75, 100	1	205840,83	205840,83	0,54	0,4734ns
C1	1	848400,83	848400,83	2,94	0,1123ns
C2	1	630504,17	630504,17	2,18	0,1654ns
C3	1	41440,83	41440,83	0,14	0,7115ns
C4	1	34276,45	4586	0,15	0,89ns
C5	1	23671,2	4536	0,21	0,65ns
C6	1	34287,3	467	0,8	0,34ns
Corte * Dosis	12	139053,33	34763,33	0,09	0,001**
Error	40	6107680	381730		
Total	62	18502936,67			

Nota. * Efecto significativo; ** efecto altamente significativo; ns no significativo

Tabla 12

Análisis de varianza para tres cortes de Materia Verde de Rye grass bajo el efecto de la interacción tratamiento corte*

TRATAMIENTOS	CORTE	Promedio de tres cortes ± e.e
T3	1	13829,80±173 A
T2	1	12198,58±167,2 A
T2	2	11052,01± 133,3B
T3	2	10307,33±127,3 B
T1	2	9751,77± 145,3 B
T4	1	9208,03± 187,2 C
T4	2	9042,56±194,5 C
T7	2	8924,34±189,3 C
T1	3	8581,56± 197,3 C
T5	2	8451,54±145,4 C
T6	1	8345,14±164,5 C
T7	1	8191,50± 174,6 C
T1	1	8061,47± 154 C
T6	2	7151,30± 154,7 D

TRATAMIENTOS	CORTE	Promedio de tres cortes \pm e.e
T2	3	7033,10 \pm 185,4 D
T5	1	7033,10 \pm 375,7 D
T3	3	6489,37 \pm 245,5 D
T7	3	6465,71 \pm 147 D
T6	3	5791,97 \pm 352 D
T5	3	5271,87 \pm 264 D
T4	3	5260,04 \pm 136,6 D

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al realizar la comparación de medias ajustadas ($p=0,05$) se determinarán cuatro categorías estadísticas, analizando las mismas se encontró que los tratamientos T2 y T3 correspondientes a 5 y 7 ($T_n \cdot ha^{-1}$) de lodo biológico se ubicaban en la primera categoría, estos tratamientos alcanzaron la mayor cantidad de materia verde (SAGARPA & INIFAP, 2015). En la segunda y tercera categoría estadística se ubicaron los demás tratamientos que obtuvieron la menor cantidad de materia verde. (Tabla 17).

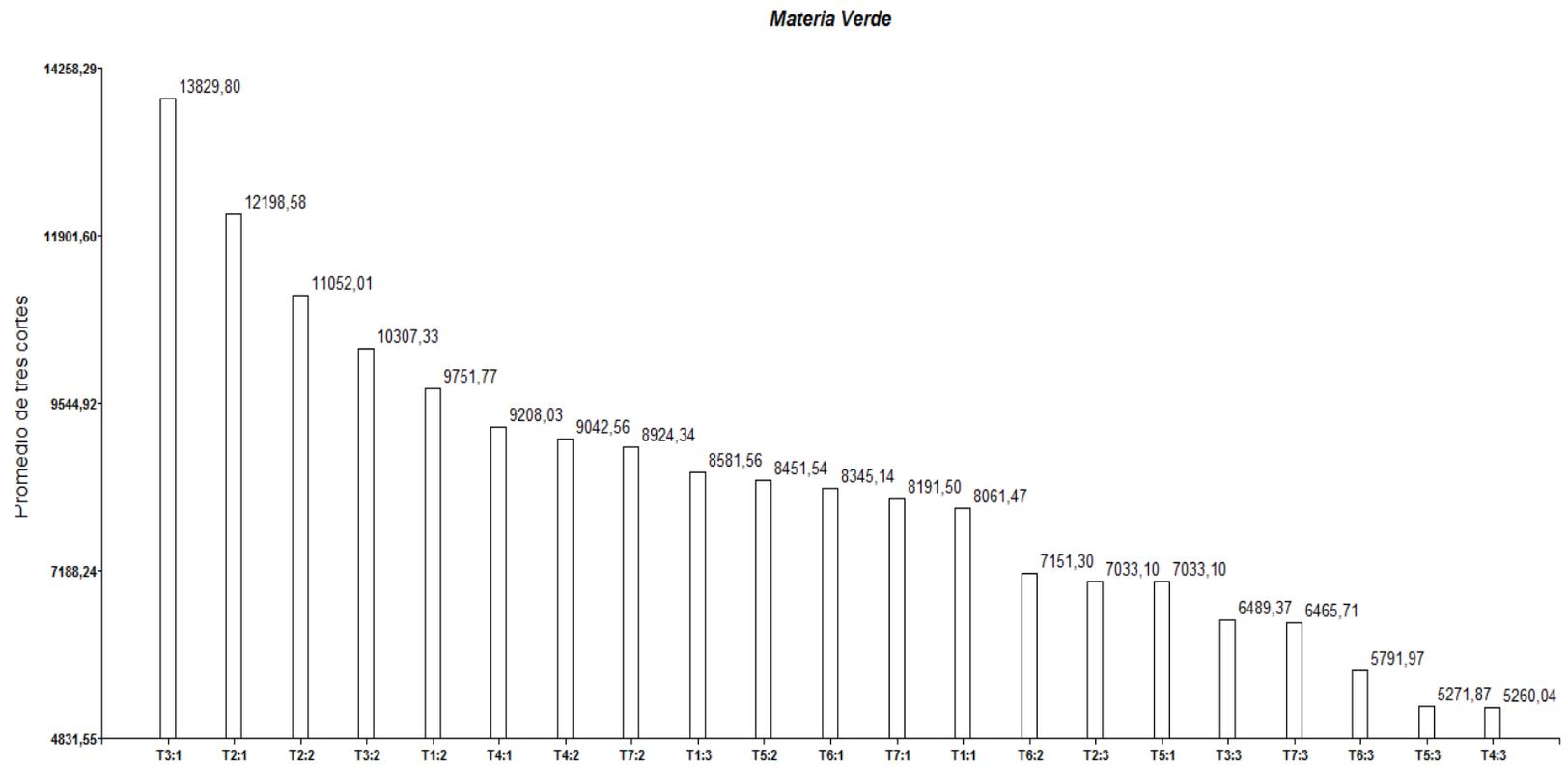
La materia verde que se encuentra en un pasto o en cualquier especie forrajera labrada, se evalúa al terminar su período vegetativo o época de corte, con la aparición de 2,8 - 3,4 hojas. Es necesario mencionar que la materia verde intracelularmente hablando, está constituida por el agua y los nutrientes que las plantas extrajeron del suelo a lo largo del desarrollo fisiológico, crecimiento y cosecha.

El rendimiento de materia verde está en función de la variedad de la especie forrajera, los factores climáticos medio ambientales, el tipo de suelo, la disponibilidad de nutrientes, el tiempo de riego y drenaje, y los sistemas de fertilización utilizados.

En la presente investigación se dieron condiciones semejantes a todos los tratamientos, lográndose una interacción positiva entre estos, los cortes y la obtención de materia verde. La mayor producción de materia verde se obtuvo en los tratamientos T2 y T3, con la aplicación de 5 y 7 (Tn. ha⁻¹) de lodo biológico respectivamente, con un promedio de 13829 y 12198 Kg.ha⁻¹ por corte, esto concuerda con lo citado por (Hernao, Laura Veronica; Rojas, Ivan Dario y Giraldo, 2009), quien afirma que la producción de materia verde de Rye grass tetraploide está entre 13333 a 15000 Kg.ha⁻¹ , por lo que los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango normal de producción (Sonnino & Ruane, 2013).

Figura 3

Cantidad de materia verde por tratamiento/ corte.



Nota. El gráfico representa la cantidad de materia verde existente por cada tratamiento.

Materia Seca

Tabla 13

Análisis de varianza para la Materia Seca de Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
TRATAMIENTOS	6	42	19,64	<0,0001
CORTE	2	42	76,09	<0,0001
TRATAMIENTOS:CORTE	12	42	6,91	<0,0001

Nota. Significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La cantidad de materia seca presentó diferencias significativas entre tratamientos. Al realizar una prueba de comparación de medias DGC se encontró que los tratamientos T2 y T3 correspondientes a 5 y 7 (Tn. ha⁻¹) de lodo biológico respectivamente, presentaron la mayor cantidad de materia seca, seguidos por el T1; finalmente en la última categoría estadística se encontraron los tratamientos T7, T4, T5,T6 con menor cantidad de materia seca (Tabla 19).

En esta variable se determinó también un efecto positivo de los tratamientos acerca del rendimiento de Rye grass , aquí se encontró que la mayor producción de materia seca estuvo presente en los tratamientos T2 y T3, al aplicar 5 y 7 (Tn. ha⁻¹) de lodo biológico con 1659 y 1463 Kg MS.ha⁻¹ por corte; estos valores concuerdan con el rango establecido por la literatura, la misma que enuncia que este tipo de pasto llega a producir 1000 y 2000 Kg MS.ha⁻¹ por corte (SAGARPA & INIFAP, 2015). Es necesario mencionar que el nivel de materia seca esta en función de la cantidad de nitrógeno y los macro y microelementos que la planta puede absorber en el transcurso de su etapa vegetativa (Ramírez, 2009).

Tabla 14

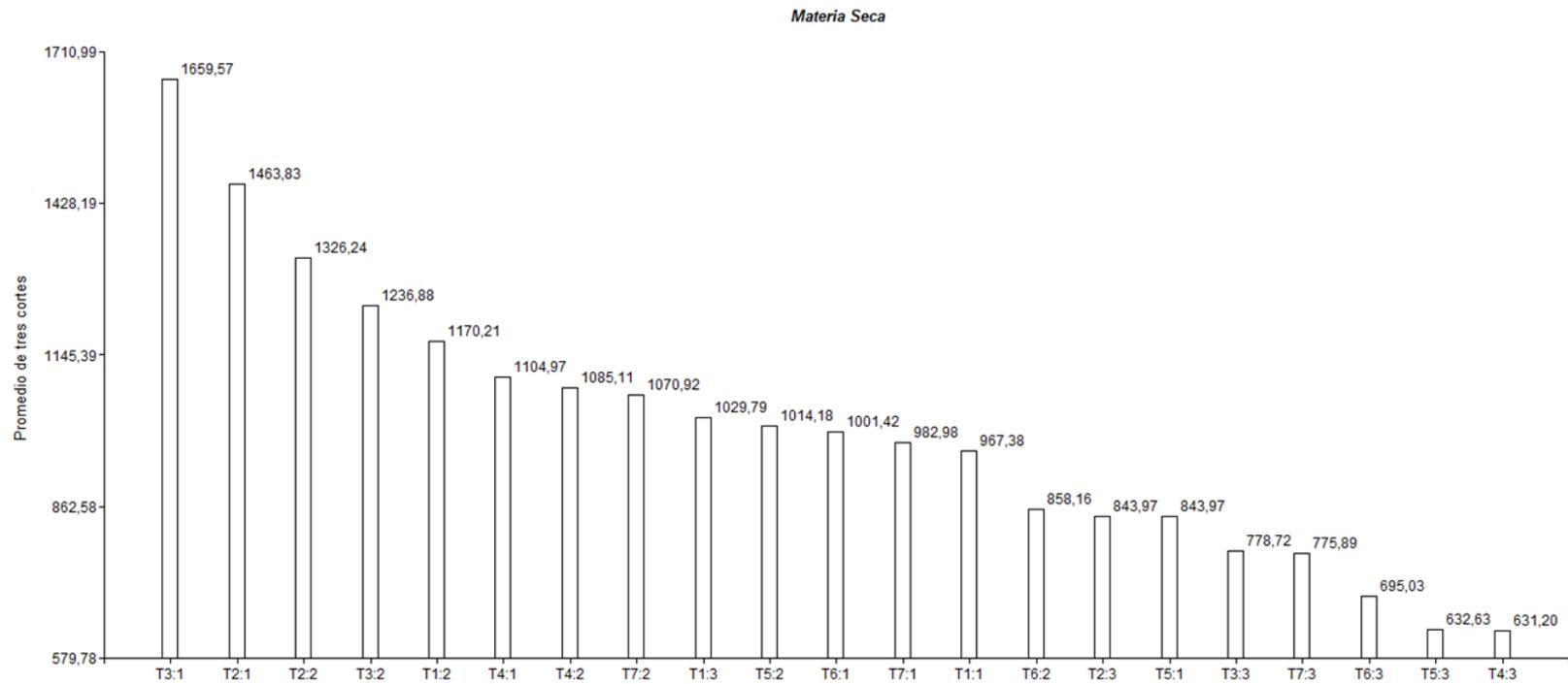
*Medias ajustadas para la Materia Seca de Rye grass bajo el efecto de 7
tratamientos* cortes*

Tratamientos	Corte	Promedio de tres cortes de materia seca	± e.e.	
T3	1	1659,57	94,5	A
T2	1	1463,83	34,7	A
T2	2	1326,24	87,4	B
T3	2	1236,88	34,6	B
T1	2	1170,21	65,8	B
T4	1	1104,97	43,6	C
T4	2	1085,11	45,8	C
T7	2	1070,92	54,6	C
T1	3	1029,79	43,6	C
T5	2	1014,18	34,8	C
T6	1	1001,42	45,3	C
T7	1	982,98	65,8	C
T1	1	967,38	45,7	C
T6	2	858,16	43,7	D
T2	3	843,97	56,4	D
T5	1	843,97	56,4	D
T3	3	778,72	57,7	D
T7	3	775,89	65,4	D
T6	3	695,03	65,8	D
T5	3	632,63	54,7	D
T4	3	631,20	56,8	D

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 4

Cantidad de materia seca por tratamiento/ corte.



Nota. El gráfico representa la cantidad de materia seca evaluada por corte y por tratamiento.

Valor nutricional

Proteína cruda

El análisis de varianza presentó un efecto significativo de los tratamientos sobre el rendimiento del Rye grass ($p < 0,0001$), además la fuente de variación testigo vs el resto presentó diferencias altamente significativas ($p = 0,0005$) (Tabla 21).

Tabla 15

Análisis de varianza para el porcentaje de Proteína cruda en Rye grass bajo el efecto de diferentes tratamientos

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
TRATAMIENTOS	6	42	43,96	0,0006 **
TRATAMIENTOS:CORTE	12	42	1,08	0,0008 **

Nota. *Efecto significativo; ** efecto altamente significativo; ^{ns} no significativo

Tabla 16

Medias ajustadas para el porcentaje de Proteína cruda en Rye grass bajo el efecto de diferentes tratamientos.

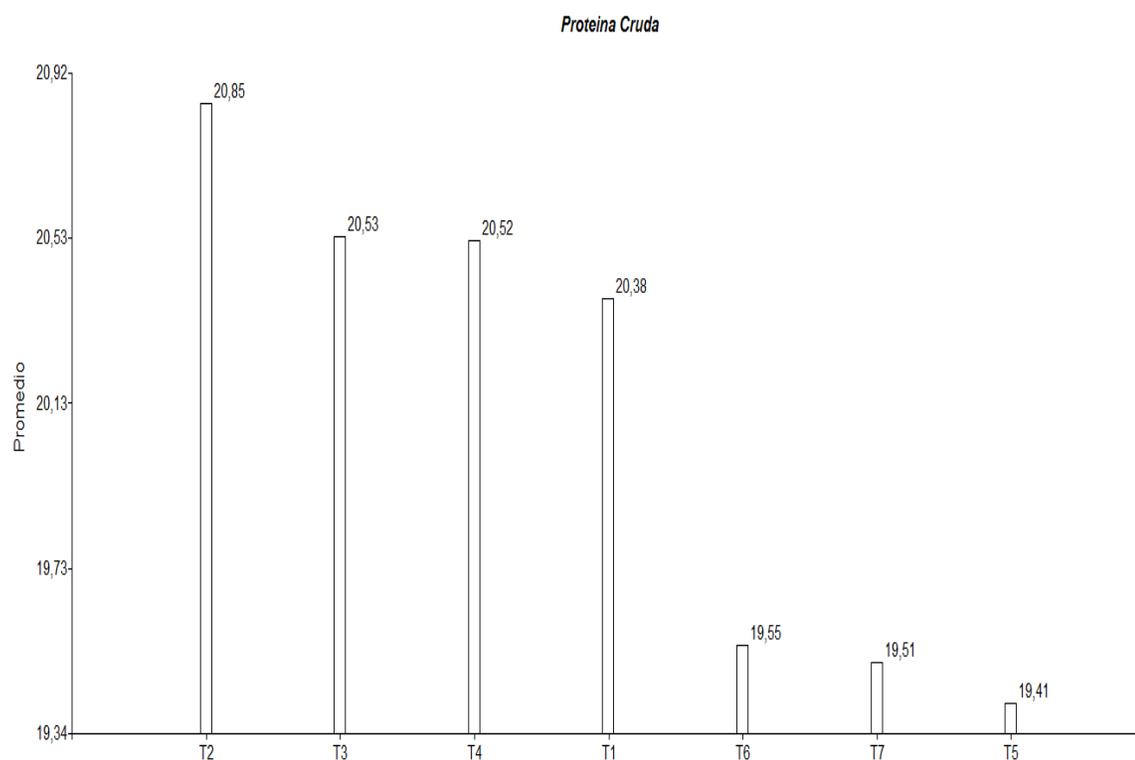
Tratamiento	Niveles	Promedio \pm e.e Proteína cruda
T2	5	20,85 \pm 0,02 A
T3	7	20,53 \pm 0,58 A
T4	20	20,52 \pm 0,56 A
T1	2	20,38 \pm 0,76 A
T6	80	19,55 \pm 0,44 B
T7	Químico	19,51 \pm o,72 B
T5	40	19,41 \pm 0,26 B

Nota. Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medias con diferente letra son significativamente diferente al 5% según la prueba de significancia DGC.

Al realizar la comparación de medias ajustadas DGC ($p=0,05$) para la variable proteína cruda, se encontraron dos categorías estadísticas, donde el T1, T2, T3, T4 son los mejores tratamientos, en la primera categoría, y el T6, T7 Y T5 en la segunda categoría.

Figura 5

Medias ajustadas para el porcentaje de Proteína cruda en Rye grass bajo el efecto de diferentes tratamientos.



Nota. En la figura 5 se puede determinar que al aplicar los tratamientos T1, T2, T3, T4, se obtuvo un mayor porcentaje de proteína cruda.

Tabla 17

Análisis de varianza para el efecto de 7 tratamientos sobre la ceniza en cultivo de Rye grass.

	NumDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3824,57	<0,0001
TRATAMIENTOS	6	1,15	<0,0001
CORTE	2	0,99	0,3807
TRATAMIENTOS:CORTE	12	1,16	0,34

Nota. *Efecto significativo; **efecto altamente significativo; ^{ns} no significativo.

Tabla 18

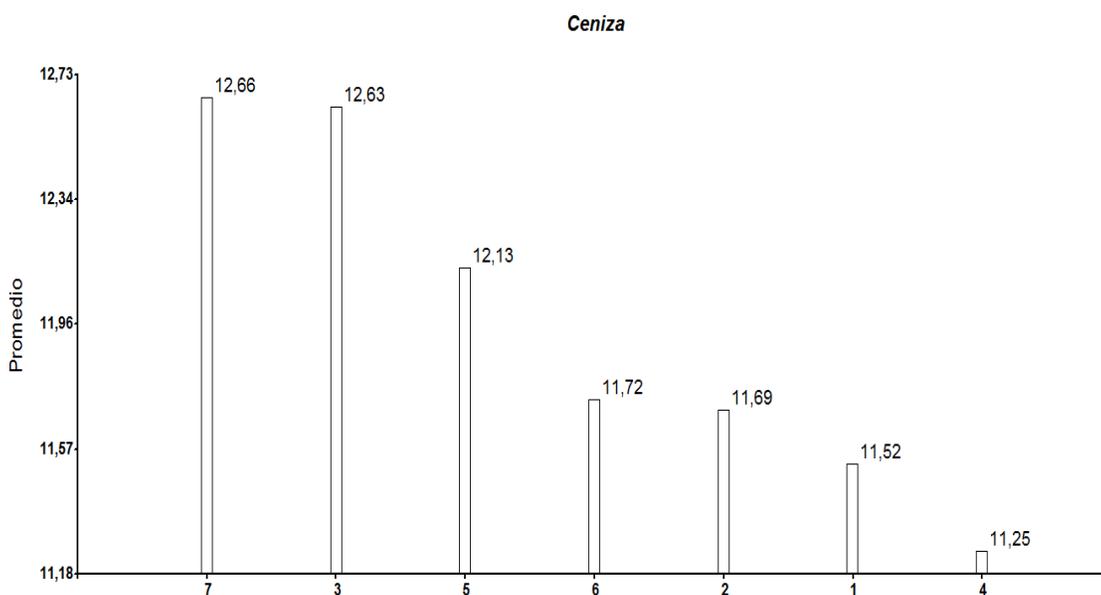
Análisis de varianza para el efecto de 7 tratamientos sobre la ceniza en cultivo de Rye grass

Tratamientos	Promedio ± e.e ceniza
7	12,66± 0,58 A
3	12,63 ± 0,81 A
5	12,13 ±0,23 A
6	11,72± 0,87 B
2	11,69 ±0,25 B
1	11,52 ±0,34 B
4	11,25 ±0,12 B

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p>0,05$), mientras que medias con diferente letra son significativamente diferente al 5% según la prueba de significancia de DGC.

Figura 6

Porcentaje d ceniza en Rye grass



Nota. El gráfico muestra la cantidad de Rye grass expresada en porcentaje.

Por otra parte, el análisis de varianza de la variable *ceniza* presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0001$), en el primer grupo se encuentran los tratamientos T3, T5, y T7 (Tabla 23).

Tabla 19

Análisis de varianza para la cantidad de grasa en Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1319,54	<0,0001**
TRATAMIENTOS	6	4,18	0,0022 **
CORTE	2	0,16	0,856 ^{ns}
TRATAMIENTOS:CORTE	12	1,37	0,2162 ^{ns}

Nota. * Efecto significativo; ** efecto altamente significativo; ^{ns} no significativo

Tabla 20

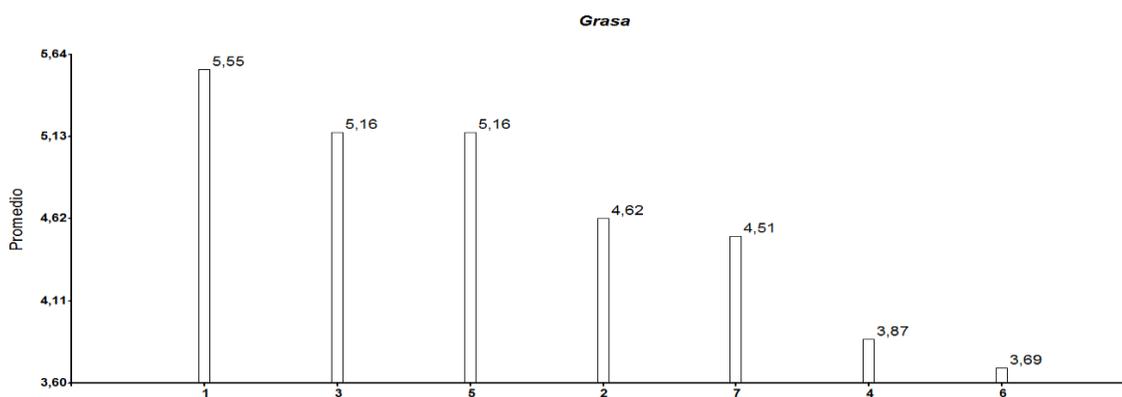
Medias ajustadas \pm error estándar para la cantidad de grasa en Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos

Tratamientos	Promedio \pm e.e grasa
1	5,55 \pm 0,22 A
3	5,16 \pm 0,44 A
5	5,16 \pm 0,43 A
2	4,62 \pm 0,23 A
7	4,51 \pm 0,11 A
4	3,87 \pm 0,56 B
6	3,69 \pm 0,63 B

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medias con diferente letra son significativamente diferente al 5% según la prueba de significancia de DGC.

Figura 7

Prueba de significancia de DGC (5%) de la cantidad de grasa medida en Rye grass.



Nota. Al realizar la comparación de medias de DGC entre tratamientos ($p = 0,05$) para la cantidad de grasa presente, se encontraron dos categorías, entre los que se encuentran los tratamientos T1, T2, T3, T5, y T7 en la primera categoría y los tratamientos T4 y T6 en la segunda.

Tabla 21

Análisis de varianza para la cantidad de fibra en Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2440,86	< 0,0001 **
TRATAMIENTOS	6	2,59	0,0316 **
CORTE	2	5,37	0,084 ns
TRATAMIENTOS:CORTE	12	1,61	0,12 ^{ns}

Nota. * Efecto significativo; ** efecto altamente significativo; ^{ns} no significativo

En el análisis de varianza se observó un efecto significativo de los tratamientos por cortes.

Tabla 22

Medias ajustadas \pm error estándar para la cantidad de fibra en Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos

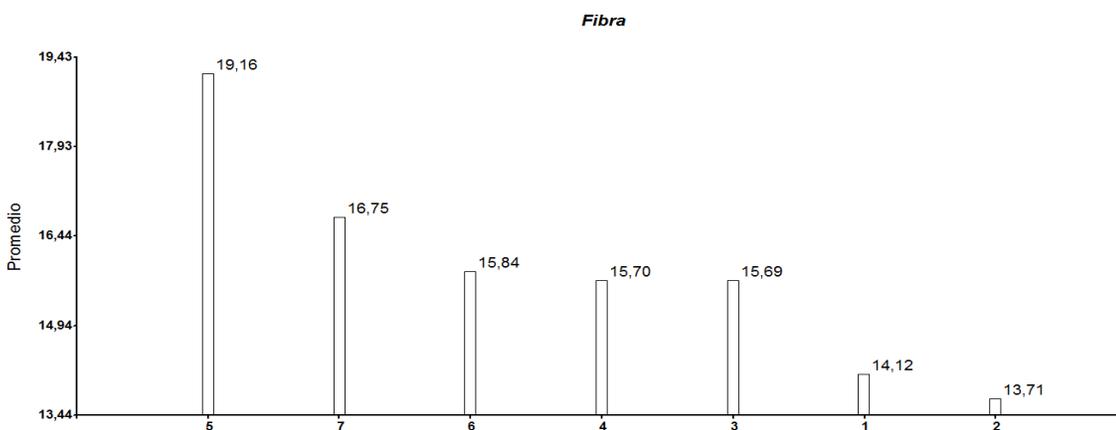
Tratamientos	Promedio \pm e.e Fibra
5	19,16 \pm 1,67 A
7	16,75 \pm 0,96 A
6	15,84 \pm 0,60 A
4	15,7 \pm 1,22 A
3	15,69 \pm 0,85 A
1	14,12 \pm 0,55 B
2	13,71 \pm 1,1 B

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medias con diferente letra son significativamente diferentes al 5% según la prueba de significancia DGC.

El análisis de varianza presentó un efecto altamente significativo de los tratamientos ($p = 0,0001$) de los tratamientos sobre la variable *porcentaje de Fibra*.

Figura 8

Prueba de significancia de DGC (5%) de la cantidad de fibra corte medida en Rye grass.*



Nota. El gráfico muestra el promedio de la cantidad de fibra por corte en el cultivo de Rye grass.

En la Tabla 22 se observa que el mayor porcentaje de fibra fue obtenido en por los tratamientos T3,T4,T5,T6,T7.

Los análisis bromatológicos se desarrollan para determinar el valor nutritivo de los materiales o componentes de la suplementación alimenticia, los resultados son empleados en la formulación y desarrollo de dietas balanceadas o a su vez complementarias. Se emplean también en alimentos ya desarrollados para comprobar que cumplan con los estándares de calidad (Fulkerson & Donaghy, 2001).

En el presente estudio a través de los análisis bromatológicos se determinaron las cantidades de proteína cruda (20,85) correspondiente al T2; grasa (5,55) a T1; ceniza (12,66) a T6 y fibra (19,16) a T5, respectivamente. Estos valores son superiores a los encontrados por (Villalobos, 2010), que fueron de 19,21% - 21% de

proteína cruda.

La cantidad de proteína presente en los tejidos vegetales es de suma importancia para los rumiantes, ya que con un mínimo de 6% de PC se tiene un proceso óptimo de digestión, en caso de no satisfacerse el requerimiento de proteína se debe suplementar con proteína agregada hasta satisfacer la necesidad del animal (Villalobos, 2010).

La fibra es indispensable para la fermentación ruminal y su decrecimiento puede causar un desbalance metabólico que eliminará a los microorganismos ruminales que son los encargados de descomponer la materia alimenticia (Uzaimi et al., 2015).

Estudios presentados por (Villalobos, 2010) demostraron que el ryegrass puede llegar a tener de 15,57% de fibra.

Digestibilidad *in situ*

El análisis de varianza realizado para la digestibilidad presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0001$), en el porcentaje de digestibilidad *in situ* medido a 24 horas.

Tabla 23

Análisis de varianza para el porcentaje de digestibilidad del Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos a las 24 horas

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
TRATAMIENTOS	6	42	1,04	0,4121 ^{ns}
CORTE	2	42	3,27	0,0478 *
TRATAMIENTOS:CORTE	12	42	1,44	0,186 ^{ns}

Nota. * Efecto significativo; **efecto altamente significativo; ^{ns} no significativo

Tabla 24

Medias ajustadas \pm e.e para el % de digestibilidad del Rye grass.

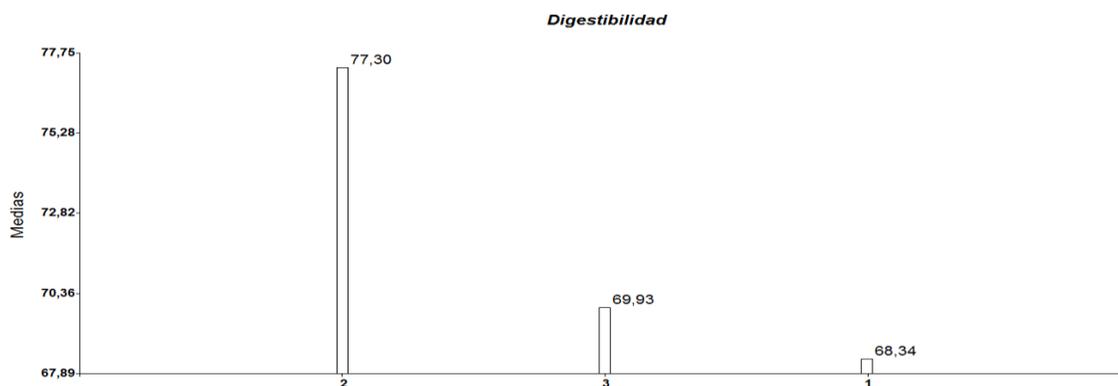
Corte	Promedio \pm e.e digestibilidad
2	77,3 \pm 2,94 A
3	69,93 \pm 2,34B
1	68,34 \pm 1,99B

Nota. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p>0,05$), mientras que medias con diferente letra son significativamente diferente al 5% según la prueba de significancia de DGC.

Se puede observar en la tabla 24 que existió mayor digestibilidad para el segundo corte, la menor digestibilidad se observó en el corte 1 y 3.

Figura 9

Digestibilidad in situ del Rye grass medido a las , 24 horas, bajo el efecto de siete tratamientos.



Nota. El gráfico muestra la digestibilidad medida a lo largo de 24 horas bajo el efecto de los tratamientos.

El rumen es el compartimento del sistema digestivo donde se lleva a cabo la fermentación del alimento que será absorbido por el animal.

Este proceso pudo ser determinado a través de pruebas de digestibilidad *in situ*, en animales fistulados durante 24 horas de incubación.

Los resultados arrojaron diferencias no significativas entre tratamientos; pero si hubo interacción entre cortes, y se encontró que los mayores porcentajes de digestibilidad se presentaron en el segundo corte, lo que concuerda con la literatura donde (Hernao, Laura Veronica; Rojas, Ivan Dario y Giraldo, 2009) menciona que a las 24 horas se logra obtener una degradabilidad que va entre 67% y 71%.

(Hernao, Laura Veronica; Rojas, Ivan Dario y Giraldo, 2009) indican también que durante el proceso de digestibilidad puede surgir una disminución de la degradabilidad que se explica por el incremento de porciones indigeribles en la materia verde, esto puede ser causado por la especie, el tipo de suelo.

La madurez, la cantidad de fertilización y un aspecto muy importante es el estado fenológico de la planta pues puede causar un engrosamiento de la pared celular lo que disminuye el espacio intracelular donde se ubican los nutrientes.

Evaluación visual

El análisis de varianza para la variable vigor no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,6761$) (Tabla 31).

Tabla 25

Análisis de varianza para el vigor Evaluación visual de crecimiento Rye grass bajo el efecto de 7 tratamientos

Fuentes de Variación	gl	SC	CM	F-valor	p-valor
Tratamientos	6	10,10	0,10	0,08	0,7761 ^{NS}
Error	14	312,71	1,17		
Total	20	312,81			

Nota. *Efecto significativo; **efecto altamente significativo; ^{ns} no significativo

En la figura 10 se muestra en el literal “a” espacios más pronunciados correspondiente a un valor de 4. En el literal “b” se muestra menor cantidad de espacios correspondiente a un valor de 8.

Figura 10

Muestra de la prueba de vigor



Nota. Prueba de vigor a. espacios más pronunciados correspondiente a un valor de 4. b. menor cantidad de espacios correspondiente a un valor de 8.

El Programa de Pastos de la ESTACIÓN EXPERIMENTAL “SANTA CATALINA” del INIAP, para analizar el vigor de una porción de terreno de pastos, menciona rangos de “Deficiente - Regular - Bueno y Muy Bueno” con valoraciones que van de 0 a 4, de 5 a 6, de 7 a 8 y de 9 a 10 consecutivamente.

Estos rangos se asignan por la evaluación óptica a través de la cual se pueden ver los sitios sin cobertura del suelo; en esta investigación se logró obtener un valor promedio de 5,99 y 8,88 para los potreros que determina una calificación en el rango de “muy bueno” .

Análisis económico

En esta investigación se desarrolló el análisis económico utilizando la metodología expuesta en el capítulo tres. Por medio de encuestas y consultas directas a casas comerciales, se determinó el costo de 0.08 ctvs por kilogramo de materia seca en el mercado.

Con este dato y siguiendo el procedimiento enunciado por Perrín, se logró determinar que los tratamientos T2 y T3 (5 y 7 tn/ha de lodo biológico) obtuvieron los mejores resultados de beneficio neto, pues presentan un mayor retorno por cada dólar invertido (Uzaimi et al., 2015).

Tabla 26

Análisis económico del rendimiento de Rye grass bajo el efecto de la aplicación de siete tratamientos de celulosa de papel

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha/corte	Beneficio bruto Dólares/ha	Costo de Producción Dólares/ha	Beneficio neto Dólares/ha
T1	3167,38	253,3904	150	1,689269333

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha/corte	Beneficio bruto Dólares/ha	Costo de Producción Dólares/ha	Beneficio neto Dólares/ha
T2	3634,04	290,7232	150	1,938154667
T3	3675,17	294,0136	150	1,960090667
T4	2821,28	225,7024	150	1,504682667
T6	2554,61	204,3688	150	1,362458667
T7	2829,79	226,3832	230	0,984274783

Nota. Tabla ilustrativa del rendimiento de Rye grass bajo el efecto de siete tratamientos.

Al realizar el análisis económico se observa que los beneficios netos de todos los tratamientos son positivos, pues los beneficios/costos llegan a ser rentables debido a que los rendimientos estimados de los tratamientos cubren los costos de producción. De todas maneras es necesario indicar que el mayor beneficio-costo se presenta en el tratamiento T3 lo que permite deducir que la aplicación del residuo de lodo biológico de papel, beneficia la producción y aumenta la ganancia, mas si lo comparamos con el tratamiento testigo al que se aplicó la fertilización química tradicional (18-46-0).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La producción de materia verde presentó diferencias significativas entre tratamientos, ya que al aplicar 5 y 7 Tn. Ha⁻¹ de lodo biológico, se obtuvieron 13839,80 y 12198,58 Kg/MV/corte respectivamente.
- La producción de materia seca presentó diferencias significativas entre tratamientos, ya que al aplicar 5 y 7 Tn. Ha⁻¹ de lodo biológico, se obtuvieron 1659,57 y 1463,83 Kg/MS/corte.
- En el análisis nutricional se obtuvieron los mayores porcentajes de proteína cruda (20,85) y grasa (5,55) al aplicar lodo biológico; los mejores resultados de ceniza (12,66) y fibra (19,16), al aplicar celulosa.
- En la digestibilidad se presentó un efecto significativo en el segundo corte con 77,30% de degradación a las 24 horas.
- El análisis económico determina que al aplicar lodo biológico se obtienen mayores beneficios brutos, siendo el tratamiento T3 el de mayor rendimiento con 1,96 dólares, seguido por el tratamiento T2 (1,93), dólares de retorno por cada dólar invertido.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar ensayos similares de adición de mezcla de celulosa en otros cultivos, teniendo en cuenta los requerimientos de los mismos y con el fin de incrementar la producción a largo plazo.
- Al observar el análisis físico - químico del material sólido de desecho de la industria papelera (celulosa), llama la atención la presencia significativa de calcio entre sus componentes. Debido a la importancia que tiene este elemento sobre las actividades metabólicas de las plantas, se recomendaría realizar investigaciones sobre la presencia e influencia de este elemento en las producciones agropecuarias y en la recuperación de suelos con pH ácido.
- Tomando en cuenta la altísima producción de desechos orgánicos generados en la industria papelera y habiendo determinado que estos materiales se constituyen en excelentes fuentes de nutrientes, se recomienda continuar realizando investigaciones no solo en el área agrícola, sino también como suplementos alimenticios en el área pecuaria.

Bibliografía

- Arteaga, D. V., García, G. C., Cedeño-García, G., Chávez, J. C., & Lugo, M. G. (2019). Agronomic efficiency of nitrogen and production of *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. Depending on two cutting frequencies. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 35(3), 251-260.
- Beltrán-López, S., Pérez-Pérez, J., Hernández-Garay, A., García-Moya, E., Kohashi-Shibata, J., & Herrera-Haro, J. G. (2002). RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL PASTO BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.) A DIFERENTES ALTURAS de DEFOLIACIÓN. *Agrocencia*, 36(5), 547-556.
- Cobos Espinoza, F. B., & Narváez Vélez, D. M. (2018). *Fenología y producción de Rye grass (Lolium multiflorum) bajo sistema de labranza convencional y alternativa en la Granja de Irquis*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28826/3/Trabajo de Titulación.pdf.pdf>
- Demagnet, R. (2013). Pastizales En El Sur De Chile. *Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales*, 139.
- Elizabeth, A. R. N. (2011). "Evaluación de la producción de pastos mediante la siembra de Ray grass inglés (*Lolium perenne*) y Trébol rojo(*Trifolium pratense*) en un predio establecido de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en suelos con pendiente de riesgo, comparado con la aplicación d. 1-118.
- Estela Mónica, L. S. (2002). *Fabricación de pasta de celulosa Aspectos técnicos y contaminación ambiental*. 37-46.
- Fulkerson, W. J., & Donaghy, D. J. (2001). Plant-soluble carbohydrate reserves and

- senescence - Key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41(2), 261-275. <https://doi.org/10.1071/EA00062>
- Garnica, C. (2013). Alternativas de gestión de lodos papeleros en la industria de papel tisú y kraft. *PhD Proposal*, 1, 1-71. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hernández Garay, A., Velasco-Zebadúa, M., & González Hernández, V. (2005). Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica Pecuaria en México*, 43(2), 247-258. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v43i2.1375>
- Hernao, Laura Veronica; Rojas, Ivan Dario y Giraldo, G. A. (2009). *Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116390003>. 8, 22-28.* <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116390003>
- Juan Loyola Illescas Autor, I., María Villavicencio Flores, A., Andina, T., & La Sustentabilidad Del Sistema De Producción En La Zona De Autosuficiencia De La Parroquia San Joaquín, E. DE. (2014). *Evaluación de la sustentabilidad del sistema de producción en la zona de autosuficiencia de la parroquia San Joaquín.* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6636/1/UPS-CT003271.pdf>
- Lowe, K. F., Hume, D. E., & Fulkerson, W. J. (2011). Forages and Pastures: Perennial Forage and Pasture Crops - Species and Varieties. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition, February*, 576-585. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00195-3>
- Mañunga, T., Rodríguez-victoria, J. A., Torres-lozada, P., Universidad, D., Paulo, S., & Paulo, S. (2012). Tratamiento de agua residual doméstica sin clarificación primaria

en un sistema de lodos activados en la modalidad de estabilización por contacto.

Ingeniería y Desarrollo, 30(2), 246-260.

Martin, G., & Agüero, S. (2014). *Los pastizales y el deterioro ambiental*. 21.

Pereira, A. L. dos S. (2015). No TitleÉ?__. *Exp*, 13(3), 1576-1580.

Pineda, G., Gloria, L., García-pineda, E., Michoacana, U., Nicolás, D. S., Químico-biológicas, D. I., Edif, B., Múgica, F. J., Felicitas, C., Cp, M., Lozoya-gloria, E., Irapuato, U., Genética, D. D. I., Postal, A., Carr, N., & Cp, M. (2004). Genes de Resistencia a Enfermedades en Plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(3), 414-422.

Racines, A. (2018). *Análisis de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla con residuos pecuarios*. 46-47;5.

Ramírez, E. (2009). Fundamentos Del Proceso De Lodos Activados. *Operación y mantenimiento de plantas de lodos activados*, 2-36.

Rojas García, A. R., Hernández Garay, A., Ayala, W., Pedroza, S. I. M., Cancino, S. J., Huerata, H. V., & Ortega, M. A. S. (2016). Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(2), 57-68.

SAGARPA, & INIFAP. (2015). Cultive pasto rye grass para la alimentación del ganado en la época invernal en el norte y centro de tamaulipas. *Boletín Electrónico*, 1(15), 87-88. <http://www.agribiotech.com.mx/ryegrassoregon.html>

- Sonnino, A., & Ruane, J. (2013). La innovación en agricultura y las biotecnologías agrícolas como herramientas de las políticas de seguridad alimentaria. *Biotecnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia*, 25-52.
<http://www.fao.org/docrep/018/ar635s/ar635s.pdf>
- Uzaimi, A., Febriand Abdel, J., & Armaidah, R. (2015). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 16(2), 39-55.
<https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.0625>
- Villalobos, L. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agronomia Costarricense*, 34(1), 43-52.
- Zabala, A. (2008). La receta de la sostenibilidad papelera. *Ingeniería Química*, 40(458), 128-137.