



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Efecto de la fertilización con Biol y sintética
sobre la producción de materia seca y calidad
del pasto (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandú,
ciclo II, finca El Plantel, Masaya 2018**

Autores

Br. Jasser Antonio Valle Moran

Br. Mauricio Nahum Almendarez Canales

Asesores

Ing. MSc. Rodolfo Munguía Hernández

Ing. MSc. Martha Gutiérrez Castillo

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya

Managua, Nicaragua

Enero, 2020



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Efecto de la fertilización con biol y sintética
sobre la producción de materia seca y calidad
del pasto (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandú,
finca El Plantel, Masaya 2018**

Autores

Br. Jasser Antonio Valle Moran

Br. Mauricio Nahum Almendarez Canales

Asesores

Ing. MSc. Rodolfo Munguía Hernández

Ing. MSc. Martha Gutiérrez Castillo

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya

Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrícola para el desarrollo sostenible

Managua, Nicaragua

Enero, 2020

Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrícola para el desarrollo sostenible

Miembros del Tribunal Examinador

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: _____

DEDICATORIA

Para la eterna gloria de nuestro señor Dios padre misericordioso, quien nos permite estar vivos, sanos y alcanzar nuestras metas y sueños.

A mis padres, María Magdalena Moran Rios y Julio Antonio Valle Valle, por su eterno e incondicional apoyo durante todos los años de mi vida, por ser quienes fueron los que siempre creyeron en mí, porque han entregado su vida para que yo pueda ser una persona educada, con principios morales, cristianos y sobre todo a enseñarme a ser una persona humilde que debe luchar siempre por lo que quiere.

A mi hermano Anthony Ramón Valle Morán, motivo y ejemplo de querer y luchar por la vida.

A mi abuelo Adolfo Moran Sevilla, por sus oraciones, consejos sabios y siempre ponerme en las manos de nuestro padre Jehová Dios.

A todos y cada uno de mis tíos y tías que siempre creyeron en mí, que han sido parte de mi camino.

A todos mis compañeros por compartir tanto los buenos como los malos momentos que vivimos en la universidad.

Br. Jasser Antonio Valle Moran.

DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo está dedicado principalmente a Dios, por brindarme la fortaleza que necesitaba y proporcionarme la virtud de la perseverancia para poder culminar satisfactoriamente esta meta.

Dedico este logro también, de manera especial a mis padres, los verdaderos protagonistas en todo lo que hago, este triunfo es más de ellos que mío por ser personas infatigables que han luchado sin escatimar fuerzas ni recursos para apoyarme en la demandante tarea de mi formación profesional, en cada una de las metas académicas obtenidas hasta ahora, por ser los que inculcaron grandes valores, sobre todo por enseñarme a luchar por mis sueños y no dejarme vencer ante las dificultades.

A todos mis compañeros por compartir tanto los buenos como los malos momentos que vivimos en la universidad.

Br. Mauricio Nahúm Almendarez Canales.

AGRADECIMIENTOS

Durante el desarrollo de la etapa de nuestra tesis, fue más que un desafío, lleno de dificultades, nuevas experiencias y sobre todo de nuevos conocimientos. Damos gracias a Dios por permitirnos llegar a tan buena experiencia dentro de la Universidad, por la oportunidad de realizar nuestros sueños y en formarnos como profesionales en lo que tanto nos apasiona, gracias a cada docente que se hizo partícipe para este proceso integral de formación, que deja como producto final a este grupo de graduados, aportando de esta manera conocimiento y desarrollo en este ámbito a las futuras generaciones.

Gracias a nuestras Familias que sin lugar a duda fueron un pilar fundamental, para la elaboración de dicho documento, por apoyarnos en cada decisión, en nuestras inversiones y sobre todo por confiar en cada uno de nosotros y en nuestras expectativas a lo largo de nuestra vida estudiantil.

A nuestros asesores **Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya, Ing. MSc. Rodolfo Munguía Hernández**, por darnos la oportunidad de participar en esta investigación que fue aportadora de conocimiento para nosotros y en especial a la profesora **MSc. Martha Gutiérrez Castillo** por darnos apoyo incondicional todo este tiempo y estar siempre pendiente de nosotros en esta etapa investigativa.

Agradecer al Programa de Desarrollo del Mercado de BIOGAS en Nicaragua (ATN/ME-13067-NI y ATN/NV-13169-NI), ejecutado por el Servicio Holandés para el Desarrollo (SNV – Nicaragua) cofinanciado por BID/FOMIN, por el financiamiento brindado para la ejecución de la investigación.

De igual manera a esta prestigiosa alma mater, que nos ha acogido y dado la oportunidad de superación, así como también a los señores Docentes que supieron impartir y compartir sus conocimientos.

Br. Jasser Antonio Valle Moran.

Br. Mauricio Nahúm Almendarez Canales.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>ii</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
ÍNDICE DE ANEXOS	<i>v</i>
RESUMEN	<i>vi</i>
ABSTRACT	<i>vii</i>
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Cultivo del pasto mejorado Marandú (<i>Brachiaria brizantha</i>) en Nicaragua	4
3.2 Pasto mejorado Marandú (<i>Brachiaria brizantha</i>)	4
3.3 Fertilización orgánica	5
3.4 Biofertilizante orgánico Biol	5
3.5 Composición química del Biol para la zona seca y húmeda de Nicaragua	6
3.6 Métodos de aplicación del Biol	6
3.7 Importancia económica y ambiental del Biol	6
IV MATERIALES Y MÉTODOS	8
4.1 Ubicación del área de estudio	8
4.2 Diseño metodológico	8
4.3 Descripción de los tratamientos	9
4.4 Análisis químico del suelo y biol	10
4.5 Manejo agronómico	11
4.6 Variables a evaluar	13
4.6.1 Variables morfo estructurales	13
4.6.2 Variables de rendimiento	13
4.6.3 Calidad bromatológica del pasto	14

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA	
4.7	Análisis estadístico de los datos	16
4.8	Análisis económico	16
V	RESULTADOS Y DISCUSION	18
5.1	Variables morfo estructurales	18
5.1.1	Altura del tallo (cm)	18
5.1.2	Número de hojas por planta	20
5.2	Variables de rendimiento	21
5.2.1	Porcentaje de cobertura	21
5.2.2	Número de tallos por macollo	22
5.2.3	Producción de materia seca (kg de MS ha-1)	22
5.3	Variables de calidad nutricional del pasto	24
5.3.1	Proteína cruda (PC) %	24
5.3.2	Fibra Detergente Neutro (FDN) %	25
5.3.3	Fibra Detergente Acido (FDA) %	26
5.3.4	Digestibilidad in vitro de Materia Seca (DIVMS)	27
5.4	Análisis económico	28
5.4.1	Análisis de presupuesto parcial	28
VI	CONCLUSIONES	31
VII	RECOMENDACIONES	32
VIII	LITERATURA CITADA	33
IX	ANEXOS	38

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Descripción de tratamientos y momentos de aplicación en pasto mejorado Marandú, segundo ciclo, Centro Experimental El Plantel 2018	9
2	Análisis químico del suelo del área experimental para el ensayo con Marandú.	10
3	Análisis químico de biol proveniente de las fincas de los señores, Oswaldo Rocha y Ever González, Boaco 2017	10
4	Cantidad de nutrientes aportados según las dosis de biol aplicadas en la finca El Plantel, Masaya 2018	11
5	Parámetros a tomar en cuenta a la hora de realizar un análisis económico mediante la metodología de CIMMYT, 1988	16
6	Presupuesto parcial, fertilización con biol y sintético en pasto Marandú, finca El Plantel Masaya 2018	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Precipitación y temperatura durante el ciclo del pasto <i>B. brizantha</i> Marandú, finca El Plantel, Masaya, 2017-2018.	8
2	Esquema del proceso de producción de biol y biogás.	12
3	Altura del tallo (cm) en el cultivo del pasto Marandú, entre los 11 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	19
4	Numero de hojas por planta en el cultivo de del pasto Marandú, entre los 11 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	20
5	Porcentaje de cobertura en el cultivo del pasto Marandú, entre los 11 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	21
6	Número de plantas por macollos en el cultivo del pasto Marandú, entre los 11 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	22
7	Producción de materia seca en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	23
8	Proteína cruda (PC) % en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	25
9	Fibra neutro detergente (FDN) % en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	26
10	Fibra acido detergente (FDA) % en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	27
11	Digestibilidad in vitro (DIVMS) en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.	28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PAGINA
1	Plano de campo del experimento, finca El Plantel, Masaya 2017.	37
2	Figura de las temperaturas de la Finca El Plantel, Masaya 2017-2018.	38
3	Figura de las precipitaciones de la Finca El Plantel, Masaya 2017-2018.	38
4	Docente investigador Ing. Norland Méndez, realizando medición de variables morfo estructurales.	39
5	Pasto Marandú, Finca EL Plantel, Masaya 2018.	39
6	Tesistas y docente en medición de variables de crecimiento.	40
7	Peso del pasta para determinar rendimiento en kg de MS ha ⁻¹	40

RESUMEN

Fue realizado un experimento de campo en área de la finca El Plantel ($12^{\circ} 07' 37''$ - $12^{\circ} 06' 27''$ Latitud Norte y $86^{\circ} 04' 52''$ - $86^{\circ} 05' 36''$ Longitud Oeste, a 100 msnm) con el propósito de evaluar la aplicación de diferentes dosis de biol solo y combinado con fertilizante sintético en el crecimiento, producción de materia seca, calidad bromatológica del pasto Marandú y la mejor relación Beneficio Coste en un segundo ciclo de corte. Se estableció un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con 4 réplicas (1,172 m²). Se aplicaron los tratamientos (T1) testigo sin fertilizante; (T2) 283.5 kg N + 90 kg P₂O₅; (T3) 141.75 kg N + 45 kg P₂O₅ + 10 000 litros Biol; (T4) 15 000 litros Biol; (T5) 20 000 litros Biol; (T6) 25 000 litros Biol; fueron aplicados al momento del corte de uniformidad y a los 20 días posteriores. Se midieron las variables altura de planta (cm), número de hojas por planta, cobertura del pasto (%), número de plantas por macollo, producción de materia seca (kg ha⁻¹), Proteína Cruda (% PC), Fibra Detergente Neutro (% FDN), Fibra Detergente Acido (% FDA), Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (% DIVMS). Los resultados muestran que el pasto Marandú responde a las aplicaciones de fertilizante sintético (T2) y combinado (T3) en las variables: altura de planta (49.22 cm y 45.46 cm respectivamente), plantas por macollo (95.87 y 87.07 respectivamente) y cobertura de pasto (99.17 % y 95.00 % respectivamente) con valores promedios mayores y estadísticamente significativos con respecto al resto de los tratamientos. La mayor producción de materia seca que se obtuvo para el T3 a los 46 días después del corte de uniformidad (ddcu) fue de 5 227.2 kg ha⁻¹, diferente estadísticamente y superior al resto de los tratamientos, seguido del T2 y T6 con 4 570.8 kg ha⁻¹ y 4 067.7 kg ha⁻¹ respectivamente. Al comparar los valores de PC el T2 a los 39 y 46 ddcu presentó valores superiores al 15 %, seguido del T3 el cual mostró valores situados dentro del rango de buena calidad, mayor al 10 % a los 39 ddcu. La FDN a los 39 ddcu el T2 presentó el mejor resultado ubicado dentro del rango de calidad media (45% a 65%) con un 59.82 %, seguido del T3 y T6 con 61.58 % y 61.61 % respectivamente. Con respecto a FDA se observó que a los 39 ddcu el T3 fue el que mostró mejor resultado siendo de 42.8 %, ubicándose dentro del rango de calidad media (35 % a 45 %) seguido del T1 con 43.39 %. La digestibilidad in vitro de materia seca el T3 a los 39 ddcu presentó el mejor valor con un 55.55 %, ubicado dentro del rango de calidad media (55 % a 70 %) seguido del T1 con un resultado del 55.09 %. El análisis económico mostró que el T4 fue la mayor relación beneficio costo: C\$ 2.40 en comparación con el resto de tratamientos.

Palabras claves: Marandú, Biol, Proteína Cruda, FDN, FDA, Digestibilidad.

ABSTRACT

A field experiment was carried out in the area of the El Plantel estate (12 ° 07 '37' '- 12 ° 06' 27 " Latitude North and 86 ° 04 '52' '- 86 ° 05' 36 " West Longitude, at 100 meters above sea level) with the purpose of evaluating the application of different doses of biol alone and combined with synthetic fertilizer in growth, dry matter production, bromatological quality of Marandú grass and the best Cost Benefit ratio in a second cutting cycle. A Random Complete Blocks (BCA) design with 4 aftershocks (1,172 m²) was established. The treatments (T1) control without fertilizer were applied; (T2) 283.5 kg N + 90 kg P₂O₅; (T3) 141.75 kg N + 45 kg P₂O₅ + 10 000 liters Biol; (T4) 15,000 liters Biol; (T5) 20,000 liters Biol; (T6) 25,000 liters Biol; They were applied at the time of the uniformity cut and 20 days later. The variables were measured plant height (cm), number of leaves per plants, grass cover (%), number of plant per macollo, dry matter production (kg ha⁻¹), Crude Protein (% PC), Neutral Fiber Detergent (% FDN), Acid Fiber Detergent (% FDA), In Vitro Digestibility of Dry Matter (% DIVMS). The results show that Marandú grass responds to the applications of synthetic fertilizer (T2) and combined (T3) in the variables: height of plants (49.22cm and 45.46 cm respectively), plants per macollo (95.87 and 87.07 respectively) and coverage of grass (99.17% and 95.00% respectively) with higher and statistically significant average values with respect to the rest of the treatments. The highest production of dry matter obtained for T3 at 46 days after the uniformity cut (ddcu) was 5,227.2 kg ha⁻¹, statistically different and superior to the rest of the treatments, followed by T2 and T6 with 4 570.8 kg ha⁻¹ and 4 067.7 kg ha⁻¹ respectively. When comparing the PC values, T2 at 39 and 46 ddcu presented values greater than 15%, followed by T3 which showed values within the range of good quality, greater than 10% at 39 ddcu. The NDF at 39 ddcu the T2 presented the best result located within the average quality range (45% to 65%) with 59.82%, followed by T3 and T6 with 61.58% and 61.61% respectively. With respect to FDA, it was observed that at 39 ddcu, T3 was the one that showed the best result being 42.8%, being within the average quality range (35% to 45%) followed by T1 with 43.39%. The in vitro digestibility of dry matter on T3 at 39 ddcu presented the best value with 55.55%, located within the average quality range (55% to 70%) followed by T1 with a result of 55.09%. The economic analysis showed that T4 was the highest cost benefit ratio: C \$ 2.40 compared to the rest of treatments.

Keywords: Marandú, Biol, Protein, FDN, FDA, Digestibility.

I. INTRODUCCIÓN

El pasto de pastoreo *Brachiaria brizantha* (Marandú) “es originaria de África tropical, y se encuentra distribuida en las regiones donde las precipitaciones varían entre 800 y 1 500 mm por año, es una especie perenne, que presenta macollas vigorosas, de hábito erecto o semierecto, con tallos que alcanzan hasta 2 metros de altura” (Olivera, Machado, y del Poza, 2006). “Fue introducida a Brasil en 1986 mediante convenio de cooperación científica con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con sede en Cali, Colombia” (Carrero, 2012).

“Procedente de CIAT, llegó a nuestro país a finales de la década de los ochenta, se desarrolla bien en suelos de mediana a buena fertilidad, buen drenaje, con altitud desde el nivel del mar hasta 950 metros, de fácil establecimiento utilizando de 3 a 4 kg ha⁻¹ de semilla con porcentaje de germinación entre 65 a 70% y pureza entre 90 y 95%” (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2014). Tiene una buena respuesta a la fertilización ya sea orgánica o química, las dosis a aplicar dependen de análisis de suelo, recomendando en general de 3 a 4 quintales por hectárea de 12-24-12 (NPK) a la siembra o 7 quintales de fertilizante orgánico, es una alternativa viable, debido a su excelente calidad, productividad y alta digestibilidad, (Arroniz, s.f).

“El Biol, es un abono orgánico líquido, resultado de la descomposición de los residuos animales y vegetales en ausencia de oxígeno, contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes” (Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA], 2008), aplicando directamente al suelo o vía foliar que contienen macro y micronutrientes y hormonas vegetales (Auxinas y Giberilinas) (Rengifo Rios, 2014). Esta tecnología, es una opción amigable con el ambiente, ideal para pequeños productores por sus bajos costos y obtención de biogás, rentable y con propiedades adecuadas para la fertilización complementaria en cultivos, enriquecido con materia orgánica.

Es una alternativa práctica que se puede utilizar para el abonamiento de los pastos en zonas ganaderas, por ser un producto que se puede elaborar con insumos que se cuenta en la ganadería (estiércol), disminuyendo el uso de solo fertilizantes inorgánicos que tiene un alto costo en el mercado local.

El pasto Marandú presenta propiedades suficientes descritas anteriormente, éste pasto mejorado está distribuido en nuestro país en las Zonas del Pacífico, Centro y Costa Caribe (Instituto Nacional Tecnológico [INATEC], 2016) y para mejorar los resultados en producción de biomasa y disminuir el uso de productos sintéticos.

El presente trabajo inicio con el primer corte de uniformidad (segundo ciclo) del estudio en el pasto *Brachiaria brizantha*, evaluando el efecto de tres dosis de biol y dos dosis de este, combinado con fertilizante sintético, tomando en cuenta la función que este ejerce en la producción de calidad nutricional y biomasa del pasto, bajo un sistema de riego por aspersión, es importante para disponer recomendaciones de dosis para aplicar al pasto Marandú.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar las dosis de la fertilización sintética y Biol sola y combinada en la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto mejorado Marandú, bajo riego por aspersión, en la finca el Plantel, 2018.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar las dosis de la fertilización sintética y Biol sola y combinada sobre las variables morfo estructurales y rendimiento de materia seca en el pasto mejorado Marandú, bajo riego por aspersión, en la finca el Plantel.

Determinar las propiedades bromatológicas del pasto Marandú por efecto de las dosis de la fertilización sintética y Biol sola y combinada, en los cortes de la materia seca a los 25, 32, 39, 46 días después del corte de uniformidad.

Estimar la mejor relación beneficio costo de las dosis de fertilización sintética y Biol sola y combinada a los 39 días después del corte de uniformidad.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Cultivo del pasto mejorado Marandú (*Brachiaria brizantha*) en Nicaragua

Según (United States Department of Agriculture [USDA] 2015) menciona que, “en Nicaragua, la principal fuente de alimento, para el ganado bovino la constituyen las pasturas cosechadas directamente por los animales en pastoreo y otras especies forrajeras utilizadas bajo sistemas de corte y acarreo. Estos son recursos de bajo costo y relativamente fácil de producir en la misma finca.”

Los principales factores requeridos para su producción son la disponibilidad de terreno, de mano de obra, y algunos conocimientos y experiencias sobre su cultivo. Los pastos y forrajes tienen la ventaja de ser cultivos perennes, lo que implica bajos costos de mantenimiento anuales, después del primer año de establecimiento.

De manera que representan una opción económica para producir leche y carne con buenos rendimientos y a bajo costo, lo que permite aumentar las ganancias de la finca en comparación con el uso de concentrados y otros recursos alimenticios que se adquieren fuera de la finca. Por otro lado, el uso de pasturas bien manejadas ofrece la ventaja de usar, de una manera racional y sostenible en el tiempo, los recursos naturales de la finca, como el agua, suelos y árboles

3.2. Pasto mejorado Marandú (*Brachiaria brizantha*).

Pasto Brizantha o Pasto Marandú, es una poaceae perenne provista de tallos más o menos erectos, puede llegar a medir 1.5 m de altura, forma macollas densas, vigorosas y pubescentes, las hojas son lanceoladas y pilosas y su inflorescencia es un racimo, crece rápidamente y produce forraje de buena calidad.

Se deben manejar períodos de descanso de 35 días. En época de lluvias puede soportar 3 unidades animales por hectárea, aunque el rendimiento es alto, la cantidad de proteína bruta oscila entre 7 y 14%. Cuando está encharcado, se produce las bacterias venenosas que pueden afectar al animal.

3.3. Fertilización orgánica

“El uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha causado muchos problemas a la agricultura, entre ellos se mencionan la contaminación del medio ambiente, fuga de divisas, aumento en los costos de producción y salinización del suelo” (MAG, 2013).

“Dentro del grupo de abonos se encuentran los biofertilizante, considerados actualmente como los súper abonos líquidos preparados a base de estiércol fresco de animales y en algunos casos enriquecidos con leche o melaza y fermentados por varios días bajo un sistema anaeróbico”(Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental [FUNDESYRAM], 2007)

3.4. Biofertilizante orgánico Biol

Según Baca (2015), este bioabono (Biol) en muchos casos es un subproducto obtenido en un compartimento cerrado en el que se descomponen el estiércol y los desechos agrícolas y ante la ausencia de aire produce biogás, cuya combustión permite generar energía eléctrica, gas para cocinar y fertilizante orgánico en dos formas líquido y sólido.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011), considera biofertilizante, por el aporte de elementos minerales que presenta, especialmente nitrógeno

Restrepo (2007), indica que “estos biofertilizante sirven para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer el estado nutricional de las plantas, estimular la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades”.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011) plantea que “El uso del Biol en programas de recuperación de suelos degradados permite mejorar el intercambio catiónico del suelo. Con ello se amplía la disponibilidad de nutrientes del suelo. Por otra parte, contribuye a aumentar la humedad del suelo y a la creación de un microclima adecuado para las plantas”.

Según Baca (2015) “los resultados de análisis químicos, realizados por el Programa de Biogás en Nicaragua (PBN), indica que un sistema de biogás (biodigestor) de nueve metros cúbicos genera en 27 días el Biol (fertilizante orgánico) equivalente a un quintal de urea al 46 % de Nitrógeno. Esto significa un ahorro anual de 329 dólares”, dice Carlos Bueso, especialista en biogás del PBN.”

3.5. Composición química del Biol para la zona seca y húmeda de Nicaragua

Laguna y Cruz (2016), determinaron que el Biol procedentes de fincas ubicadas en zonas húmedas contienen iguales minerales que en los de zona seca, (p. 26). En el Cuadro 1 y 2, se describen los elementos minerales encontrados en el Biol para los dos tipos de tecnologías domo y bolsa. Según López y Olivera (2017) encontraron que el Biol contiene los macro y micro elementos como: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, y Mn. (p. 25).

3.6. Métodos de aplicación del Biol

Según Warnars y Oppenoorth, (2014). Describen que el Biol como biofertilizante se puede aplicar de tres formas sobre los cultivos:

1. Como fertilizante foliar, pulverizado sobre los cultivos.
2. De forma líquida (diluido) en las raíces.
3. De forma seca o como compostaje; combinado con técnicas de riego para que los cultivos tengan suficiente agua.

“Es importante tener en cuenta los riesgos asociados con esparcir el Biol directamente en los cultivos o al incorporarlo en los suelos. Muchas veces se cree erróneamente que el proceso anabólico de la digestión inevitablemente mata todos los patógenos presentes en el estiércol animal, y lo mismo aplica a los nematodos y a los virus.”

3.7. Importancia económica y ambiental del Biol

Según Warnars & Oppenoorth, (2014). “Se puede incrementar el rendimiento de los cultivos si se aplica el Biol en conjunto con una dosis adecuada de fertilizantes químicos.”

“Los beneficios financieros de una planta de biogás proporcionan ahorro en kerosene, leña y la cantidad de nutrientes se incrementa con el tamaño de la planta, pero los costos de la instalación no se incrementan en la misma proporción”(Warnars y Oppenoorth, 2014).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011), describe que “la adopción de buenas prácticas de manejo en la aplicación de Biol al suelo permite maximizar los beneficios ambientales. Tales prácticas resultan en menores emisiones de gases hacia la atmósfera, al igual que menor contaminación difusa de nutrientes por escorrentía y lixiviación”.

Según Warnars y Oppenoorth (2014), “en plantas domésticas de biogás tiene un impacto importante en la reducción de los gases de efecto invernadero, equivalente a entre 3 y 6 toneladas de CO₂ por planta. Esto se debe al reemplazo de la biomasa no renovable, el

reemplazo del uso de combustibles fósiles y la reducción de las emisiones de metano por medio de la gestión del estiércol.”

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación del área de estudio

El presente estudio se realizó en la finca experimental El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en el kilómetro 30 carretera Tipitapa – Masaya, en coordenadas 12° 07' 37''- 12° 06' 27'' latitud Norte y entre los 86° 04' 52''- 86° 05' 36'' longitud Oeste, a una altitud promedio de 100 msnm, precipitación de 800 a 1 000 mm anuales y temperatura promedio anual de 27 °C.

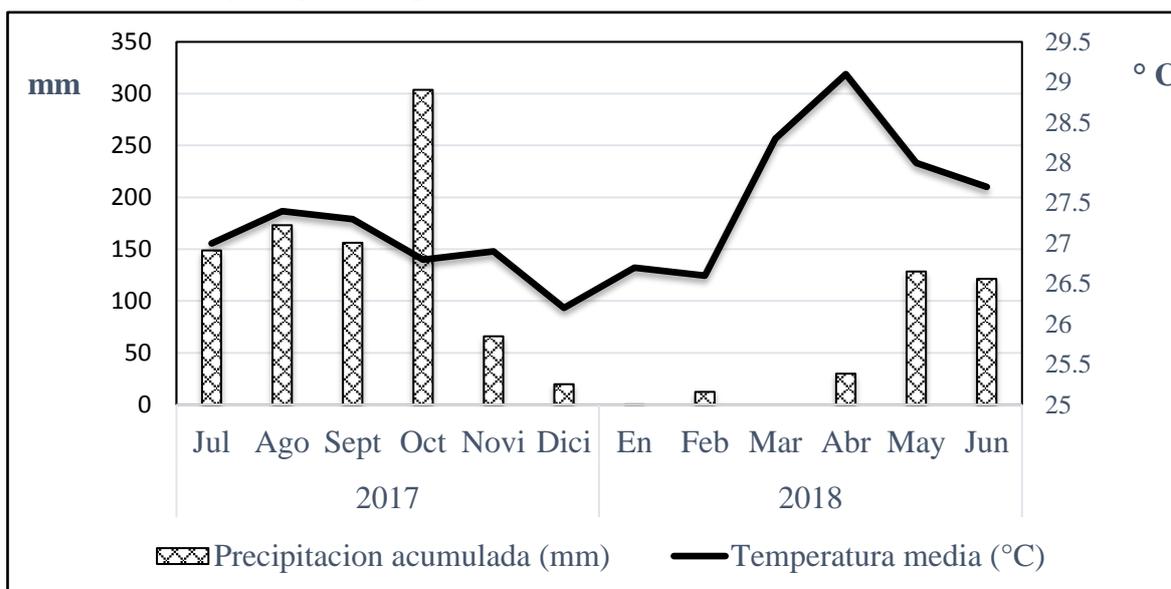


Figura 1. Precipitaciones y temperatura durante el ciclo del pasto Marandú, finca El Plantel, Masaya, 2017-2018.

4.2 Diseño Metodológico

El experimento se estableció en un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con 4 réplicas y seis tratamientos compuestos por aplicaciones de fertilizantes químicos solo y en combinación con efluente biol y solo biol (Cuadro 1). Se realizó el corte de uniformidad en el pasto y se evaluó el segundo ciclo (febrero-abril de 2018).

El área experimental por parcelas es de 36 m² (9 m * 4 m), el área por bloques es de 216 m², cada bloque presento un borde de 1.5 m² (para reducir el efecto de borde) para un total de 108 m² de borde, el total del experimento fue de 864 m² (sin incluir los bordes), en los cuatro bloques más el área de bordes correspondiendo a un total de 1 296 m².

4.3 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados en el pasto Marandú estuvieron formados por un testigo (sin aplicación de fertilizante químico ni de biol), aplicación de solo fertilizante o de biol y una mezcla de ambos que permite el estudio de la interacción entre los diferentes tratamientos. El biol se aplicó en las diferentes dosis propuestas presentadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos y momentos de aplicación en pasto mejorado Marandú, segundo ciclo, finca Experimental El Plantel – 2018

Tratamientos	Aportes de nutrientes (kg ha⁻¹)	Al momento del corte de uniformidad	20 ddcu
T₁	Testigo	S. F	S. F
T₂	283.5 kg N + 90 kg P ₂ O ₅	195.65 kg ha ⁻¹ de completo (18-46-0)	539.74 kg ha ⁻¹ de Urea 46%.
T₃	141.75 kg N + 45kg P ₂ O ₅ + 10 000 litros biol	97.83 kg ha ⁻¹ de completo (18-46-0) + 6 000 l ha ⁻¹ biol	269.87 kg ha ⁻¹ de Urea 46 % + 4 000 l ha ⁻¹ biol
T₄	15 000 litros biol	9 000 l ha ⁻¹	6 000 l ha ⁻¹ biol
T₅	20 000 litros biol	12 000 l ha ⁻¹	8 000 l ha ⁻¹ biol
T₆	25 000 litros biol	15 000 l ha ⁻¹	10 000 l ha ⁻¹ biol

Nota. l: litros; kg: kilogramo; ha: hectárea; ddcu: Días después del corte de uniformidad; S.F: sin fertilizante;

El biol aplicado en las diferentes dosis proviene de dos biodigestores del Departamento de Boaco, ubicados en fincas dedicadas a la producción de leche, sus propietarios son Sr. Oswaldo Rocha y Sr. Ever Gonzales; el biol es producido bajo tecnología de biodigestor de domo fijo cuyo volumen es de 9 m³. Es muy importante mencionar que al biol con el fin de conocer su riqueza nutricional se les realizó un análisis químico.

4.4 Análisis químico del suelo y biol

Antes del establecimiento del experimento se realizó análisis de suelo para conocer la composición química relativo a los macro y micro elementos, obteniendo los siguientes resultados: el suelo presenta una textura franco arcilloso limoso, con pH neutro, el contenido de Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Manganeso es alto, la Materia Orgánica, Nitrógeno y Hierro es medio, bajo en Zinc, no se detectó el elemento mineral Fósforo (Cuadro 2), a partir de la disponibilidad del suelo se realizó el cálculo para la dosis de aplicación definiéndose los tratamientos respectivos.

Cuadro 2. Análisis químico del suelo del área experimental para el ensayo con Marandú

pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	DA
	%		Ppm	Meq/100 g de suelo				Ppm			g/cm ³
6.74	2.73	0.14	0.00	0.89	22.77	8.55	17.80	8.00	0.80	16.30	1.01

Fuente: Laboratorio de suelo y agua, UNA 2017.

El análisis químico al efluente biol, muestra un pH neutro, lo que favorece la absorción de los nutrientes, un mayor contenido de Materia Orgánica (48.5 %) superior a los reportados por Martínez (2016) con un promedio de 10.1 % de una muestra de 45 fincas ganaderas, que disponen de biodigestores en Nicaragua. Rengifo (2014) reportó 38 % lo cual también es evidente que la presencia de macro y micronutrientes que al ser aplicados pueden ser aprovechados por el suelo y los cultivos a los que se le aplique el biol (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis químico de biol proveniente de las fincas de los señores, Oswaldo Rocha y Ever González, Boaco 2017

pH	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
			%					ppm		
7.18	48.5	0.74	0.07	0.175	0.21	0.11	198.38	3.55	37.3	85.03

Fuente: Laboratorio de suelo y agua, UNA 2017.

Romero y Pereda (2012), señalan que “el Biol a diferencia de otros fertilizantes comerciales, es un fertilizante orgánico, que además de contener los elementos primarios del suelo como Nitrógeno, Fósforo y Potasio, contiene otros minerales importantes, los que son transformados en potenciales elementos de fertilización orgánica en el proceso de fermentación.”

Cuadro 4. Cantidad de nutrientes (kg/ha) aportados según las dosis de biol aplicadas en la finca El Plantel, Masaya 2018

Tratamientos	Dosis (l ha ⁻¹)	N	P	K Kg/ha	Ca	Mg
T ₁	-	-	-	-	-	-
T ₂	-	-	-	-	-	-
T ₃	10 000	74.0	7.0	17.5	21.0	11.0
T ₄	15 000	111.0	10.5	26.3	31.5	16.5
T ₅	20 000	148.0	14.0	35.0	42.0	22.0
T ₆	25 000	185.0	17.5	43.8	52.5	27.5

Al comparar los resultados con la cantidad de nutrientes aportados por el pasto Marandú, respecto a los niveles altos y bajos de los principales nutrientes se puede observar que en los tratamientos donde se aplicó biol existe un mejor equilibrio de nutrientes y donde se aplicó fertilizante sintético y cero fertilizaciones, existe un desequilibrio ya sea bajos niveles o muy altos, lo que puede influir en la calidad del pasto.

Siendo el tratamiento con 18 mil litros de biol el que presentó un pasto más ideal según International Plant Nutrition Institute (IPNI, 2013), donde las concentraciones de Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio se encuentran entre los rangos más deseables.

4.5 Manejo agronómico

El manejo agronómico de un cultivo son prácticas o labores de manejo como preparación del suelo, siembra, fertilización, manejo de plagas y enfermedades etc; donde estas actividades se realizan antes del establecimiento, durante el desarrollo y pueden finalizar con cortes o pastoreo de animales. Es importante la implementación de dichas acciones, ya que van dirigidas a incrementar los rendimientos y mantenimiento de la calidad del producto.

Corte de uniformidad: Las actividades primeras para el inicio de la investigación como un segundo ciclo, empezaron con un corte de uniformidad en el macollo a 10 cm del suelo en cada uno de los cuatro bloques establecidos.

Riego: El sistema de riego utilizado fue por aspersión, siendo este complementario, el cual funcionó cuando en la zona donde se estableció el experimento presentó déficit hídrico, debido a que este ensayo experimental del pasto *brachiara brizantha* como segundo ciclo, dio inicio en los meses de ausencia de precipitaciones entre febrero y abril, por lo que se utilizó riego por aspersión. Cabe mencionar que esta aplicación fue realizada cada tres días por un periodo de 1 hora con una distribución de lámina de agua total de 418.76 mm.

Fertilización: La fertilización que se aplicó al cultivo de pasto Marandú corresponde a los tratamientos establecidos para el ensayo, realizados en base a los resultados del análisis de suelo realizado antes del inicio del segundo ciclo.

El biol se obtuvo de biodigestores de tipo domo fijo producidos en dos fincas ubicadas en el departamento de Boaco. El tamaño que poseen es de 9 m³ con una capacidad de producción de 140 litros de biol por día donde dedicaban una hora diario para el manejo del biodigestor, realizando actividades de llenado de las cámaras con la mezcla en proporciones 2:1 (2 partes de excremento y una de agua).

El biol utilizado en el experimento se mezcló de manera homogénea para favorecer que el contenido nutricional sea igual para reducir el error experimental, siendo este aplicado en horas de la tarde.

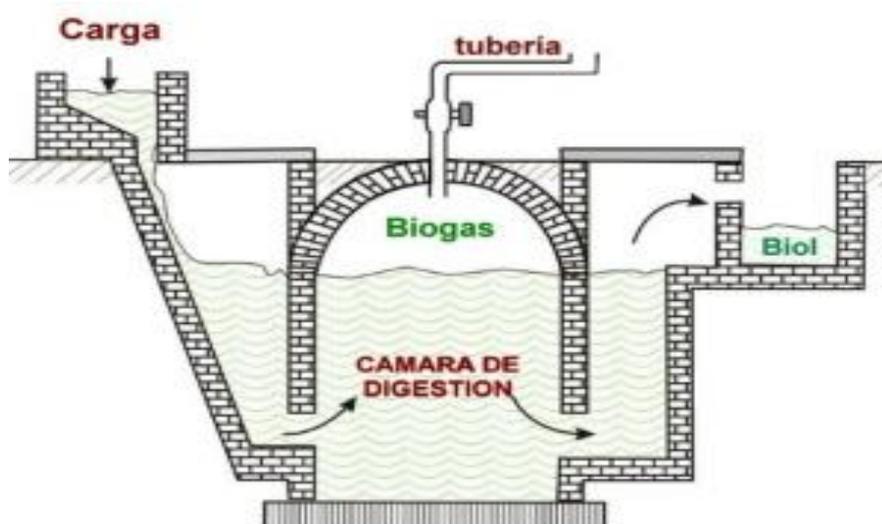


Figura 2. Esquema del proceso de producción de biol y biogás.

La fertilización con biol en las parcelas se realizó utilizando baldes y otros recipientes plásticos, estos fueron graduados con las dosis correspondientes para cada unidad experimental, siendo depositados en la banda del surco, posteriormente fue cubierto con el mismo suelo. En este proceso se utilizaron azadones, para el fertilizante sintético las aplicaciones se hicieron a chorro, donde anteriormente se había pesado y parcializado en bolsas para cada tratamiento.

Manejo de plagas y enfermedades: El manejo de plagas y enfermedades se llevó a cabo mediante la realización de muestreos en 10 puntos diferentes de las parcelas, esto se realizó cada siete días, en base a los resultados no hubo necesidad de aplicar ningún producto

químico o control biológico debido, ya que no se presentó incidencia de plagas y enfermedades.

Manejo de malezas: Según el INTA (2009), el control eficiente de las malezas durante el periodo crítico de competencia va de los 5 a 30 días después de la siembra, el no control oportuno reduce las pérdidas en el rendimiento entre 50 % y 70 %. En el experimento el control de malezas se realizó con azadón a los 13, 27 y 36 ddcu.

Cortes del pasto: Los cortes en el ensayo de pasto mejorado Cv. Marandú (*Brachiaria brizantha*) se realizaron a los 25, 32, 39 y 46 ddcu, en total, cuatro cortes de materia fresca con intervalo de siete días entre corte para medir producción de materia verde y producción de materia seca.

4.6 Variables a evaluar

4.6.1. Variables morfo estructurales

Altura de tallo (cm): Se midieron 10 plantas, cinco en cada uno de los dos surcos centrales de la parcela experimental, midiendo desde el nivel de suelo hasta el vértice más alto, cada siete días iniciando a los 11, 18, 25, 32, 39 y 46 ddcu.

Número de hojas por planta: Se contabilizó un total de 10 plantas, cinco en cada uno de los dos surcos centrales de la parcela experimental, cada siete días iniciando a los 11, 18, 25, 32, 39 y 46 ddcu.

4.6.2. Variables de rendimiento

Porcentaje de cobertura (%) del pasto

Se midió de manera visual el porcentaje de cobertura en un metro cuadrado, cada siete días iniciando a los a los 11, 18, 25, 32, 39 y 46 después del corte de uniformidad (ddcu). Se utilizó un cuadrante de 0.8 m de ancho por 1.25 m de largo (1 m²).

Número de plantas por macollo: Se realizó de igual forma que el número de hojas, a los 11, 18, 25, 32, 39 y 46 ddcu.

Producción de materia seca (kg ha⁻¹): Se realizaron cortes a los 25, 32, 39 y 46 ddcu, se midió la biomasa verde producida en un metro cuadrado y se pesó en una balanza de precisión. De cada tratamiento se tomaron muestras homogéneas entre los 200 a 400 gramos de materia verde y se envió al laboratorio de Fisiología Vegetal, para someterla a un secado en horno por 72 horas a una temperatura constante de 70°C. Una vez pasado el tiempo se

procedió a tomar el peso seco de las muestras, con lo cual se obtiene una constante para obtener el peso de la materia seca.

Donde: $K = (\text{Peso seco de la muestra} / \text{Peso fresco de la muestra}) \times 100$

Este resultado se multiplica por cada uno de los valores de peso fresco por parcela obtenido en campo, así se obtendrá el peso seco de la materia seca producido según corte.

4.6.3. Calidad bromatológica del pasto

Digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS): “La digestibilidad in vitro es un método, que se basa en el principio de someter una muestra de alimento (forraje o grano) en un recipiente a la acción de inóculo de líquido ruminal, con el fin de simular las condiciones que ocurren en el rumen. Después de un determinado tiempo se mide la cantidad de materia seca, materia orgánica o celulosa que ha desaparecido durante la incubación, la proporción desaparecida se denomina digestibilidad in vitro” (Bruni y Chilbroste, 2011).

Este análisis se realizó a las muestras realizadas a los 25, 32, 39 y 46 ddcu se tomó una muestra homogénea de 50 a 100 gramos molida en materia seca y se envió al laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencia Animal.

Proteína cruda: “Es un parámetro para medir la calidad de los forrajes. La importancia de la determinación de proteína cruda está dada por que la clasificación de los alimentos generalmente admitida se basa en su contenido de proteína (Alimentos básicos son pobres en proteínas; alimentos concentrados son ricos en proteínas), además el contenido de proteína de un alimento constituye una medida directa de su digestibilidad por que el componente proteico es en general altamente digestible si se compara con los carbohidratos estructurales” (Mendieta y Reyes, 2000).

“La proteína, en promedio contiene cerca del 16 % de nitrógeno. Entonces, teóricamente, si se conoce el contenido de nitrógeno en el alimento, se estima la cantidad de proteína que contiene, multiplicando su contenido de nitrógeno por 6.25” (Cárdenas y Hondoy, 2017).

Este análisis se realizó a las muestras de cortes realizadas a los 25, 32, 39 y 46 ddcu se tomó una muestra homogénea de 50 a 100 gramos molida en materia seca y se envió al laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencia Animal.

Fibra detergente Ácido (FDA): “La muestra es hervida a reflujo con una solución detergente en medio ácido. El detergente disuelve todo el contenido celular, hidroliza la hemicelulosa

que está libre y la que se encuentra combinada con la lignina. El residuo insoluble está formado por paredes celulares (celulosa, lignina), sustancias pépticas y una parte de los minerales, sin hemicelulosa que se llama FAD, que es un paso intermedio para determinar lignina” (Alvarado y Medal, 2018).

Lignina: La FDA es sometida a una digestión en frío con ácido sulfúrico al 72 % para oxidar los compuestos orgánicos excepto la lignina. El residuo contiene lignina y algunos minerales. La lignina se separa de los minerales (sílice) oxidándola a 550 grados Celsius.

Otra vía para determinar lignina y celulosa sería la disolución de la lignina contenida en la FAD con una solución de $K Mn O_4$. La pérdida de peso es considerada como el contenido de lignina. El residuo contiene celulosa y algunos minerales (sílice) los cuales se separan por incineración.

Fibra Detergente Neutro (FDN): “La Fibra Detergente Neutro (FDN) se está implementando actualmente para ayudar a la medición de la digestibilidad total del forraje. La Fibra Detergente Ácido y la Fibra Detergente Neutro son buenos indicadores del Contenido de fibra de los forrajes. La FDN nos da una estimación más exacta de nutrientes digestibles totales (NDT), la energía neta y el potencial de consumo de alimento” (Min, 2011).

“El rango de FDN puede variar ampliamente dentro de un determinado tipo de Forraje, el rango de valores es más bien sorprendente, ya que las especies Forrajeras, el nivel de madurez, las condiciones y el manejo del cultivo son factores que afectan la FDN de un forraje determinado” (Reuss, 2001).

4.7 Análisis estadístico de los datos

Los datos obtenidos para cada una de las variables se tabularon en hojas Excel, para su posterior uso en el programa SAS, los cuales se procesaron estadísticamente a través de un análisis de varianza (ANDEVA), usando el modelo lineal generalizado (GLM), en el caso de resultar significativo el análisis de varianza se procedió a realizar prueba de rangos múltiples de medias, usando Duncan, al 5 % del margen de error.

4.8 Análisis económico

Se realizó el análisis económico utilizando la metodología de presupuesto parcial según Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT, 1988), para evaluar la rentabilidad de los tratamientos utilizados a través del cálculo de la tasa de retorno marginal.

Cuadro 5. Parámetros a tomar en cuenta para realizar el análisis de beneficio costo mediante la metodología de presupuesto parcial según CIMMYT (1988)

Indicadores	Descripción
Costos variables	<ul style="list-style-type: none">• Incluyen los costos de las fuentes de fertilizantes y su aplicación
Costos totales que varían	<ul style="list-style-type: none">• Es la sumatoria de los costos variables
Rendimiento de materia seca	<ul style="list-style-type: none">• Expresado en kg ha⁻¹
Rendimiento ajustado al 95 %	<ul style="list-style-type: none">• Considerando un 5% de pérdida expresado en kg ha⁻¹
Beneficio bruto	<ul style="list-style-type: none">• Obtenido por la multiplicación del rendimiento ajustado por el precio de venta.
Beneficio neto	<ul style="list-style-type: none">• Es la resta del beneficio bruto y los costos totales que varían.
Dominancia	<ul style="list-style-type: none">• Se ordenaron los tratamientos de menor a mayor con respecto a los costos totales que varían. Se consideró un tratamiento dominado cuando este tiene beneficios netos menores o iguales a un tratamiento de costo variable menor.

Cuadro 5. Continuación...

Indicadores	Descripción
Beneficios netos marginales	<ul style="list-style-type: none">• Se realizó a los tratamientos no dominados y calculando la diferencia entre el tratamiento con el beneficio neto mayor y el menor.
Costos variables marginales	<ul style="list-style-type: none">• A los tratamientos no dominados se les calculó la diferencia entre el tratamiento con los costos variables mayor y el menor.
Tasa de retorno marginal	<ul style="list-style-type: none">• Es la relación de los beneficios netos marginales sobre los costos variables marginales por 100.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la investigación de pasto Marandú, tienen el propósito de analizar el comportamiento agronómico y su respuesta en el crecimiento morfológico y de la calidad bromatológica del mismo debidas a las aplicaciones de biol y fertilizante sintético solo o en mezclas. Para conocer este comportamiento, fueron analizadas diferentes variables, las que a continuación se detalla:

5.1. Variables morfo estructurales

5.1.1. Altura de tallo (cm)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (2012) *B. brizantha* es un pasto permanente y amacollado, con tallos vigorosos que alcanzan alturas de 1.5 a 2 m.

Otro estudio conducido por Rengifo (2014) el crecimiento alcanzado a los 63 días de edad del pasto Marandú fue 116.8 cm con aplicaciones de biol al 20 % en agua. Sin embargo, Ríos (2002) encontró alturas de planta a los 84 días de edad de la pastura de 58.2, 53.4 y 56.7 cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable altura de la planta Marandú, mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos; estas diferencias se presentaron en los primeros 18 ddcu, la mayor altura obtenida en pasto Marandú se obtuvo a los 46 ddcu fue de 49.2 cm en el tratamiento con aplicación solo con fertilización sintético, seguido por el tratamiento combinado, mientras que el tratamiento que presentó menor altura fue la aplicación de 20 000 l ha⁻¹ de biol con 21.07 cm (Figura 3).

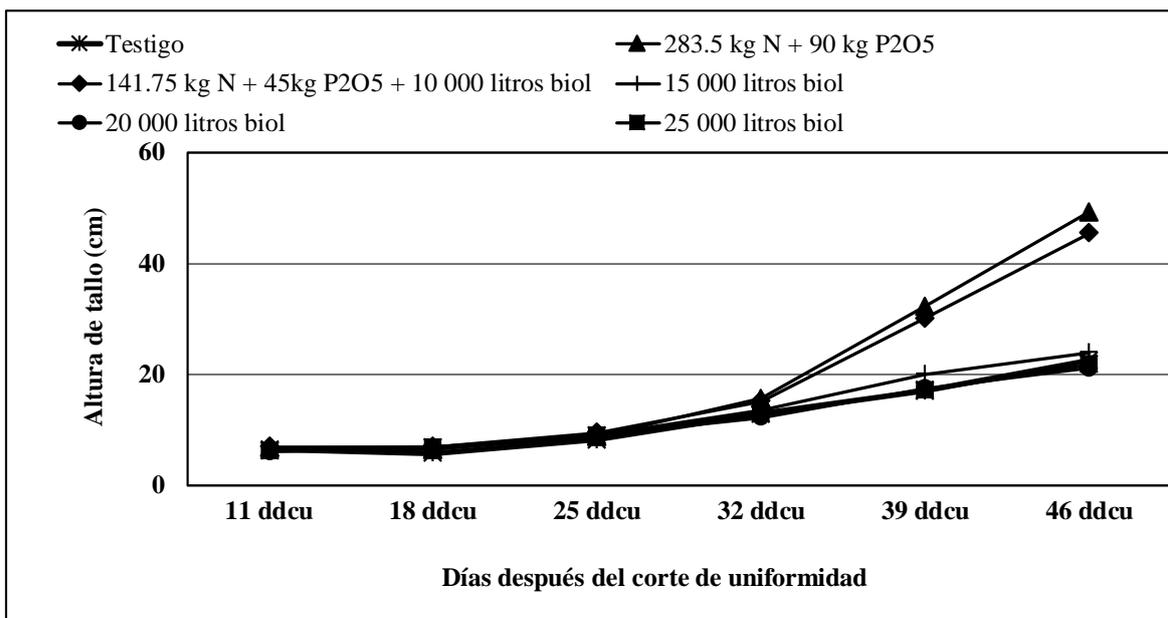


Figura 3. Altura del tallo (cm) en el cultivo del pasto Marandú, entre los 11 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

Pizango (2013) realizó una investigación en la pastura Marandú en la Amazonia Peruana y obtuvo a las edades de 28, 56 y 84 días de edad de la pastura alturas de 43.6, 83.7 y 125.6 cm respectivamente cuando realizó la siembra al voleo. Mientras que Guevara (2007), indica que en estudio realizado en pasto Marandú con aplicaciones de 90 kg de N ha⁻¹ obtuvo alturas de 79.93 y 90.13 cm a la edad de 42 y 56 días respectivamente, mientras que en el tratamiento sin fertilización logró alturas de 60.67 y 71.33 respectivamente y diferentes estadísticamente en las dos edades.

Maas (1992), propone que “el biol utilizado como biofertilizante foliar en combinación con urea, presenta cierto efecto positivo sobre la altura de las plantas”. El biol es un biofertilizante, fuente de Fito reguladores cuya función en el interior de las plantas es, activar el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las plantas.

5.1.2. Hojas por planta

El número de hojas es un indicador de campo lógico, práctico y conveniente de la recuperación de las reservas de CHON (Carbohidratos) y de la madurez de la hoja, o de la preparación de la planta para ser pastoreada. El conocimiento del patrón de evolución del número de hojas puede ser usado como una base para el diseño de un sistema de pastoreo controlado. Idealmente se debería utilizar tanto el criterio de la disponibilidad de materia seca como el número de hojas con el fin de ajustar el tiempo de pastoreo (Fulkerson y Lowe 2002).

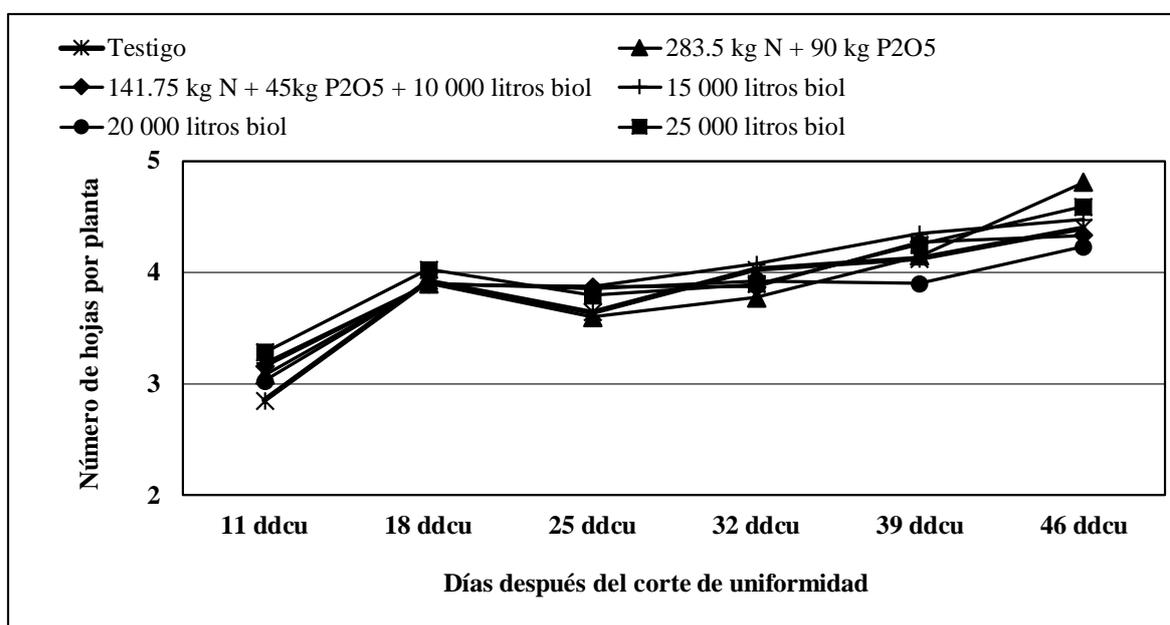


Figura 4. Número de hojas por planta en el cultivo del pasto Marandú, entre los 11 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable número de hojas por planta, mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos; estas diferencias se presentaron a los 46 ddcu, el mayor número de hojas obtenido en pasto Marandú se obtuvo a los 46 ddcu con el tratamiento con aplicación solo con fertilización sintética, seguido por el tratamiento con aplicación de 25,000 l ha⁻¹ de biol, mientras que el tratamiento que presentó menor número de hojas fue la aplicación de 20,000 l ha⁻¹ de biol.

5.2. Variables de rendimiento

5.2.1. Porcentaje de cobertura

“La cobertura de los pastos es una de las variables que va de la mano con los rendimientos ya que si no hubiera una cobertura muy buena no se puede tener buenos rendimientos y no sería rentable” (Cuadra y Osejo, 2016).

En la Figura 5, se presentan los resultados obtenidos del análisis realizado para la variable porcentaje de cobertura del pasto Marandú, que refleja un aumento de significancia a los 25, 32, 39 y 46 ddcu, los mejores resultados lo obtuvieron el tratamiento sintético (UREA 46%+18-46-00) con 68.96 %, seguido por el tratamiento combinado (UREA 46%+18-46-00+biol) con 66.32 % y el tratamiento sin fertilizante fue el que presentó el menor porcentaje de cobertura con 46.81 %.

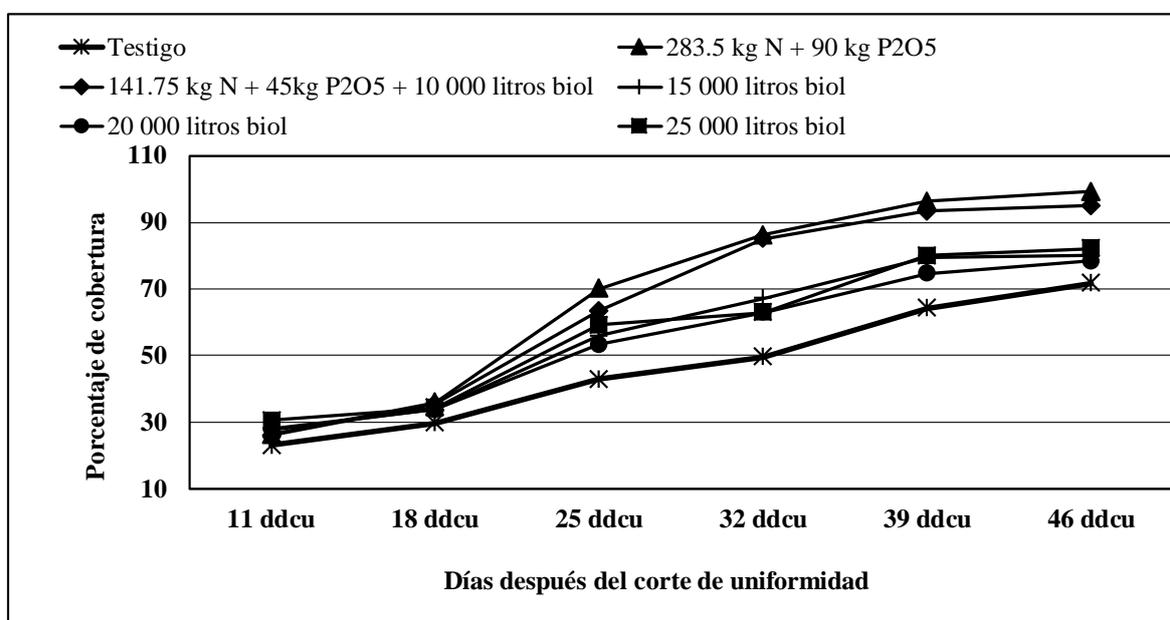


Figura 5. Porcentaje de cobertura en el cultivo del pasto Marandú, entre los 11 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

Según, Seijas (1989), “encontró que el porcentaje de cobertura del *Brachiaria brizantha* a las 4, 8, 12 semanas es de 25, 38, 40 % respectivamente” (Camasca, 2007). En un estudio realizado en Satipo, se encontró que la especie forrajera brizantha, presentó una cobertura de suelo de 92 % a las 12 semanas de establecida (Passoni et al., 1992). “Su cobertura casi total del suelo que se logra a las 8 semanas de establecida y su crecimiento agresivo, controlan eficazmente las malezas, reduciendo considerablemente el costo de mantenimiento y evitando la erosión del suelo” (CIAT, 1988).

5.2.2. Número de plantas por macollo

Miranda (2009), plantea que “la macolla es una forma de crecimiento de ciertas plantas, las cuales crecen ahijando prolíficamente, constituyen plantones aislados y es el conjunto de vástagos que nace de la base de un mismo pie, sobre todo de especies Poáceas. Esos vástagos al reproducirse en la base, lo hacen en forma de yemas que al iniciar su proceso de crecimiento constituyen lo que se conoce con el nombre de hijuelos.”

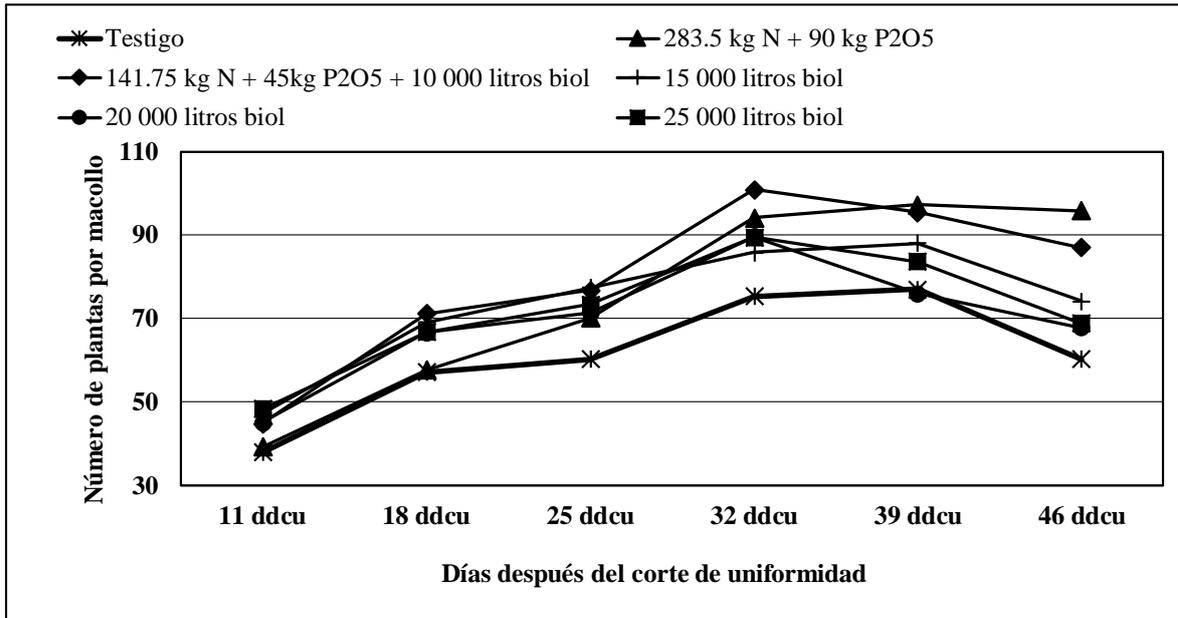


Figura 6. Número de plantas por macollo en el cultivo del pasto Marandú, entre los 11 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

En la Figura 6, se puede observar los resultados obtenidos para la variable número de tallos por macollo, donde el análisis estadístico realizado a los tratamientos mostró diferencia estadística. Los valores mayores se obtuvieron a los 32 ddcu con el tratamiento combinado (sintético más efluente biol) con promedio de 100.8 tallos por macollo, seguido por el tratamiento sintético con 94.1 tallos por macollo de promedio.

Pizango (2013) evaluó la siembra al voleo en el pasto Marandú en condiciones de la Amazonía Peruana y obtuvo valores de 29, 103.7 y 160 plantas por m² a los 28, 56 y 84 días de edad de la pastura.

5.2.3. Producción de materia seca (kg de MS ha⁻¹)

Según Marschner (2002) “la materia seca de las plantas está constituida por más del 90% en compuestos orgánicos como la celulosa, almidón, lípidos y proteínas, además en la composición mineral (Epstein y Bloom, 2005)”. Debido a esto, “la producción de la materia

seca total, el rendimiento biológico, es directamente relacionada con la fotosíntesis que depende, entre otros, de la presencia de hojas verdes” (Wild,1992).

INTA (2004) indica que la “Producción de *Brachiaria brizantha* cv Marandú puede oscilar entre los 8.000 y 10.000 kg de materia seca por hectárea y por año, dependiendo de la fertilidad del suelo y las precipitaciones”. Así mismo, en un estudio realizado por Villarreal y Brizuela en 1994 hace mención a que “El porcentaje de materia seca en la época de mínimas precipitaciones es de 26 % de MS de promedio” (Camasca, 2011).

Dentro de este contexto Peso (1982) menciona que:

“La digestibilidad aparente de un pasto, expresa la proporción en que se encuentran los nutrientes digestibles y su utilización con respecto al total del alimento ingerido por el animal. Una digestibilidad del 65% en un forraje indica un buen valor nutritivo y permite un consumo adecuado de energía en la mayoría de los animales” (Cuadra y Osejo, 2016, p.21).

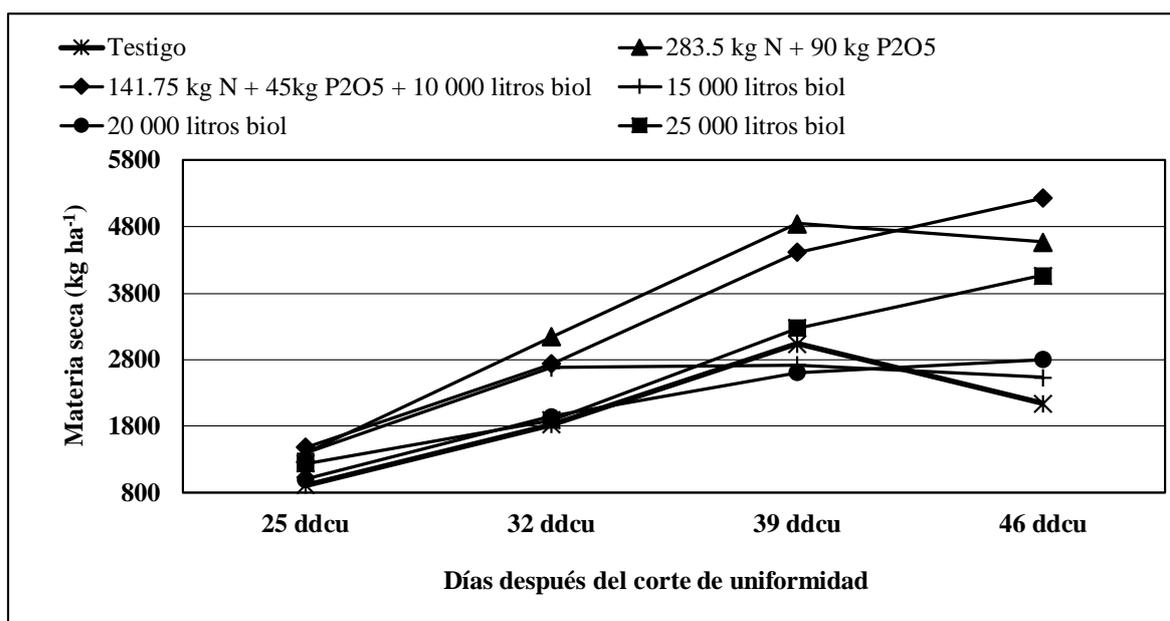


Figura 7. Producción de materia seca en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

El análisis estadístico para la variable de materia seca, mostró diferencia significativa entre los tratamientos, únicamente a los 32 y 46 ddcu, donde a los 32 ddcu el tratamiento con mayor producción fue la aplicación de solo fertilizante sintético (283.5 kg N+90 kg P₂O₅) con un rendimiento de 3,456.4 kg de MS/ha, seguido por el tratamiento combinado (141.75 kg N+ 45kg P₂O₅+10 000 litros biol) con un rendimiento de 2,739 kg de MS/ha. En el corte realizado a los 46 ddcu, el tratamiento que mostró mayor ventaja en producción fue el

tratamiento combinado, con un rendimiento de 5,227.2 kg de MS/ha, seguido del tratamiento con aplicación de solo fertilizante sintético, con un rendimiento de 4,570.8 kg de MS/ha.

Estos resultados son debido a la curva de crecimiento alcanzado y la producción de hojas funcionales que fotosintetizan y lo transforman en componentes orgánicos como carbohidratos, proteínas y fibras.

“En Guápiles (Costa Rica), Vallejos (1988), encontró una producción de 4.32 t/ha de MS cada seis semanas. Su rendimiento de biomasa seca por corte varían desde 600 a 1,500 kg/ha durante el período seco y entre 1,000 y 2,300 Kg. de MS ha⁻¹ en periodos de lluvias, cuando se cosecha a intervalos de 5 a 8 semanas” (Chota, 2019).

5.3.Variable de calidad nutricional del pasto

5.3.1. Proteína Cruda (PC) %

Según el Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura (INTAGRI, 2018) “la proteína cruda es uno de los componentes más variable en las pasturas, los factores que inciden sobre el valor nutritivo modificarán notoriamente el contenido de proteína, donde en las poaceas puede variar entre 3% en una poaceae tropical y muy madura hasta más de 30% en una pastura de clima templado.”

De acuerdo con el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2014) describe que *Brachiaria brizantha* produce entre 20 a 25 tha⁻¹ año⁻¹ de materia seca, con un contenido de proteína cruda entre 10 y 12 % .

Según Cowan y Lowe (1998) tradicionalmente la proteína cruda “ha sido el parámetro principal para medir la calidad de los forrajes tropicales. Los valores de proteína cruda han sido correlacionados consistentemente con medidas del contenido de energía disponible de los forrajes, tales como la digestibilidad de la materia seca y el contenido de fibra.”

En la figura 8, se pueden observar los resultados obtenidos con la variable proteína cruda donde a los 25 ddcu, la mayor cantidad de proteína cruda la presentó el tratamiento sintético (283.5 kg N+90 kg P₂O₅) con 22.39%, seguido por el tratamiento combinado (141.75 kg N+ 45kg P₂O₅+10 000 litros biol) con 19.06 %.

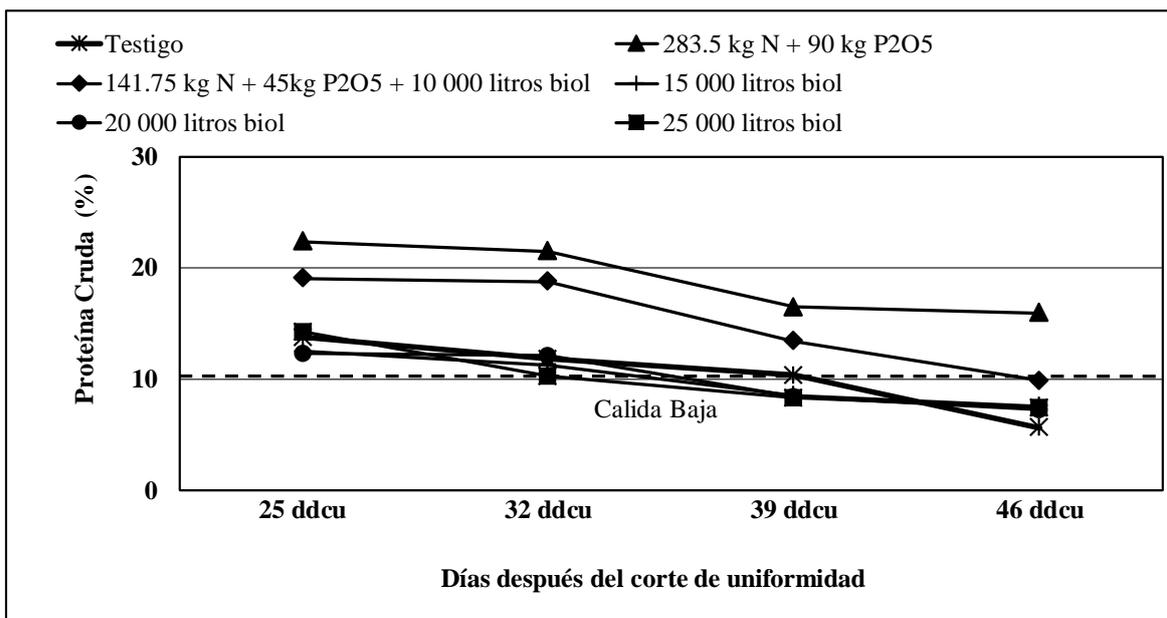


Figura 8. Proteína cruda (PC) % en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

Los pastos cosechados a temprana edad contienen alto contenido de proteína cruda, pero la disponibilidad de biomasa es baja, en tanto, pastos cosechados muy maduros producen bastante forraje, aunque de menor calidad, por lo tanto, es importante buscar un adecuado balance entre el rendimiento de forraje y la calidad nutritiva, que permitan una buena respuesta en la producción animal. Al envejecer la planta, disminuye el contenido de proteína, producido por la disminución de la actividad metabólica de los pastos a medida que avanza la edad de rebrote, con esta la síntesis de compuestos proteicos disminuye en comparación con los estadios más jóvenes (Rincón, 2008).

5.3.2. Fibra Detergente Neutro (FDN) %

Según Cruz y Sánchez (2000) la Fibra Detergente Neutro (FDN) “es una medida de la celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y sílica. De las diferentes fracciones de los alimentos y forrajes, la FDN es la que mide mejor la capacidad de los mismos de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal o sea con su capacidad de consumo de materia seca (MS)”.

En la Figura 9, se observan los resultados obtenidos en el experimento, en el cual la variable FDN mantuvo un rango aproximado de 60 % durante todo el ciclo. A los 39 ddcu los tratamientos que presentaron los mejores resultados fueron los de solo biol, ya que sus valores oscilaban en menos del 60 %.

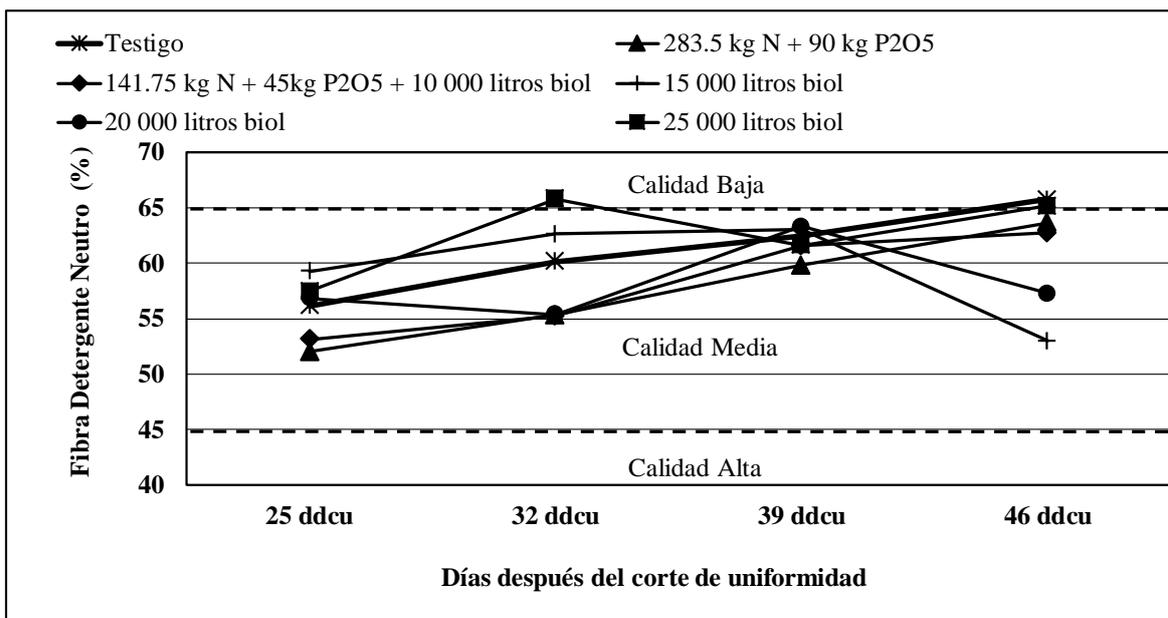


Figura 9. Fibra neutro detergente (FDN) % en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

En general, de acuerdo al valor crítico de 70 % superiores a este afectan la ingesta en los animales, el pasto Marandú en todos los tratamientos para todas las fechas de corte se comportan de buena calidad en este parámetro.

Lo que indica Chamberlain y Wilkinson (2002), que un contenido adecuado de FDN en los pastos de clima templado oscila entre 50 y 55% de FDN y en los de clima tropical entre 55 y 60%.

5.3.3. Fibra detergente ácida (FDA) %

Fibra Detergente Ácido (FDA) es la cuantificación de la celulosa y la lignina. A medida que el contenido de lignina aumenta la digestibilidad de la celulosa disminuye; por lo tanto, el contenido de FDA se correlaciona negativamente con la digestibilidad total del insumo evaluado. A mayor madurez del forraje mayor FDA se tendrá en las pasturas, lo que implica menor consumo voluntario de pasto por el animal (Meléndez, 2015).

En la Figura 10, se presentan los resultados obtenidos de la variable fibra detergente ácido, donde el tratamiento sintético (141.75 kg N+ 45kg P₂O₅+10 000 litros biol) a los 46 ddcu, obtuvo valores de 43.25 % de FAD, lo que indica que este tratamiento es el menos digerible ya que valores menores a 45% son valores medios de calidad, por lo que se puede mencionar

que este valor siendo superior a los distintos tratamientos que incluyen aplicaciones con biol es el menos digerible.

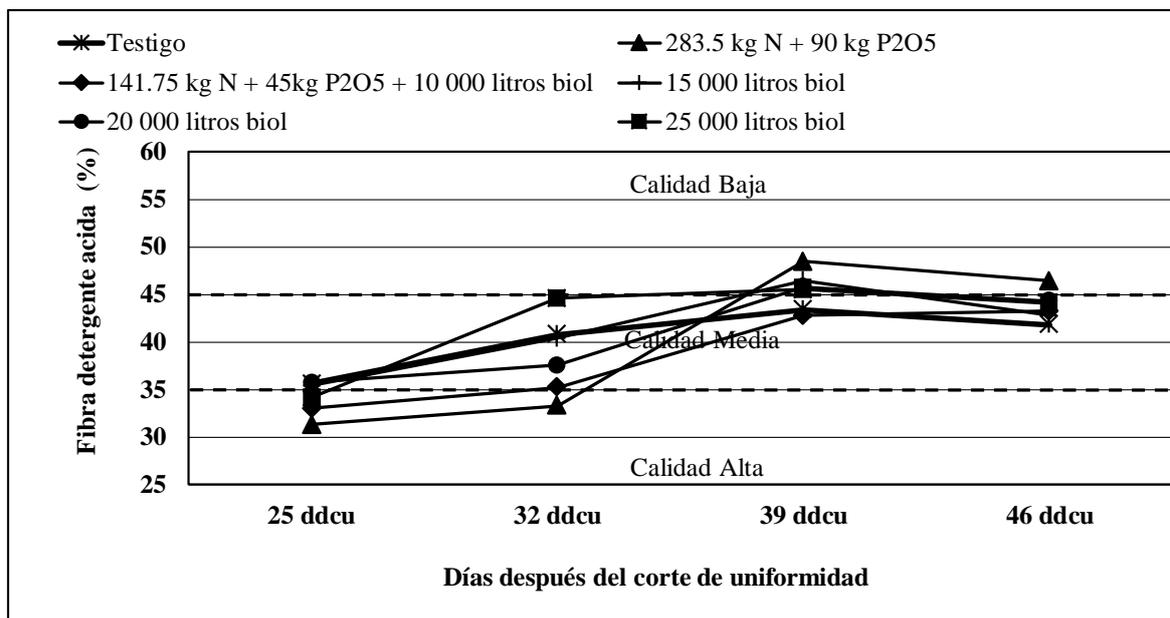


Figura 10. Fibra detergente ácido (FDA) % en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

4.1.4. Digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS)

La digestibilidad de la materia seca permite conocer la proporción del alimento ingerido que no aparece en las heces y que se considera que es utilizable por el animal tras la absorción en el tracto digestivo (INTA, 2019).

Según el Instituto Nacional Tecnológico (INATEC, 2016) define que el pasto *B. brizantha* Cv. Marandú presenta un rango de 55 a 70% de digestibilidad in vitro de la materia seca.

Los resultados del análisis de la digestibilidad en función de la edad de rebrote (figura 11) se muestra que ninguno de los tratamientos se encuentra en el rango del 70%, de acuerdo con la clasificación en relación a las calidades de las pasturas según su grado de Digestibilidad in vitro de materia seca, se señalan que valores superiores a 70% se consideran de calidad alta, de 55 a 70 % de calidad media y los menores de 55% de calidad baja.

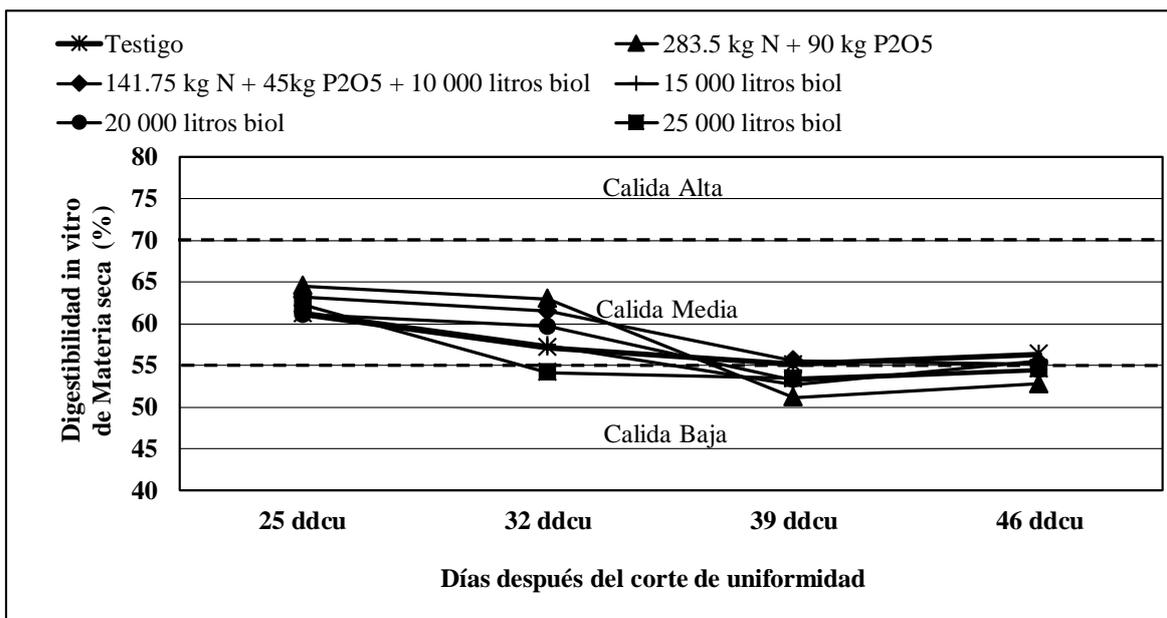


Figura 11. Digestibilidad in vitro (DIVMS) en el cultivo del pasto Marandú, entre los 25 y 46 días después del corte de uniformidad, finca El Plantel 2018.

“Independientemente de la metodología utilizada para evaluar la calidad, se considera que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de digestibilidad in Vitro de la materia seca (DIVMS), menos de 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más de 15% de proteína bruta (PB). Por lo contrario, en uno de baja calidad la DIVMS disminuye a menos del 50%, la FDN sube a más del 65% y la PB baja a menos del 8%”, donde esto es fundamentado por (Di Marco, 2011).

5.4. Análisis económico

5.4.1. Análisis de presupuesto parcial

Para la realización del análisis económico a partir de datos agronómicos se aplicó la metodología propuesta por el CIMMYT (1988), en la que se organizan los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos.

En base a esto, los tratamientos alternativos el presente caso son todos lo que se incluyeron insumos ya sea fertilizantes sintéticos o la aplicación de biol, todos con respecto al tratamiento sin fertilización que viene a ser el tradicional.

Cuadro 6. Presupuesto parcial, fertilización con biol y sintético en pasto Marandú, finca El Plantel Masaya 2018

Indicadores	Tratamientos					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Rendimiento de materia seca en kg ha ⁻¹	3039.70	4851.000	4414.500	2721.40	2609.90	3271.400
Rendimiento ajustado al 10 % en kg ha ⁻¹	2735.73	4365.90	3973.05	2449.26	2348.91	2944.26
Precio C\$ kg ⁻¹	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Beneficio bruto en C\$ ha ⁻¹	13678.65	21829.50	19865.25	12246.30	11744.55	14721.30
Costo de fertilizantes en C\$ ha ⁻¹	0.00	10725.50	5759.50	600.00	800.00	1000.00
Costo de aplicación de fertilizantes en C\$ ha ⁻¹	0.00	1770.00	2885.00	3000.00	4000.00	5000.00
Costo Totales que varían en ha ⁻¹	0.00	12495.50	8644.50	3600.00	4800.00	6000.00
Beneficio neto C\$ ha ⁻¹	13678.65	9334.00	11220.75	8646.30	6944.55	8721.30
Relación beneficio costo		0.75	1.30	2.40	1.45	1.45

Los rendimientos fueron ajustados al 90%, considerando un 10 % de diferencia entre el rendimiento experimental y lo que el agricultor puede obtener en sus campos. Estos se multiplicaron por C\$ 5 (precio del kg del pasto), el cual puede variar por factores productivos y demanda del mercado.

En el análisis de presupuesto parcial, muestra que los mayores rendimientos ya ajustados los presentan los tratamientos T₂ con 4 365.90 kg ha⁻¹ y el T₃ con 3 973.05 kg ha⁻¹, los tratamientos con menores costos variables fueron el T₁ con 0.00 C\$ ha⁻¹ y el T₄ con 3 600.00 C\$ ha⁻¹ (Cuadro 6). Los tratamientos que mostraron mayores beneficios netos fueron el T₁ con 13 678.65 C\$ ha⁻¹ y el T₃ con 11 220.75 C\$ ha⁻¹. La mayor relación beneficio costo la obtuvo el T₄ con C\$ 2.40 que significa que por cada córdoba invertido se obtiene una ganancia de 2.40 C\$, seguido por los tratamientos solo biol.

Reginfo (2014), menciona que “el biol es un abono liquido fermentado, fuente de fitorreguladores que, a diferencia de los fertilizantes sintéticos, en pequeñas cantidades es capaz de proveer actividades agronómicas como: enraizamiento, puesto que aumenta y fortalece el sistema radicular; la acción sobre el follaje, que es la de ampliar la base foliar; mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas en conclusión aumenta considerablemente la cosecha”.

Los tratamientos con solo biol se aproximaron a los rendimientos de fertilización sintética (18-46-0) y combinado (18-46-0 más efluente biol), los costos totales que varían son mucho mayores haciendo que al final los tratamientos de solo biol obtuvieran las relaciones beneficio-costo mayores ya que los costos totales que varían en los tratamientos con biol son menores a los sintéticos y combinados.

Los tratamientos con solo biol, deben considerarse una estrategia alternativa en la fertilización en el pasto Marandú, ya que económicamente superan a los tratamientos sintéticos y combinados, por otro lado, es importante mencionar las diferentes cualidades biológicas que están presentes en el biol.

VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se llegan a las siguientes conclusiones:

El pasto Marandú responde a las aplicaciones de fertilizante sintético (T₂) y combinado (T₃) en las variables: altura de planta, plantas por macollo y cobertura de pasto, con valores promedios mayores para T₂ y T₃ fueron de 49.22cm y 45.46 cm en altura de planta, 95.87 y 87.07 en plantas por macollo y de 99.17 % y 95.00 % en cobertura de pasto respectivamente y estadísticamente significativos con respecto al resto de los tratamientos.

La mayor producción de materia seca que se obtuvo para el T₃ a los 45 ddcu fue de 5 227.2 kg ha⁻¹, siendo este diferente estadísticamente y superior al resto de los tratamientos seguido del T₂ y T₆ produciendo 4 570.8 kg ha⁻¹ y 4 067.7 kg ha⁻¹ respectivamente.

Al comparar los valores de Proteína Cruda (PC) el T₂ a los 39 y 46 ddcu presentó valores de buena calidad superiores al 15 %, seguido del T₃ el cual este mostró valores situados dentro del rango de buena calidad mayor al 10 % a los 39 ddcu.

De acuerdo a los valores de FDN se obtiene a los 39 ddcu el T₂ presentó el mejor resultado ubicado dentro del rango de calidad media (45% a 65%) con un 59.82%, seguido del T₃ y T₆ con 61.58 y 61.61% respectivamente. Con respecto a FDA se observó que a los 39 ddcu el T₃ fue el que mostró mejor resultado siendo de 42.8%, ubicándose dentro del rango de calidad media (35% a 45%) seguido del T₁ con 43.39%.

De acuerdo a la digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) el mejor valor se presentó en el T₃ a los 39 ddcu, con un valor de 55.55%, ubicado dentro del rango de calidad media (55% a 70%) seguido del T₁ con un resultado del 55.09%.

El análisis económico realizado determina que la mejor relación beneficio costo se obtuvo con el tratamiento T₄ alcanzando un valor de 2.40, seguido de T₅ y T₆ con valor de 1.45 respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones presentadas anteriormente se recomienda:

Se recomienda utilizar el T₃ donde el pasto sea utilizado como corte o pastoreo a los 39 ddcu, debido a que a esta edad presentó mejor desempeño de acuerdo a parámetros de calidad y producción.

Utilizar el tratamiento combinado (T₃) como fuente de fertilizante para el pasto Marandú.

Se recomienda la búsqueda de nuevas formas de aplicación, como en biosólido al suelo que tenga la mayor eficiencia para reducir los costos de mano de obra en su aplicación.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alvarado Figueroa, W. E., y Medal Garrido, R. A. (2018). *Efecto del Biol como fertilizante orgánico en tres cultivares de Pennisetum purpureum Juigalpa, Chontales, Nicaragua, 2015 – 2016*. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/3783/1/tnf04a472e.pdf>
- Arroniz Díaz, V. (s.f). *Descripción y adaptación de forrajes*. Recuperado de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/brochure_victoria.pdf
- Baca Castellón, L. (2015). *Usan desechos para elevar rendimiento*. Recuperado de <http://www.laprensa.com.ni/2015/12/21/economia/1957639-usan-desechos-para-elevar-rendimiento>
- Bruni M., y Chilibroste P. (2001). Simulación de la digestión ruminal por el método de la producción de gas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 9, pp 43-51.
- Campabadal, C. (2000). *Potencial para la producción de leche a base de forrajes*. Asociación Americana de Soya. Mimeografiado. 11 p.
- Cárdenas Moraga, M J., y Hondoy Lopez, D.A. (2017). *Efecto de biol como fertilizante orgánico entre cultivares de Pennisetum purpureum El Coral - Chontales, Nicaragua*, (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Carrero M., J. A. (2012). Obtención y evaluación del pasto Brachiaria brizantha cv. Xaraes, Wordpress. Recuperado de <https://buenaproduccionanimal.wordpress.com/2012/03/16/obtencion-y-evaluacion-del-pasto-brachiaria-brizantha-cv-xaraes/>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1988). Establecimiento y Renovación de Pasturas Memorias: V. Reunión del Comité (núm. 178). Veracruz, México
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo. (1988). Un manual metodológico de evaluación económica: La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- Chamberlain, A. y Wilkinson, J. (2002). Alimentación de la vaca lechera. ACRIBIA. Zaragoza, España.
- Cowan, R., y Lowe, K. (1998). Tropical and Subtropical Grass Management and Quality. IN: Grass for Dairy Cattle., J. H. Cherney & D. J. R. Cherney. (Eds), *CABI Publishing* (101-135). Oxon OX10 8DE. UK.
- Cruz, marcela., y Sánchez, M. (2000). La fibra en la alimentación del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical*, 6(1). Recuperado de http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista/la_fibra_en_la_alimentacion_delgado_lechero.pdf
- Cuadra Gutiérrez, W. E., y Osejo Alvarado, R. J. (2016). *Evaluación agronómica y de calidad de 15 híbridos de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweick en la zona húmeda de Camoapa-Boaco, Nicaragua* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/3356/1/tnf30c961.pdf>

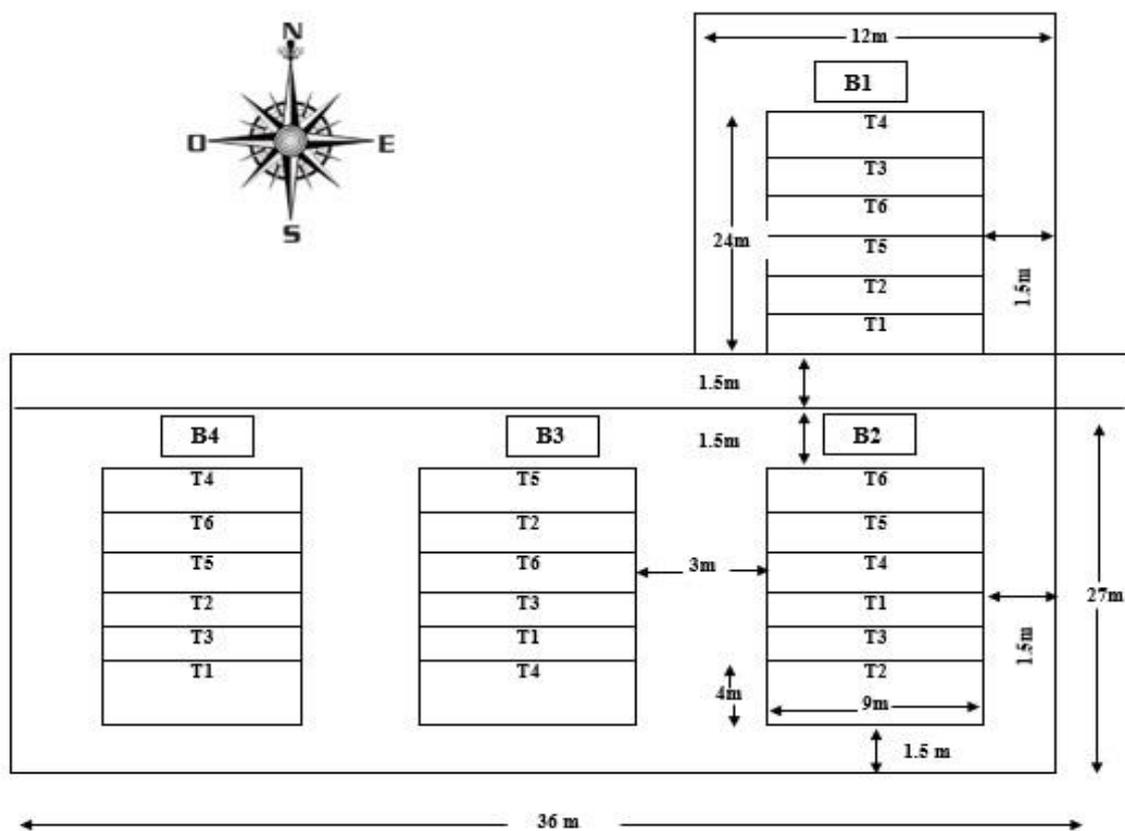
- Di Marco, O. (2011). Composición de los alimentos y requerimientos de los animales. *Estimación de calidad de los forrajes*. Recuperado de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/estimacion-calidad-forrajes-t29621.htm>
- Epstein, E. y Bloom, A. (2005). Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Forratec (2015). Forrajes de calidad. Recuperado de <https://www.agritotal.com/nota/forrajes-de-calidad/>
- Fulkerson, W. J., y Lowe, K. F. (2002). Grazing Management. Forages and Pastures (pp. 1142-1149).
- Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. (2007). *Biblioteca Agroecología*. Recuperado de <http://www.fundesyam.info/biblioteca.php?id=1775>
- Hernández Guzmán, S. (2010). Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. Morelia, Michoacan.
- Instituto Nacional Tecnológico. (2016). Manual del protagonista: pastos y forrajes. Recuperado de [https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual de Pastos y Forrajes.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual%20de%20Pastos%20y%20Forrajes.pdf)
- Instituto Nacional Tecnológico Agropecuario. (2004) *Brachiaria Brizantha* Cv Marandu. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/35-brachiaria_brizantha_cv_marandu.pdf
- Instituto Nacional de Investigación Agraria. (2008). *Produccion y Uso del Biol*, 11.(2014). *Pasto Marandu*. 3 p.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2019). Análisis de laboratorio: Análisis de digestibilidad de forrajes. Recuperado de <https://inta.gob.ar/servicios/analisis-de-digestibilidad-de-forrajes>
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. (2018). *Valor Nutritivo de los Forrajes y su Relación con la Nutrición Proteica de Rumiantes*. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/valor-nutritivo-de-los-forrajes-y-su-relacion-con-la-nutricion-proteica>
- International Plant Nutrition Institute. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. Recuperado de http://www.academia.edu/6676325/MANUAL_DE_NUTRICION_Y_FERTILIZACION_DE_PASTOS
- Izquierdo D. N., y Priego Vidal, J. (2010). *Análisis de la digestibilidad in vitro*. Tabasco.
- Laguna García, E. A. y Cruz, Torres, B. A. (2016). *Diagnóstico del uso y manejo del Biol en fincas ganaderas de la zona húmeda de Nicaragua, julio 2015-enero 2016* (tesis de pregrado). Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. 44 p.

- Maas A. (1992). Respuesta del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. mott) a diferentes intensidades y frecuencias de pastoreo en el trópico húmedo (guápiles) de costa rica. (Report n°34). Recuperado de https://books.google.com.ni/books?id=sM8OAQAAIAAJ&pg=PA2&lpg=PA2&dq=%3Drelacion+hojas++tallo+de+pastos+de+corte&source=bl&ots=pMT5oFEhN&sig=hh8jSBskwVe_y9vFDLzYnaHnpQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiR6bKQZjWAhXDRCYKHb9BAtcQ6AEIWTAL#v=onepage&q=relacion%20hojas%20%20tallo%20de%20pastos%20de%20corte&f=true
- Marschner, H. (2002). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Londres.
- Martínez, F. (2016). El biol nicaragüense. Managua, Nicaragua.
- Meléndez, P. (2015). Las bases para entender un análisis nutricional de alimentos y su nomenclatura. *El Mercurio*. Recuperado de <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2015/10/21/Las-bases-para-entender-un-analisis-nutricional-de-alimentos-y-su-nomenclatura.aspx>
- Mendieta, B., y Reyes Sánchez, N. (2000). *Determinación del Valor Nutritivo de los Alimentos*. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/3125/1/nq04r457.pdf>.
- Min, D. (2011). What Is NDF Digestibility And Why Is It Important In Dairy Nutritio. Research and Extension Forage Specialist, MSU. http://agbioresearch.msu.edu/uprc/forage_research/NDF_digestibility.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, (2013). *Comunidad la Wantza se instruye de la importancia y elaboración de abonos orgánicos*. Recuperado de <https://www.agricultura.gob.ec/comunidad-la-wantza-se-instruye-de-la-importancia-y-elaboracion-de-abonos-organicos/>
- Miranda Z, H.A. (2009). *Adaptación y productividad de seis gramíneas forrajeras en Puerto Diaz, Chontales, Nicaragua, 2007*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Olivera, Y., Machado, R., y del Poza, P. (2006). *Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes*. La Habana.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Manual de biogás*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
- Passoni, F., Rosemberg M. y Flores, A. (1992). Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Satipo, Perú. *Pasturas Tropicales*. 14 (1), 32-35 p.
- Pizango D., E. A. (2013). *Influencia de tres métodos de siembra, tacarpo, voleo y esqueje, en la fase de establecimiento de la especie forrajera Brachiaria brizantha cv. Marandú, en Trópico Húmedo – Yurimaguas*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Yurimaguas, Loreto, Perú.
- Rengifo Rios, E. (2014). *Efecto de cinco (5) dosis de abono organico foliar (Biol.), sobre las características agronomicas del pasto brachiaria (Brachiaria brizantha) cv. Marandu. en el fundo de Zungarococha*”. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos-Peru.
- Restrepo, Rivera, J. (2007). *Manual práctico; El A, B, C, de la agricultura orgánica y harina de rocas*. 1ª ed. Managua, Nicaragua. 262 p.

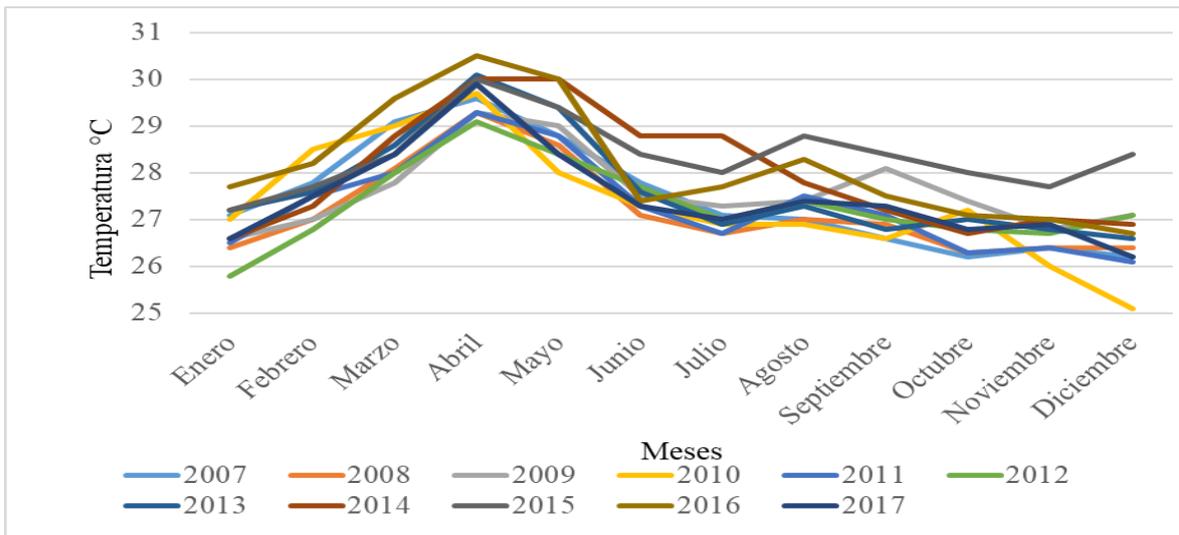
- Reuss, S., (2001). *Enhanced Forage Evaluation: NDF Digestibility Marinette County in Technology*. UW-Extension, Marinette County. Recuperado de: <http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/ReussNDF.pdf>
- Reyes Sanchez, N., y Mendieta A., B. (2000). *Determinación del valor nutritivo de los alimentos*. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/3125/1/nq04r457.pdf>
- Rincón Castillo, A., Ligarreto Moreno, G. A., y Garay, E. (2008). Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. amargo y *Brachiaria brizantha* cv. toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero Colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(1). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a10v61n1.pdf>
- Romero A F., y Pereda Reyes, I. (2012). Biofertilizantes a partir de residuos agrícolas. *Eco Solar*, (49) 68-87 Recuperado de: <http://www.cubasolar.cu/wp-content/uploads/2019/02/ecosolar49.pdf>
- United States Department of Agriculture, (2015). *Pastos y forrajes*. Recuperado de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/70087/Manual_pastos_y_forrajes_CRS_USDA_CIAT_2015.pdf?sequence=5&isAllowed=
- Warnars, L. y Oppenoorth, H. (2014). *El biol: el fertilizante supremo: estudio sobre el Biol, sus usos y resultados*. Recuperado de https://www.hivos.org/sites/default/files/publications/estudio_sobre_el_biol_sus_usos_y_resultados.pdf.
- Wild, A. (1992). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

IX. ANEXOS

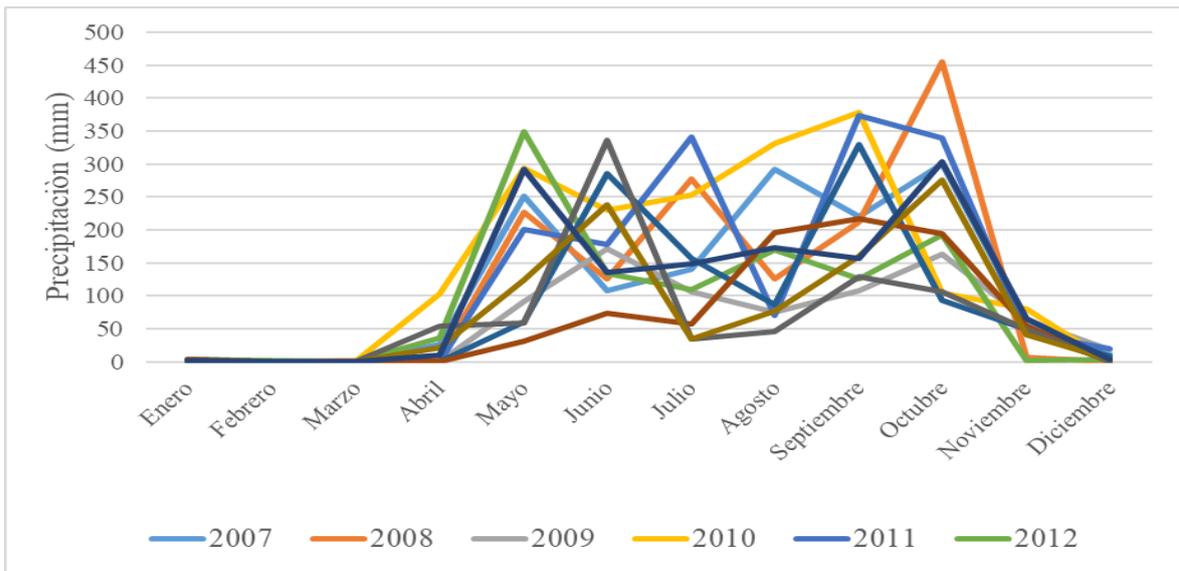
Anexo 1. Plano de campo del experimento, finca El Plantel, Masaya 2018.



Anexo 2. Figura de las temperaturas de la Finca El Plantel, Masaya 2017-2018.



Anexo 3. Figura de las precipitaciones de la Finca El Plantel, Masaya 2017-2018.



Anexo 4. Docente investigador Ing. Norland Méndez, realizando medición de variables morfo estructurales.



Anexo 5. Pasto Marandú, Finca EL Plantel, Masaya 2018.



Anexo 6. Tesistas y docente en medición de variables de crecimiento.



Anexo 7. Peso del pasto para determinar rendimiento en kg de MS ha⁻¹.

