

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALGASOIL® SOBRE EL
RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL KIKUYO
(*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) EN PALMIRA,
ZARCERO, ALAJUELA, COSTA RICA**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como
requisito para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

ROBERTO ANTONIO AGUILAR RODRÍGUEZ



2017

Carrera de Ingeniería en Agronomía
Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos
2005-2018

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ALGASOIL® SOBRE EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) EN PALMIRA, ZARCERO, ALAJUELA, COSTA RICA

ROBERTO ANTONIO AGUILAR RODRÍGUEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

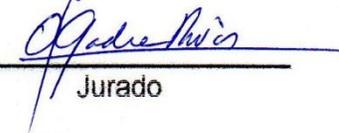
Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey; M.Sc.


Asesor Principal

Ing. Agr. Víctor Enrique Quesada Bolaños; Lic


Asesor Externo

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas; M.Sc.


Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez; MGA


Coordinadora
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey; M.Sc.


Director
Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por ser el conductor de mi vida, por permitirme concluir satisfactoriamente mis estudios de licenciatura.

A mi Madre por ser la luz de mi vida, por su amor, por su apoyo incondicional, por ayudarme a ser el hombre que soy.

A mis Tíos por ser ejemplo de hombres trabajadores y honrados.

A los Productores de leche, que trabajan incansablemente día a día para producir nuestros alimentos, sin ellos esta investigación no tendría sentido.

AGRADECIMIENTO

A don Luis Alberto Camero Rey, por su guía y formación durante mi etapa como estudiante de Agronomía. Su apoyo y asesoría fueron invaluable para la elaboración de este trabajo de investigación.

A don Arnoldo Gadea Rivas, por su ayuda y consejo en la realización de esta pesquisa.

Al señor Víctor Enrique Quesada Bolaños, por su apoyo, colaboración y asesoría durante esta investigación.

Al personal administrativo, profesores y colaboradores de la escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por la orientación proporcionada durante la etapa de estudios.

A la profesora Ana Marlen Camacho Calvo, por su apoyo, colaboración, consejos durante la etapa de estudios.

A los señores Alonso Solís Barrantes y José Elizondo Villalobos, por su contribución al elegir el tema para este proyecto.

A mis amigos y compañeros durante esta etapa de estudios, Jaime Gómez, Carlos Sandí, Alejandro Herrera, Ronny Castro, Eduardo Fuentes.

A Nancy Vargas Salas, por su apoyo, colaboración durante esta investigación.

A los propietarios de la finca El Encino, don Claudio Blanco Cubillo, Andrea Blanco Porras y Wagner Salazar Madriz, por abrirme las puertas y brindarme su apoyo durante esta investigación.

A los señores Didier Rodríguez González y David Rodríguez Jiménez por confiar en mi persona para realizar este estudio.

Al personal técnico del laboratorio de análisis y control de calidad de la Cooperativa de Productores de leche Dos Pinos RL.

A los señores de asesoría técnica de la Cooperativa de Productores de leche Dos Pinos R.L.

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
CONTENIDO.....	V
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General.	2
1.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Hipótesis	3
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades del Kikuyo	4
2.2. Descripción taxonómica	4
2.3. Descripción botánica.....	5
2.4. Descripción morfológica	5
2.4.1. Tallo	5
2.4.2. Hojas.....	5
2.4.3. Raíz.....	6
2.4.4. Espiguilla/Flores	6
2.4.5. Inflorescencia	6
2.5. Establecimiento.....	6
2.5.1. Establecimiento por estolones.....	6
2.6. Calidad nutricional de las plantas forrajeras.	7
2.6.1. Materia seca.....	7
2.6.2. Carbohidratos.....	7
2.6.3. Proteínas.....	8
2.6.4. Fibra Ácido Detergente (FAD)	8
2.6.5. Fibra Neutra Detergente (FND)	8
2.6.6. Cenizas	9
2.6.7. Extracto etéreo	9
2.6.8. Lignina.....	10

2.7. Respuesta de los pastos a la fertilización.....	10
2.8. Producción de forraje (Kg MS Ha ⁻¹).....	12
2.9. Costos de producción de <i>Pennisetum clandestinum</i>	13
2.10. Generalidades de Algasoil®.....	13
2.10.1. Composición.....	13
2.10.2. Extracto de algas.....	14
2.10.2.1. Sargassum	14
2.10.2.2. Laminaria	14
2.10.2.3. Cianofitas	15
2.10.2.4. <i>Ascophyllum nodosum</i>	15
2.11. Fitohormonas, reguladores de crecimiento.....	16
2.11.1. Efecto de las fitohormonas	16
2.11.1.1. Auxinas	16
2.11.1.2. Citocininas.....	17
2.11.1.3. Giberelinas	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Localización del estudio	19
3.2 Periodo del experimento	19
3.3 Material experimental	19
3.3.1 Cultivo	19
3.3.2 Producto.....	19
3.4 Descripción de tratamientos.....	20
3.5 Método de aplicación	20
3.6 Variables de respuesta a estudiar	20
3.6.1 Producción de materia seca	20
3.6.2 Valor nutricional.....	21
3.6.2.1 Porcentaje de materia seca	21
3.6.2.2 Proteína cruda	21
3.6.2.3 Fibra Ácido Detergente (FAD).....	21
3.6.2.4 Fibra Neutro Detergente (FND).....	22
3.6.2.5 Cenizas	22
3.6.2.6 Extracto etéreo	22
3.6.2.7 Lignina.....	23

3.6.3 Costos de producción.....	23
3.7 Muestreo (manejo del ensayo).....	23
3.8 Toma de datos	24
3.9 Descripción del área experimental y de las unidades experimentales	24
3.10 Diseño experimental y de muestreo	26
3.11 Análisis de datos	26
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1 Producción de biomasa materia seca.....	27
4.2 Valor nutricional	29
4.2.1 Cenizas.	29
4.2.2 Extracto etéreo	31
4.2.3 Fibra Ácido Detergente (FAD)	33
4.2.4 Fibra Neutro Detergente (FND)	34
4.2.5 Lignina.....	36
4.3 Análisis económico	39
4.4 Consideraciones generales.....	40
4.4.1 Producción de leche, costo de fertilización e ingreso por venta de leche.....	40
4.4.2 Producción de forraje por hectárea y total en la finca	41
4.4.3 Consideración para aumento en producción de leche en la finca como propuesta al aumento en la producción de forraje.	41
5 CONCLUSIONES	45
6 RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	56

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Valores para la Producción de materia seca (Kg MS Ha ⁻¹) de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.	27
2	Valores para la Ceniza (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.	29
3	Valores para el Extracto etéreo (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017	31
4	Valores para la Fibra Ácido Detergente (% FAD) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.....	33
5	Valores para la Fibra Neutro Detergente (% FND) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.....	34
6	Valores para la Lignina (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017	36

7	Valores para la Proteína Cruda (% PC) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017	38
8	Costos de fertilización por tratamientos y total para la finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.....	40
9	Producción de leche y costo de fertilización con el tratamiento testigo en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.....	40
10	Producción de forraje en cada tratamiento evaluado en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.....	41
11	Producción total de leche y forraje por año en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.....	42
12	Proyecto de producción de leche (Litros leche año ⁻¹) e ingresos (¢) a partir del uso de Algasoil en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017	43
13	Proyecto de ingresos por propuesta de venta de excedente de forraje producido en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.	44

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Descripción del área experimental y de las unidades experimentales en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.	25
2	Descripción del área experimental en vista aérea en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.....	25
3	Materia Seca por hectárea (Kg MS Ha ⁻¹) de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017	27
4	Valores para la Ceniza (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.	29
5	Valores para el Extracto Etéreo (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.	31
6	Valores para la Fibra Ácido Detergente (% FAD) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.....	33
7	Contenido de Fibra Neutro Detergente (% FND) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017	35

8	Valores para la Lignina (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcerro, Costa Rica, 2016-2017.	37
9	Valores para la Proteína Cruda (% PC) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcerro, Costa Rica, 2016-2017.	38

RESUMEN

Aguilar, R. 2017. Efectos de la aplicación de Algasoil® sobre el rendimiento y valor nutricional del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) en Palmira, Zarcero, Alajuela Costa Rica.

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto del fertilizante comercial Algasoil® sobre la producción y el valor nutricional del forraje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) y su factibilidad económica en el sistema de producción de leche en la finca El Encino, propiedad de la familia Blanco Porras, situada en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica, ubicada a 10° 12' 01.5" latitud norte y 84° 22' 57.4" longitud oeste, a una altura de 1980 msnm, con una precipitación promedio anual de 2735 mm, una temperatura promedio mensual de 17.3°C y un 80% de humedad relativa.

En la misma, se llevaron a cabo cuatro tratamientos: el tratamiento 1 (manejo de finca 113 kg de urea Ha⁻¹); el tratamiento 2 (manejo de finca 113 kg de urea Ha⁻¹ + 75 Kg de Algasoil® Ha⁻¹); el tratamiento 3 (manejo de finca 113 kg de urea Ha⁻¹ + 50 Kg de Algasoil® Ha⁻¹) y el tratamiento 4 (manejo de finca 113 kg de urea Ha⁻¹ + 25 Kg de Algasoil® Ha⁻¹). Los tratamientos fueron aplicados al voleo tres días posteriores a cada ciclo de pastoreo (1 día de ocupación y 31 de descanso). Para la producción de materia seca, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con Algasoil® y el Testigo (3.427, 4.646, 4.486 y 4.179 kg MS Ha⁻¹, para los cuatro tratamientos respectivamente). En cuanto al valor nutricional de la materia seca, no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables evaluadas (cenizas 10,36%; extracto etéreo 3,02%; FND 54%, FAD 28%; lignina 1,99% y PC 24,4%). Los costos de fertilización fueron mayores al Testigo a medida que se incrementaba el nivel de aplicación del Algasoil® (29.907; 79.790; 63.149 y 46.528 colones Ha⁻¹, para los cuatro tratamientos respectivamente).

Palabras clave: Kikuyo, Materia Seca, Algasoil®, Valor Nutricional.

ABSTRACT

Aguilar, R. 2017. Effects of the application of Algasoil® on the efficacy and nutritional value of the kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) In Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

The present work was conducted with the objective of evaluating the effect of the commercial fertilizer Algasoil® on the production and nutritional value of kikuyo forage (*Pennisetum clandestinum* Hoechst, Ex Chiov.) and its economic feasibility in the dairy cattle production system in the El Encino farm. The “El Encino” farm is owned by the Blanco Porras family. The farm is located in Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica, located at 10 ° 12 '01.5 "north latitude and 84 ° 22' 57.4" west longitude, at a altitude of 1980 m. The farm receives an average annual precipitation of 2735 mm and has an average monthly temperature of 17.3 ° C and 80% relative humidity.

In this project, four treatments were carried out: treatment 1 (farm management 113 kg of urea Ha⁻¹); treatment 2 (farm management 113 kg of urea Ha⁻¹ + 75 kg of Algasoil® Ha⁻¹); treatment 3 (farm management 113 kg of urea Ha⁻¹ + 50 kg of Algasoil® Ha⁻¹) and treatment 4 (farm management 113 kg of urea Ha⁻¹ + 25 kg of Algasoil® Ha⁻¹). All treatments were applied by hand three days after each grazing cycle (1 day of grazing followed by 31 of rest). For the dry matter production, significant differences were found between treatments with Algasoil® and the control (3,427, 4,646, 4,486 and 4,179 kg MS Ha⁻¹, for one through four treatments respectively). No significant differences in the value of the dry matter were found between treatments for any of the evaluated variables (ash 10.36%, ethereal extract 3.02%, FND 54%, FAD 28%, lignin 1.99% and PC 24.4%). Fertilization costs were higher for the control treatment as the application level of Algasoil® increased (costs were 29.907, 79.790, 63.149 and 46.528 colones Ha⁻¹ respectively for treatments one through four).

Key words: kikuyo, dry matter, Algasoil®, nutritional value

1. INTRODUCCIÓN

El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst. Ex Chiov.), se ha constituido en la base de la alimentación de los sistemas de producción lechera de altura en Costa Rica, dadas sus características especiales de crecimiento que lo hacen sumamente agresivo ante la invasión de otros pastos (Fukumoto & Lee 2003). Es considerado como un pasto resistente al pisoteo, y, además, tiene una respuesta favorable a la fertilización (Miles *et al.* 2000), (Mila & Corredor 2004).

En Costa Rica los productores lecheros hacen una considerable inversión en las pasturas, ya que estas son el principal insumo en la producción. Dicha inversión significa un alto costo de producción, por ende, disminuye considerablemente su rentabilidad y las posibilidades de competir en el mercado globalizado de hoy.

Para Tauer & Mishra (2006), un sistema de producción láctea a base de pastoreo exitoso es aquel que reduce los costos de producción de una manera eficiente, sin embargo, para algunas unidades productivas el pastoreo es todo un reto, por la estructura de costos que manejan en dicha unidad productiva. Normalmente, en los estudios de los sistemas pastoriles utilizados en Costa Rica, es común que se omita la sección económica de los mismos, lo que conlleva errores en el análisis de rentabilidad de la operación.

De acuerdo con el recurso limitante para la unidad productiva, así se mide la rentabilidad de la misma, que sería la cantidad de animales que se puede manejar en dicha unidad o área disponible (Tozer *et al.* 2004).

Existe una relación directamente proporcional entre la disponibilidad de biomasa y la carga animal en el repasto. Esta relación es sumamente importante ya que ella brinda la información sobre la cantidad de biomasa, y de esta forma saber si la carga animal que se está manejando es la adecuada para el área utilizada. Con ello sabemos que tan eficiente es el uso de las pasturas.

Debido a las condiciones climáticas presentes en Costa Rica, que no sufren cambios abruptos en ellas y cuenta con precipitaciones durante todo el año, es que la producción de forraje es perenne si es bien manejada. Dado lo anterior, el pastoreo es posible durante todo el año, no así en otros lugares del planeta donde las condiciones climáticas no lo permiten (Janzen 1991). Es de vital importancia que cada zona productora evalúe las condiciones que se le presentan, para con ello implementar el sistema de producción más conveniente.

Con el objetivo de buscar una mejora en la producción de forraje en la zona alta de Zarcero, Alajuela, se desarrolló el siguiente trabajo de investigación que evalúa el efecto de Algasoil® (fertilizante a base de algas marinas) sobre la producción de biomasa y valor nutricional de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

1.1. Objetivo General

El objetivo general que servirá de guía holística en la presente investigación es:

- Evaluar el efecto de Algasoil® sobre el rendimiento, valor nutricional y la factibilidad económica en pasturas de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) dentro de un sistema de producción lechero en Palmira, Zarcero, Alajuela.

1.2. Objetivos Específicos

Los objetivos que se proyectan para limitar la investigación en metas específicas son:

- Determinar el efecto de Algasoil® sobre la producción (Kg MS Ha⁻¹) del forraje Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), dentro de un sistema de producción lechero en Palmira, Zarcero, Alajuela.

- Evaluar la influencia de Algasoil® sobre el valor nutricional del Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), dentro de un sistema de producción lechero en Palmira, Zarceró, Alajuela.
- Determinar los costos de la utilización de Algasoil® sobre el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), dentro de un sistema de producción lechero en Palmira, Zarceró, Alajuela.

1.3. Hipótesis

- La aplicación del fertilizante Algasoil® aumentará el rendimiento y el valor nutricional en la producción de *Pennisetum clandestinum*, asimismo disminuirá el costo de producción.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del Kikuyo

El pasto Kikuyo, cuyo nombre científico es *Pennisetum clandestinum*, es nativo de África, específicamente de los lagos de la zona de Kikuyo, Kenya. Esta zona tiene suelos francos, de origen volcánico, altas precipitaciones (1000-1600 mm) y temperaturas moderadas (Moore *et al.* 2006).

Este tipo de pasto se puede encontrar también en Oceanía, Asia y América (Vibrans 2009). Es una planta que posee una reproducción vegetativa que produce estolones, estos tienen un enraizamiento en los internodos, forma abundantes hojas que pueden tener una longitud de 60 cm y puede alcanzar una altura de 40 cm (Lobo & Díaz 2001). El Kikuyo se adapta desde los 1800 msnm hasta los 2800 msnm, no necesita alta humedad, siempre y cuando tenga un mínimo de 1000 mm anuales de precipitación.

Las raíces de este forraje pueden tener más de dos m de longitud, tienen mejor desarrollo en suelos de textura liviana, buena profundidad, buen drenaje y alta fertilidad. (Lobo *et al.* 2001).

El promedio de proteína del Kikuyo es alrededor de 14%; la digestibilidad in vitro promedio en materia seca es un 66% y una producción por día de forraje de 40 Kg MS Ha⁻¹ sin ningún tipo de fertilización (Lobo *et al.* 2001).

2.2. Descripción taxonómica

Según Osorio & Roldan (2006), la planta de Kikuyo pertenece a:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida (monocotiledóneas)
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae

Tribu	Paniceae
Género	<i>Pennisetum</i>
Especie	<i>Clandestinum</i>

2.3. Descripción botánica

El Kiyuyo es un forraje que tiene una masa de follaje baja y compacta, esto porque forma rizomas, que pueden ser hasta de cinco metros de largo. Los rizomas llevan dos clases de tallos, estériles, de entrenudos cortos y hojas largas, y fértiles, las inflorescencias crecen en las axilas de las hojas. Las espiguillas del Kikuyo tienen dos flores: una inferior estéril y la superior fértil, en esta se destacan los filamentos de los estambres, que miden hasta cinco cm de longitud y sobresale del follaje. El Kikuyo forma semillas, probablemente apomícticas, pero se propaga vegetativamente (León 2000).

2.4. Descripción morfológica

2.4.1. Tallo

El tallo del forraje *Pennisetum clandestinum* es subterráneo (rizomas, con ellos se forma un pasto denso). Es un tallo rastrero con nudos y entrenudos cilíndricos glabros (sin ornamentación) de un cm a dos cm de longitud (Heike 2009; León 2000; Zapata 2000; Silva 1984).

2.4.2. Hojas

Las hojas del Kikuyo son laminadas, pueden ser glabras o con pelos. Poseen vainas esparcidamente vilosas en el envés a glabras, con márgenes membranosos y secos. La lígula se presenta en forma de anillo de pelos de un mm o dos mm de largo. Las láminas foliares son planas o coduplicadas (dobladas a lo largo de su nervio medio), con el ápice obtuso, cuyas medidas van de dos cm a nueve cm de largo y dos milímetros a cinco mm de ancho, y su base puede ser glabra o esparcidamente vilosa (Heike 2009; León 2000; Zapata 2000; Silva 1984).

2.4.3. Raíz

Las raíces pueden tener dos metros de largo, lo cual ayuda a una mejor extracción de agua del suelo. Este forraje tiene predilección por suelos con buen drenaje, alta fertilidad y una textura liviana (Heike 2009; Estrada 2002; Lobo & Sánchez 2001; León 2000; Zapata 2000; Silva 1984).

2.4.4. Espiguilla/Flores

El Kikuyo tiene de dos o tres, con una longitud de 1,4 cm a 1,8 cm de longitud, escasas, ocultas en las vainas superiores. Tiene una espiguilla pedicelada y las demás sésiles. El pedicelo de la espiguilla mide de 2 mm a 5 mm de largo, cada una con quince a dieciséis cerdas hasta de 1 cm de longitud. La lema de la flor estéril es igual a la lema de la flor fértil, con varias nervaduras y una palea casi igual a la lema. Las flores del Kikuyo tienden a estar ocultas en la base de las hojas por ello se le conoce como *clandestinum*, pero se pueden observar cuando el pasto esta corto y a nivel de suelo (Heike 2009; Estrada 2002; Lobo & Sánchez 2001; León 2000; Zapata 2000; Silva 1984).

2.4.5. Inflorescencia

El *Pennisetum clandestinum* tiene una inflorescencia escondida entre las vainas, constituida por espigas cortas axilares. Cuando florece se pueden observar los estambres por fuera (Heike 2009; Estrada 2002; Lobo & Sánchez 2001; León 2000; Zapata 2000; Silva 1984.).

2.4. Establecimiento

El pasto Kikuyo se establece vegetativamente (estolones) (Heike 2009; Estrada 2002; Lobo & Sánchez 2001; León 2000; Zapata 2000).

2.5.1. Establecimiento por estolones

Se marcan surcos en el terreno a una distancia entre 0,5 m a 1,0 m y a una profundidad de 5 cm a 10 cm. Seguidamente, se distribuyen los estolones a

chorro continuo y se tapan con tierra (Heike 2009; Estrada 2002; Lobo & Sánchez 2001; León 2000; Zapata 2000).

2.5. Calidad nutricional de las plantas forrajeras

El principal insumo para la producción bovina es el pasto, la calidad nutricional es directamente proporcional al crecimiento de la planta, el tipo y el medio ambiente en que se desarrolla la misma. El valor nutricional del pasto no se puede mantener constante todo el año, dicho valor cambia durante el transcurso de este y es especialmente importante para los requerimientos de crecimiento y reproducción. Sin embargo, algunas plantas contienen más nutrientes que otras, aunque sean del mismo tipo (Pirela 2005; Soto et al. 2005; Urbano 1997; Laredo 1988).

2.6.1. Materia seca

La materia seca o MS, es la parte que resta de un material tras extraer toda la humedad posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio. La expresión de este parámetro se realiza en forma proporcional, es decir, como porcentaje del forraje fresco total cosechado (Quintero 2009; León 2003; Urbano 1997; Chamorro 1996).

2.6.2. Carbohidratos

Son los principales componentes de los forrajes y responsables de las 3/4 partes del peso seco de las plantas. La determinación del valor nutritivo de los carbohidratos estructurales es un aspecto que ha recibido mucha atención, desde que su presencia en la dieta influye tanto en la digestibilidad como en el consumo del pasto ofrecido (Pirela 2005).

Los hidratos de carbono se dividen en dos grupos:

- Hidratos de carbono no estructurales (no fibrosos): son compuestos solubles y digestibles; comprenden azúcares, glucosa, sacarosa, fructosano y almidón. En la planta, una parte de los productos de la fotosíntesis se

utiliza para el crecimiento de los diferentes órganos, una segunda parte para satisfacer los requerimientos fisiológicos (respiración, etc.) y el resto se acumula como sustancia de reserva (León 2003).

- Hidratos de carbono estructurales (fibra): en los cuales forman parte la celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice, las cuales constituyen el esqueleto de las plantas y pueden comprender entre 40% y 80% de la materia seca. La fibra es importante en el proceso de digestión, de su presencia depende la salud y eficiencia de la fermentación de los nutrientes digeridos (León 2003).

2.6.3. Proteínas

Una gran mayoría de las proteínas contenidas en los forrajes son específicas de la especie, por ende, su valor biológico es distinto en cada uno de los forrajes. Este valor biológico depende del contenido de aminoácidos. El alto contenido de proteína en el Kikuyo se debe a que, normalmente, es sometido a intensos programas de fertilización nitrogenada (Soto et al. 2005; Estrada 2003; Carulla 1999; Rodríguez 1999; Laredo & Mendoza 1982).

2.6.4. Fibra Ácido Detergente (FAD)

Para obtener la FAD se hierve la muestra de forraje o muestra a analizar por un plazo de una hora en solución detergente ácida. La celulosa, cutina, lignina, sílice, son medidos a través de la FAD ya que el ácido disuelve la hemicelulosa. (Grant 1991). La FAD es inversamente proporcional a la digestibilidad de los alimentos (Harris 1993) y su aporte da energía a la dieta. En los alimentos fibrosos la FAD se utiliza para medir el contenido de energía de los mismos (Donker 1989). La principal limitación de las ecuaciones que se basan en la FAD, es que al basarse en una única variable son específicas para una población. Asimismo, a partir de la FAD se determinan los contenidos de lignina y sílice.

2.6.5. Fibra Neutra Detergente

Cuando se somete una muestra a una solución neutra pH 7.0, (laudril sulfato de sodio y EDTA) el resultado es la Fibra Neutra Detergente, que está constituida

por celulosa, hemicelulosa y lignina, con bajas cantidades de nitrógeno y minerales (Van Soest 1994). Obtener la FND es la manera más adecuada para saber la fibra total de los alimentos (Harris 1993). En la FND se solubilizan las pectinas ya que por la forma con que se obtiene esta, subestima la fibra total en el caso de los forrajes con alta cantidad de ellas (Van Soest 1994). Cuando una muestra se expone a altas temperaturas parte de las proteínas son retenidas en la FND, lo que genera una sobreestimación de la fibra total. Por estas razones la FND debe ser tomada como la parte menos digerible de la muestra (Van Soest 1994). En el Kikuyo se da una limitante muy importante para la producción de leche, debido a que el alto contenido de FND da un efecto negativo con la digestibilidad de la MS y, por consiguiente, también perjudica la energía disponible (Marais 2001).

2.6.6. Cenizas

De la materia orgánica del Kikuyo se obtienen cenizas, las cuales están en un rango, para el *Pennisetum clandestinum* el rango oscila entre el 75,4% y 88,9% de la MS. En ello se refleja una diferencia que varía entre 11,1% y 24,6% de la MS. El contenido de energía en los forrajes se ve directamente afectado por las cenizas totales, que están estrechamente relacionadas con la concentración de ciertos minerales. Inconvenientemente, los minerales no proporcionan energía a medida que aumenta su concentración, por ende, dicha energía se reduce en los alimentos (Suarez 2016; Estrada 2003; NRC 2001; Brand et al. 1999).

2.6.7. Extracto etéreo

En el *Pennisetum clandestinum* se tiene un extracto etéreo que va en un rango desde 0,56% hasta 5,81% de la MS (Miles et al. 2000). Este extracto etéreo está compuesto por galactolípidos y fosfolípidos en las hojas, y por triacilglicéridos en las semillas (Van Soest 1994). El contenido de ácidos grasos saturados e insaturados en los productos de origen bovino, revelan una relación con el valor nutricional de los alimentos de los semovientes, en la cual resulta que el extracto etéreo no es un parámetro suficiente para establecer el valor nutricional de los mismos (Bauman et al. 1999).

2.6.8. Lignina

La lignina es un polifenol que no posee un tamaño y una estructura bien definidas debido a que no presenta secuencias repetidas (Ralph 1996), es también el componente con mayor dificultad para ser digerido, es lo que limita la digestibilidad de los forrajes para los animales. La manera que afecta la digestibilidad de otras fracciones no está bien comprendida, no obstante, hay indicios que demuestran los tipos de enlaces entre la fracción fibrosa y la lignina tales como: enlaces cruzados mono y diferulatos, ciclodimeros de p-coumarato y posiblemente enlaces cruzados bencil éster y éter (Jung et al. 1997) (Van Soest 1994).

Hay diferentes formas para determinar la cantidad de lignina en una muestra, cada uno de ellos tiene particularidades que pueden rendir en cantidades diferentes, entre estas formas existe el Klason que utiliza ácido sulfúrico al 72%, este método proporciona una mayor concentración que el método del detergente ácido (Lignina en detergente ácido) de Van Soest (Hatfield & Fukushima 2005; Van Soest 1994; Kamstra et al. 1966).

Ahora bien, la cantidad de lignina en el forraje Kikuyo es proporcional a su etapa fenológica, que además se incrementa con la edad de rebrote (Kamstra et al. 1966). De acuerdo con trabajos más actualizados dicha fracción no tiene una modificación significativa (Caro & Correa 2006; Soto et al. 2005) o tiene el efecto contrario, se reduce con la edad de rebrote. Este fenómeno puede ocurrir debido a que el hábito de crecimiento favorece la relación hoja/tallo y no se modifica sustancialmente con la edad, lo cual impide que la composición química del pasto cambie de manera marcada (Buelvas 2009; Caro & Correa 2006; Zapata 2000).

2.6. Respuesta de los pastos a la fertilización

La aplicación de la mayor parte de los nutrientes necesarios para las pasturas se hace por vía radicular, de manera granular, sin embargo, también hay aplicaciones vía foliar. De los diecisiete elementos esenciales, catorce son tomados por la planta directamente del suelo y los demás del aire y agua. Un

suelo fértil y productivo debería tener todos los elementos esenciales para la planta en cantidades suficientes y proporciones balanceadas, pero cuando un suelo presenta contenidos bajos de uno o varios nutrientes, estos deben agregarse al suelo en forma de fertilizantes (Bernal 2003). Paladines & Izquierdo (2007), sostienen que la fertilización (el uso de fertilizantes) es indispensable para mantener los niveles de producción deseados y, al mismo tiempo, constituye uno de los mayores costos de la producción pecuaria.

La respuesta de los pastos a la fertilización se expresa de diferente manera. El efecto más notable de la fertilización es el rendimiento de materia seca, por ello esta respuesta es la que generalmente se analiza para demostrar los beneficios obtenidos. La aplicación de nutrientes afecta la calidad del forraje, lo que también se manifiesta en el animal, con el aumento en la producción de carne o leche, o por un incremento en la capacidad de carga (Bernal 2003).

En el mundo, la fertilización con fuentes nitrogenadas ha ayudado en la mejora continua de los sistemas de producción agropecuaria (Hart et al. 1997), por ejemplo, en la ganadería lechera se utilizan los fertilizantes nitrogenados, principalmente la urea, posterior a cada pastoreo (Soto et al. 2005). La aplicación de fertilizantes nitrogenados es muy atractiva para los productores ya que esta tiene un efecto muy notorio sobre el pasto, debido a que incrementa de manera acelerada la biomasa forrajera y, por lo tanto, se puede incrementar la carga animal y la producción por hectárea (Urbano 1997).

La fertilización nitrogenada permite el pastoreo a edades más tempranas con lo que la producción por animal se incrementa al consumir pastos de mayor digestibilidad (Caro & Correa 2006; Rodríguez 1999).

Las dosis de fertilizante necesarias para cubrir los requerimientos de nutrientes varían de acuerdo con la especie de pasto que se va a fertilizar, y con el contenido de nutrientes determinado por el respectivo análisis de suelo. Cuando se aplican dosis inferiores a las requeridas la respuesta se manifiesta en un pobre rendimiento de forraje de baja calidad, y si la dosis es demasiado alta se obtiene

buena producción total y buena calidad, pero la aplicación de fertilizante no es económicamente rentable (Bernal 2003).

Bernal (2003), afirma que los forrajes son plantas que permanecen en continuo crecimiento, por lo tanto, necesitan un suplemento frecuente de nutrientes. Entonces, para que la aplicación de fertilizante sea eficiente es necesario considerar el desarrollo de la planta. Además, en suelos muy pobres o de textura gruesa es aconsejable fraccionar la aplicación de fertilizante. Para hacer esto se divide el requerimiento total, aplicando alrededor de 1/3 poco después del corte o pastoreo, y el resto en la época de crecimiento activo.

Finalmente, en los sistemas de lechería especializada es una práctica común la aplicación de nitrógeno después de cada pastoreo (Soto et al. 2005), sin embargo, se determinó que esta práctica no es necesaria cuando se trata de conservar la calidad nutricional del pasto Kikuyo.

2.7. Producción de forraje (Kg MS Ha⁻¹)

Según Villalobos et al. (2013), la información obtenida mediante el estudio de Costos de Producción de pastos de piso, en fincas de asociados a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL, en Costa Rica el rendimiento promedio de la producción de MS en el *Pennisetum clandestinum* es de 3.517 Kg MS Ha⁻¹ cada 31 días. La misma lleva a una producción de 39 t de materia seca por hectárea al año. Lo que resulta en un aprovechamiento del 32%.

Otros pastos comúnmente utilizados en sistemas de producción de leche, como el pasto Estrella (*Cynodon nlemfluensis*), otra gramínea forrajera, tiene un rendimiento promedio de 3.185 Kg MS Ha⁻¹ cada 28 días (Villalobos et al. 2013). Y, por otro lado, el Rye grass (*Lolium multiflorum*), tiene un rendimiento promedio de producción de MS es de 3.360 Kg MS Ha⁻¹ cada 43 días (Villalobos et al. 2013).

2.8. Costos de producción de *Pennisetum clandestinum*

Según Villalobos et al. (2013) en Costa Rica el costo de producción del *Pennisetum clandestinum* es de 91.558 colones por hectárea por año en relación con la mano de obra; en cuanto a la fertilización por hectárea por año son 596.169,00 colones, con un valor de impuestos territoriales de 14.289,00 colones, para obtener un total de 702.016,00 colones por hectárea por año. Que logra por kg de materia seca de pasto disponible el valor de 17,8 colones, y por kg de materia seca consumida, 53,9 colones.

Por otro lado, en Costa Rica el costo de producción del *Cynodon nlemfluensis* es de 79.374 colones por hectárea por año en relación con la mano de obra; en cuanto a la fertilización por hectárea por año son 398.387 colones, con un valor de impuestos territoriales de 32.234 colones por hectárea por año, para obtener un total de 509.995 colones por hectárea por año (Villalobos et al. 2013). Que alcanza por kg de MS de pasto disponible el valor de 14.6 colones, y por kg de MS consumida, 31.7 colones.

Por su parte, el *Lolium multiflorum* tiene un costo total 468.806 colones por hectárea, 14.229 colones en el rubro de impuestos territoriales; en cuanto a la fertilización, 427.337 colones. Con respecto al kg de MS de pasto disponible 16.3 colones, y por kg de MS consumida, 47.6 colones (Villalobos et al. 2013).

2.9. Generalidades del Algasoil®

2.10.1. Composición

El fertilizante Algasoil® es un producto a base de algas marinas y otros compuestos orgánicos, cuya formulación cuenta con un 35% de materia orgánica, 2% de nitrógeno, 2% de fósforo y 2% de potasio, sin mayores especificaciones por parte del fabricante.

En la elaboración de estos fertilizantes orgánicos, es conocido el uso de algas marinas tales como el *Sargassum*, *Laminaria*, algunas algas cianófitas y algunos otros productos hormonales y fitoreguladores de crecimiento.

2.10.2. Extracto de algas

2.10.2.1. *Sargassum*

El *Sargassum* es un alga parda, que tiene una clasificación taxonómica perteneciente a la familia Sargassaceae, orden Fucales, clase Phaeophyceae, y se encuentra distribuida por casi todos los océanos del mundo (Suárez 2008; Núñez & Casa 1997). Estas algas tienen una ramificación monopodial, con una ramificación lateral presente en todos sus miembros, los ejes principales son perennes, cortos cilíndricos o aplanados y llevan las cicatrices de las ramas de hoja caduca. Asimismo, los ejes suelen originar ramas de segundo orden (Mattio et al. 2009).

El *Sargassum* puede llegar a formar florecimientos masivos y crecer en sustratos rocosos, arenosos y fangosos (Rivera & Scrosati, 2006; Rooker et al. 2006). Las algas se ven mediadas en su distribución de acuerdo con la temperatura y luz que reciban, las mismas determinan su crecimiento y la época de reproducción (Mateo et al. 1993). Estas algas tienen un comportamiento en su crecimiento directamente relacionado con la estación, por ello tienen un mayor crecimiento en los meses cálidos en las zonas templadas, y en las zonas tropicales, en los meses fríos (McCourt 1984).

2.10.2.2. *Laminaria*

La *Laminaria* se subdivide en otras algas y la principal es la *Macrocystis pyrifera*, que es un alga de gran tamaño que se conoce como Huiro, la misma alcanza una longitud de unos 50 m; desde su base se sujeta al sustrato rocoso por medio de un rizoide, de este se origina la estirpe primaria de la planta, tiene apariencia de tallo. De igual manera, de este “tallo” emanan los cauloides, que se asemejan a ramas, a lo largo de ellos se encuentran estructuras flotadoras conocidas como neumatocistos, de donde se originan las láminas (Guzmán del Prío et al. 1986).

La *Macrocystis pyrifera* tiene como característica estar presente en fondos rocosos, donde forma mantos en grandes extensiones, cuyo dosel facilita el no competir con otras algas por la luz. Sin embargo, esta misma estructura, incrementa la susceptibilidad al daño por tormentas, y al entrelazarse con las frondas en la superficie oponen gran resistencia a las marejadas, por lo tanto, se desprenden las plantas completas (Guzmán del Bróo et al., 1986).

2.10.2.3. Cianofitas

Dentro de las algas verdes se encuentran las Cianofitas, también se conocen como cianobacterias. Son microorganismos procarióticos, que presentan pigmentos fotosintéticos (clorofila, carotenoides) xantofilas (mixoxantina, zeaxantina, flavacina y luteína). Igualmente, presentan ficocianina, que es un pigmento de color azul y es debido a este que se les conoce como algas azulverdosas.

Las Cianofitas son organismos fotosintetizadores, sin embargo, algunas de ellas viven de manera heterotrófica. Estas microalgas tienen la capacidad de utilizar el nitrógeno atmosférico como fuente del mismo, estas pueden ser uni o pluricelulares. Se reproducen de manera fragmentaria de colonias o de filamentos y esporas. Su pared celular es semejante a la de las bacterias, no obstante, en el citoplasma se diferencia una zona central o centroplasma, donde está presente el ADN y otra zona periférica donde están los corpúsculos con los pigmentos. Estas algas pueden sobrevivir en condiciones acuáticas de altas temperaturas con 90°C, en rocas, árboles, inclusive en simbiosis con hongos, con los que forman un complejo de líquenes (Lee 2008).

2.10.2.4. *Ascophyllum nodosum*

El *Ascophyllum nodosum* es un alga parda perenne que se encuentra en aguas costeras poco profundas, principalmente en las costas de América del Norte y Europa. El *Ascophyllum nodosum* es utilizado de manera significativa en la fabricación de productos comerciales para la agricultura (De Silva 2012).

Dicha alga tiene un impacto benéfico sobre la respiración y movilización de nitrógeno del suelo (actividad biológica), ya que estimula la diversidad microbiana, y así promueve un microambiente ideal para el desarrollo de la raíz (Sarwar et al. 2008).

El *Ascophyllum nodosum* como fertilizante forma parte de materiales naturales que incrementan el crecimiento de la planta, así como el rendimiento y, además, favorece la calidad de los cultivos (Méndez, 2014).

2.11. Fitohormonas, reguladores de crecimiento

Las Fitohormonas, o reguladores de crecimiento, son sustancias orgánicas que se sintetizan en un lugar determinado de la planta en concentraciones bajas, posterior a esto se trasladan de un lugar a otro donde se da el efecto regulador, sin embargo, no hay certeza del mecanismo específico mediante el cual funcionan (Lluna 2006).

2.11.1. Efecto de las fitohormonas

A continuación, se detallan los efectos y el lugar de producción de las principales fitohormonas.

2.11.1.1. Auxinas

La principal Auxina es el Ácido Indolacético, y su función principal es el crecimiento ya que estimula la elongación celular. Las Auxinas provocan un crecimiento y aumento del volumen de las células de la planta, este volumen se da por el aumento de la absorción de agua por parte de la planta. Igualmente, las fitohormonas estimulan el crecimiento de las raíces, la maduración de frutos, la floración, la senectud, el geotropismo y el fototropismo. Este último es el movimiento que realiza la planta en busca de la luz, que genera una curvatura en la misma, esto se da cuando por fotosensibilidad la Auxina se distribuye en la parte de la planta que recibe luz. Luego, viaja al lado oscuro de la planta y causa que las células de esa zona crezcan y se elonguen más que las que reciben luz.

Por estas razones son de suma importancia para la agronomía (Azcon 2000; Banghert & Grubber 2000; Schiefeldbein & Benfey 1991).

Dicha fitohormona se sintetiza principalmente en el ápice del tallo, ramas, hojas y yemas jóvenes, en general en los meristemas.

Las Auxinas tienen efecto sobre los ácidos nucleicos, remueven la capa de histonas que cubren a la cadena de ADN, con ello descubren mensajes que sin su acción serían nulos. Asimismo, las fitohormonas trabajan en la traducción del mensaje, sobre el enlace del aminoácido con el ATP que lo activa para unirse al ARN mensajero (Rojas & Ramírez 1987).

2.11.1.2. Citocininas

Las Citocininas son las encargadas de la multiplicación celular y fueron adquiridas genéticamente (Banghert & Grubber 2000). Las Citocininas también estimulan la división celular y su crecimiento, inhiben el desarrollo de las raíces laterales, rompen la latencia de las yemas axilares, así como promueven la organogénesis en los callos celulares, retrasan la senescencia, promueven expansión celular en cotiledones y hojas. Además estimulan la germinación de las semillas, interrumpen el letargo de las semillas, ayudan en formación de brotes, optimizan la floración, alteran el crecimiento de frutos y rompen la dominancia apical (Jankiewicz 2003).

Conjuntamente, las Citocininas se unen al ARN de transferencia y con ello provoca el funcionamiento en algunos codones, que produce la síntesis de proteínas y enzimas (Rojas 1993; Weaver 1990; Rojas & Ramírez 1987).

2.11.1.3. Giberelinas

Las Giberelinas son un compuesto natural que actúa como regulador del crecimiento y desarrollo de los vegetales. El hongo *Gibberella fujikuroi* produce un crecimiento considerable en tallos y brotes en la planta de arroz. De este se aisló la Giberelina para el desarrollo en vegetales (Rojas & Ramírez 1991).

La aplicación de Giberelinas de forma externa, siendo utilizadas con reguladores de crecimiento, tienen un efecto regulatorio en el desarrollo de las plantas, ellas afectan una amplia gama de respuestas en el crecimiento de las mismas (Rademacher 2000).

En hojas jóvenes y en las semillas se da principalmente la síntesis de las Giberelinas. El nivel de estas aumenta conforme se desarrolla el embrión y decrece cuando la semilla madura. Su transporte se da través del floema cuyo flujo parece estar activado por las Giberelinas. Este compuesto natural existe en forma libre y conjugada. Y su biosíntesis se da a partir del ácido mevalónico (Rojas 1993; Weaver 1990; Rojas & Ramírez 1987).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del estudio

El estudio se realizó en la finca El Encino, propiedad de la familia Blanco Porras, la cual se dedica a la ganadería lechera. Se encuentra ubicada en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica. Cuenta con 35 ha para la producción de forraje Kikuyo. Esta región se ubica bajo las coordenadas 10° 12' 01.5" latitud norte y 84° 22' 57.4" longitud oeste. Según Holdridge (1987), en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo, presenta una altura de 1980 msnm. La precipitación promedio es de 2735 mm al año, con una temperatura promedio mensual de 17.3°C y 80% de humedad relativa (IMN 2015).

3.2. Periodo del experimento

El estudio de campo se realizó en el período comprendido entre los meses de agosto del 2016 a marzo del 2017. Se tomó en cuenta el periodo de muestreo, la aplicación de los tratamientos en las parcelas experimentales y los muestreos posteriores a las aplicaciones. En las parcelas donde se realizó el estudio se trabajó en apartos preestablecidos del forraje Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

3.3. Material experimental

3.3.1. Cultivo

La Finca El Encino cuenta con un territorio de 35 hectáreas divididas en apartos de 2000 m² en promedio, dedicado a la producción de forraje Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), el mismo es cosechado y procesado por vacas de la raza Holstein. Este cultivo siguió un plan específico de fertilización, programado y diseñado por el técnico especialista de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Costa Rica.

3.3.2. Producto

El producto empleado en el estudio se denomina Algasoil®. Este es un fertilizante orgánico puro, hecho de extracto de algas (*Sargassum*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria*, *Cianofitas*) y formulado para el mejoramiento del suelo y la

actividad del sistema radical, por la empresa LEILI representada en Costa Rica por la Empresa AgroCosta S.A., la cual aportó el producto para la investigación.

La finca en su plan de fertilización aplica 113 kg de Urea Ha^{-1} por rotación de potreros que ocurre cada 32 días.

3.4. Descripción de tratamientos

Tratamiento 1: Manejo de Finca (113 kg de Urea Ha^{-1})

Tratamiento 2: Manejo de Finca (113 kg de Urea Ha^{-1} + 75 kg de Algasoil[®] Ha^{-1})

Tratamiento 3: Manejo de Finca (113 kg de Urea Ha^{-1} + 50 kg de Algasoil[®] Ha^{-1})

Tratamiento 4: Manejo de Finca (113 kg de Urea Ha^{-1} + 25 kg de Algasoil[®] Ha^{-1})

La aplicación de los tratamientos se dio tres días después del retiro de los semovientes del área de pastoreo.

3.5. Método de aplicación

El método de aplicación que se utilizó para los tratamientos consistió en una mezcla del producto con el fertilizante en las dosis anteriormente mencionadas para cada tratamiento; excepto en el tratamiento Testigo. Seguidamente, se aplicó en forma de voleo “manual”, tratando que la mezcla se distribuyera de la manera más homogénea posible sobre el suelo. En el caso del tratamiento Testigo se aplicó solamente el fertilizante de manera habitual como lo utilizan en la finca.

3.6. Variables de respuesta a estudiar

3.6.1. Producción de materia seca

La medida de la producción de materia seca se llevó a cabo recolectando muestras. Con un ciclo de pastoreo de 32 días, las muestras se tomaron el día 31 después del último pastoreo de los bovinos; esto durante cinco rotaciones para cada una de las parcelas de cada bloque. Se recolectaron quince muestras en cada parcela por muestreo, con el uso de una cuadrícula de 50 cm por 50 cm, diseñada para el estudio.

Cada muestra de pasto obtenida fue colocada en una bolsa debidamente rotulada con el número de tratamiento y número de parcela. Posteriormente se trasladó hasta el Laboratorio de Aseguramiento de Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL. En el establecimiento, se midió en las muestras la masa (materia fresca) en una balanza de precisión. Acto seguido, se picó y molió el pasto para tomar una submuestra, que fue sometida a una temperatura de 60°C durante 48 horas en un horno de convección. Una vez transcurrido ese tiempo, se midió nuevamente la masa de la muestra para determinar la materia seca.

3.6.2. Valor nutricional

3.6.2.1 Porcentaje de materia seca

La medición y obtención del porcentaje de materia se llevó a cabo mediante el cálculo matemático

$$\% MS = 100 - ((\text{materia fresca} - \text{materia seca}) / \text{materia fresca}) * 100$$

Dichas masas se obtuvieron de las muestras previamente obtenidas en la medición de producción de materia seca.

3.6.2.2 Proteína cruda

Las muestras para determinar la proteína cruda fueron tomadas de las mismas empleadas en el muestreo para calcular la materia seca. Para ello se recurrió al método de combustión, Analizador Elemental AOAC, 2012: OMA 990.03.

El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.

3.6.2.3 Fibra Ácida Detergente (FAD)

El análisis de la FAD se realizó con base en las muestras en que se trabajó la materia seca. Se utilizó la metodología ANKOM, específicamente el método 12, el cual consiste en lavar con un detergente ácido una muestra de masa conocida (ANKOM 2015). Posterior al lavado, la muestra es secada en un horno a 105 °C

y después de 48 horas se determina la masa. La FAD es la fracción de la muestra que queda después del lavado. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL.

3.6.2.4 Fibra Neutro Detergente (FND)

El análisis de la FND se realizó con base en las muestras en las que se trabajó la materia seca. Se utilizó la metodología ANKOM, el método 13 específicamente, que consiste en un lavado con un detergente ácido de una muestra de masa conocida (ANKOM 2015). Luego del lavado, la muestra se deshidrata en un horno a 105 °C y después de 48 horas se determina la masa. La FND es la fracción de la muestra que queda después del lavado. Este análisis se efectuó en el Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL.

3.6.2.5 Cenizas

Las cenizas se analizaron utilizando las muestras empleadas anteriormente para estudiar las demás variables. En este punto se utilizó la metodología de Espectroscopia Infrarroja Cercana (NIR), usando Infraxact, FOSS. Al igual que en los casos anteriores, fue utilizada por el Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL.

3.6.2.6 Extracto etéreo

El estudio del extracto etéreo se realizó usando las muestras con las que se trabajó las demás variables. Las muestras, al igual que en el caso de las cenizas, fueron analizadas bajo el método de Espectroscopia Infrarroja Cercana (NIR), usando Infraxact, FOSS. Y también fue realizado por el Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.

3.6.2.7 Lignina

Para el análisis de lignina se utilizaron las mismas muestras disponibles para las demás variables a estudiar. Se utilizó la metodología de Espectroscopia Infrarroja Cercana (NIR), usando Infraxact, FOSS, igual que en los casos anteriores. Utilizada por el Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos RL.

3.6.3. Costos de Producción

Para calcular los costos de producción, se tomaron en cuenta las cantidades requeridas tanto de Algasoil® como de fertilizante por tratamiento y el costo por unidad de los mismos. Además, el costo de aplicación de estos en el terreno.

Estos valores se sumaron para obtener el valor económico necesario para producir una hectárea por rotación. Una vez obtenido dicho valor se dividió en la cantidad de toneladas de biomasa producidas por hectárea por tratamiento.

3.7. Muestreo (manejo del ensayo)

Del total del área de la parcela útil, se seleccionaron diez puntos al azar para un muestreo destructivo de forraje. Entre esos diez puntos se recolectó aproximadamente un kg de forraje fresco. Posteriormente, el mismo fue identificado y enviado al Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.

Por otra parte, el Botanal fue una medida subjetiva de biomasa, en la cual se le asignó el valor tres, al forraje más alto; dos, al forraje de un porte medio, y uno, al forraje de un porte bajo. Una vez establecida la medida, se procedió a lanzar la cuadrícula quince veces por subparcela.

A continuación, se identificó el forraje para cada una de las clasificaciones anteriormente citadas, y luego de esto, se sacó un promedio ponderado de cada clasificación para conocer el porcentaje de la misma dentro del área.

Una vez seleccionadas las clasificaciones en uno, dos o tres, se procede a cosechar la cantidad de forraje que contenga la cuadrícula de 50 cm por 50 cm. Después, se procedió a medir la biomasa de cada una de las muestras correspondiente a cada clasificación; posterior a ello, se obtuvo un cociente entre el valor subjetivo y la medición de biomasa, el cual se utilizó para traspolarlo a la biomasa disponible por unidad de área.

3.8. Toma de datos

La toma de datos se obtuvo mediante los muestreos realizados a cada tratamiento en cada rotación, unas horas antes de la entrada de los semovientes a la unidad experimental.

Se realizaron quince submuestreos por tratamiento para determinar la producción de biomasa por unidad de área, mediante la técnica de Botanal, además, se muestreó la pastura hasta obtener un kg de forraje para enviar al Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche R.L.

3.9. Descripción del área experimental y de las unidades experimentales

El área del experimento se ubicó en cuatro apartos de 2000 m² cada uno aproximadamente, y cada uno de estos, dividido en cuatro unidades experimentales (subapartos) de 500 m². Se siguió el sistema de pastoreo establecido en la finca, de manera que se utilizaron cuatro unidades experimentales (subpartos) por día.

El área experimental fue cosechada por los semovientes durante cuatro días consecutivos por rotación, durante cinco rotaciones continuas que dura el estudio.

En la unidad experimental se dejaron cuatro m en cada extremo para contrarrestar el efecto borde, lo que deja una parcela útil de 441 m² para cada tratamiento.

	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela
Bloque 1	2	3	4	1
Bloque 2	1	2	3	4
Bloque 3	3	1	2	4
Bloque 4	4	3	1	2

Figura 1. Descripción del área experimental y de las unidades experimentales en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.



Figura 2. Descripción del área experimental en vista aérea en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

3.10. Diseño experimental y de muestreo

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial. Este consiste en cuatro bloques (apartos) con cuatro subapartos por bloque, que sigue el sistema de pastoreo establecido en la finca, de manera que se utilizaron los cuatro subpartos para la instalación de los tratamientos.

El modelo de este diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de medición

μ = Media general de los tratamientos

β_i = Efecto de i-ésimo bloque

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

3.11. Análisis de datos

Se realizó una comparación entre los tratamientos por medio de la técnica MLMix, y de encontrarse diferencias entre tratamientos, se aplicó la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni, con un nivel de significancia de 0,05. Esto con el objetivo de identificar los mejores rendimientos bajo los diferentes tratamientos. Asimismo, se utilizó el programa estadístico InfoStat/P en su versión 2015 (Di Rienzo et al. 2015).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Producción de biomasa materia seca

En el Cuadro 1 y la Figura 3, se observan los resultados para la producción de materia seca (Kg MS Ha⁻¹) del Kikuyo para cada tratamiento estudiado.

Cuadro 1. Valores para la producción de materia seca (Kg MS Ha⁻¹) de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Tratamiento	Media	E.E.
1	3427,65 ^c	109,03
2	4646,10 ^a	101,25
3	4486,25 ^{ab}	91,55
4	4179,90 ^b	200,75

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni ($\alpha > 0,05$).

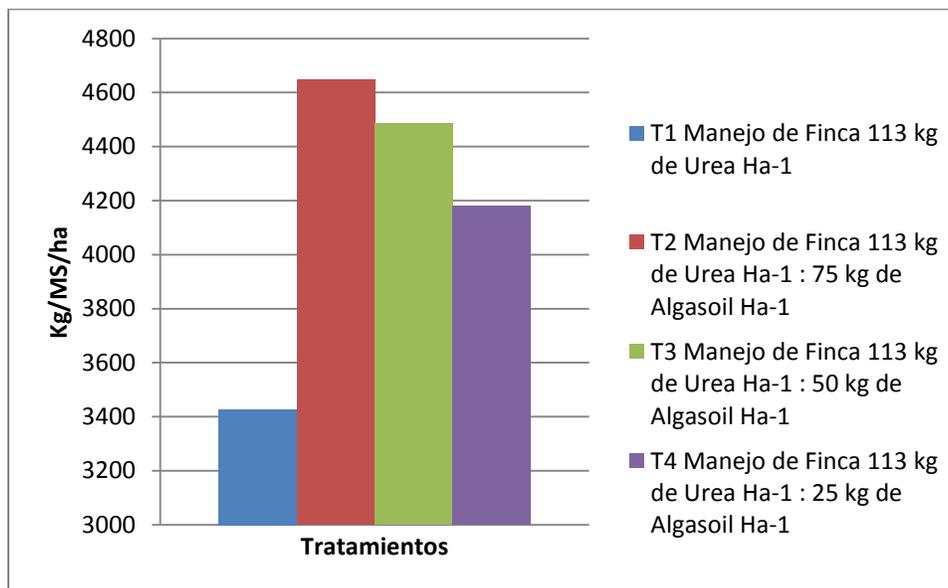


Figura 3. Materia seca por hectárea (Kg MS Ha⁻¹) de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Para la variable de rendimiento de MS se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0,0001$) (Anexo 1), cuyo mejor el mejor resultado correspondió al **tratamiento 2** (113 kg de Urea Ha^{-1} + 75 kg de Algasoil® Ha^{-1}) con 4.646 Kg MS Ha^{-1} , seguido del **tratamiento 3** (113 kg de Urea Ha^{-1} + 50 kg de Algasoil® Ha^{-1}) con 4.486 Kg MS Ha^{-1} , **tratamiento 4** (113 kg de Urea Ha^{-1} + 25 kg de Algasoil® Ha^{-1}) con 4.179 Kg MS Ha^{-1} y **tratamiento 1** (113 kg de Urea Ha^{-1}) con 3.427 Kg MS Ha^{-1} .

Sobresale el **tratamiento 2** (113 kg de Urea Ha^{-1} + 75 kg de Algasoil® Ha^{-1}), mismo que contiene la mayor cantidad de algas. Sin embargo, esta producción con relación a los otros dos tratamientos donde la cantidad algas lo doblan o incluso lo triplican, es el que muestra el mejor rendimiento; por ende, es el tratamiento con mayor viabilidad y rentabilidad con respecto a los otros 2 tratamientos.

Según Villalobos *et al.* (2013) el promedio de producción de materia seca de Kikuyo, en fincas productoras de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. es de 3.517 Kg MS Ha^{-1} , similar a la producción obtenida en este estudio con el tratamiento Testigo con 3.427 Kg MS Ha^{-1} e inferior a los obtenidos con los tratamientos donde se incluye el Algasoil®.

Por su parte, Sánchez *et al.* (1985) indican una producción de 2.200 Kg MS Ha^{-1} , y Castillo *et al.* (1983) indican una producción de 1.550 Kg MS Ha^{-1} . Este rendimiento se obtiene con fertilizaciones de 500 Kg de N Ha^{-1} año^{-1} , muy por debajo de la fertilización nitrogenada del tratamiento Testigo utilizado por la finca para este estudio, que equivale a 1.288 Kg de N Ha^{-1} año^{-1} .

El único factor de variación entre los tratamientos desarrollados en este estudio es la aplicación del producto Algasoil® en diferentes dosis. El producto mencionado contiene reguladores de crecimiento (Auxinas, Giberelinas, Citoquininas), los cuales inducen a las pasturas a diferentes reacciones fisiológicas descritas en el punto 2.11. de este documento.

4.2. Valor Nutricional

En el caso de las cenizas, extracto etéreo, FAD, FND, lignina y proteína, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, de acuerdo con el análisis estadístico utilizado para las variables estudiadas.

4.2.1. Cenizas

En el Cuadro 2 y Figura 4, se presentan los valores obtenidos para la ceniza en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento estudiado.

Cuadro 2. Valores para la ceniza (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Tratamiento	Media	E.E.
1	10,41 ^a	0,11
2	10,19 ^a	0,08
3	10,47 ^a	0,05
4	10,37 ^a	0,06

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni ($\alpha > 0,05$)

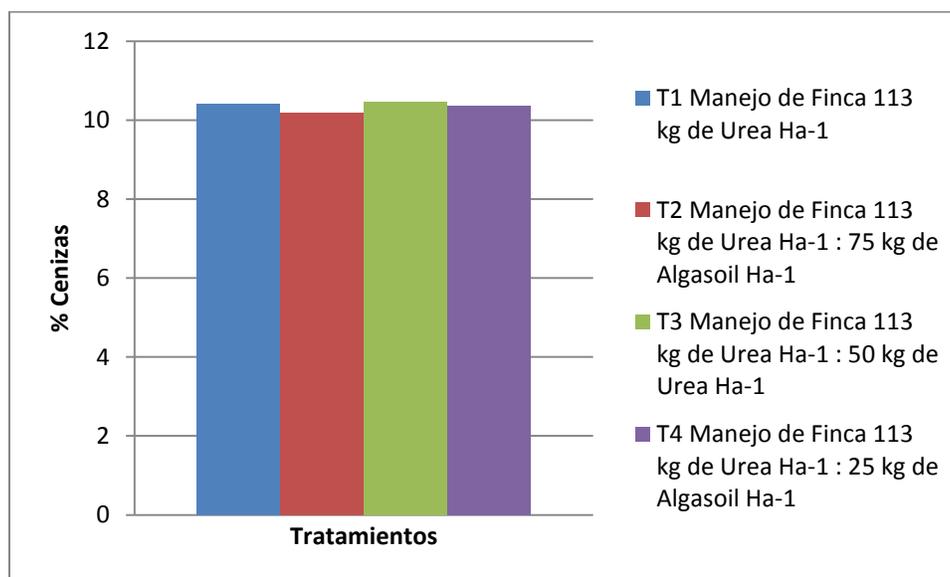


Figura 4. Valores para la ceniza (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

El contenido de ceniza tiene importancia en los forrajes, dada la relación directa que tiene con la energía en estos, así como con los minerales contenidos en la ceniza. Debido a que estos minerales no aportan energía; a medida que aumente su cantidad se disminuye la energía en los alimentos (NRC 2001).

El valor promedio obtenido de la ceniza fue de 10,36%, que es un valor menor al citado por Cuenca (2011), de 13,75% a los 40 días de rebrote. Por su parte, Andrade (2006), reporta un 9,15%, que es menor al resultado en este estudio. Empero, Sánchez & Soto (1996) reportan 11,3%, que resulta mayor al encontrado en esta investigación. Cabe destacar no se hallaron diferencias significativas ($p=0,0814$) (Anexo 2) en este estudio.

Según Brand (et al. 1999), el contenido de cenizas es inversamente proporcional a la materia orgánica, donde varía desde 11,1% a 24,6%. Además, Suarez (2016) menciona que las cenizas están presentes entre un 12% y un 18% de la MS y este rango obedece, principalmente, a los minerales presentes (P, K, Ca).

Si comparamos el valor obtenido en los anteriores estudios, con el valor resultante en esta investigación de 10,36%, con una rotación de 32 días, se obtiene un rango menor que en los citados y el promedio obtenido está también por debajo de los valores mencionados en los estudios.

4.2.2. Extracto Etéreo

En el Cuadro 3 y Figura 5, se presentan los valores obtenidos para el extracto etéreo en la MS del forraje de Kikuyo para cada tratamiento estudiado.

Cuadro 3. Valores para el extracto etéreo (%) en la MS del forraje de kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Tratamiento	Media	E.E.
1	3,08 ^a	0,03
2	3,06 ^a	0,07
3	3,02 ^a	0,02
4	2,94 ^a	0,04

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni ($\alpha > 0,05$)

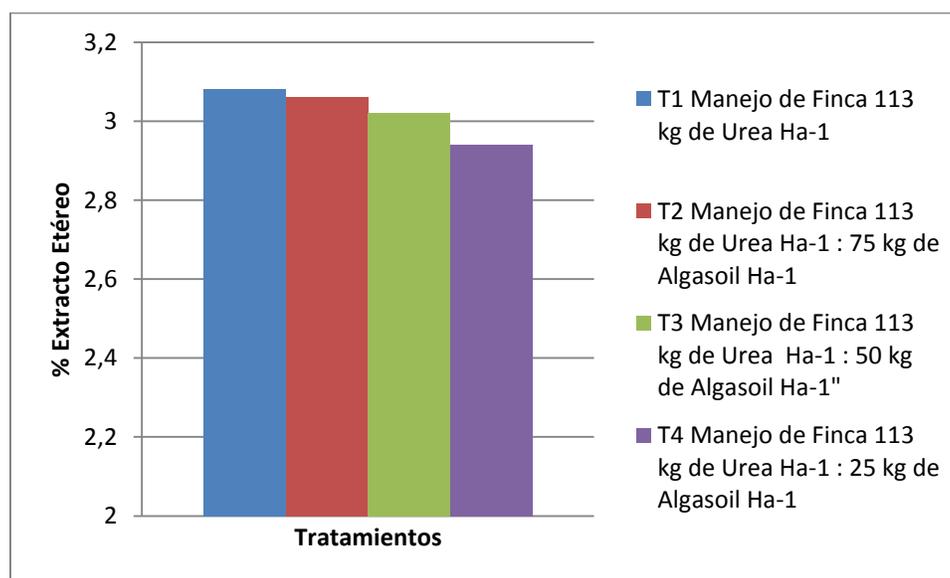


Figura 5. Valores para el extracto etéreo (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

El extracto etéreo, conocido también como la grasa cruda o bruta, es bajo en los forrajes. Constituye en este 40% de grasa verdadera, y el 60% restante lo componen los pigmentos (clorofila, carotina), vitaminas, entre otros (Prieto 1988).

En el presente estudio se obtuvo un promedio de 3,02% para el extracto etéreo en la MS del forraje cosechado. Pero, resultados obtenidos por Cuenca (2011), reportan 2,15% en el Kikuyo, a los 40 días de rebrote; Sánchez & Soto (1996) exponen un promedio de 2,35% de la MS; Andrade (2006) reporta en promedio 3,05%; y por su parte, Correa (2006) reporta un promedio de 3,63%, y finalmente, Miles et al. (2000) reportan valores en un rango de 0,56% a 5,81% de la MS, propiamente para el forraje Kikuyo. Lo que demuestra que el 3,02% resultado de la investigación está dentro de los parámetros normales, sin presentar diferencias significativas dentro de los tratamientos ($p= 0,0915$) (Anexo 3)

Según Juscafresca (1986), el valor del extracto etéreo puede depender directamente del estado fenológico de la planta, del momento de la cosecha del forraje, si es pre o post floración y del nivel de fertilización al que se ha sometido a la planta, el nivel de fertilización es proporcional al contenido de grasa presente en la misma. También, Cabrera (1987) afirma que el extracto etéreo es una fuente de energía y es, además, una fuente de ácidos grasos. Las grasas tienen un aporte de energía extremadamente importante, es mayor a la de los carbohidratos en 2,25 veces, lo que conlleva necesitar una menor cantidad de lípidos para realizar la misma función que los carbohidratos. Entonces, de acuerdo con lo citado anteriormente, el 3,02% de extracto etéreo resultante es una cantidad aceptable de energía en el forraje estudiado.

4.2.3. Fibra Ácido Detergente (FAD)

En el Cuadro 4 y Figura 6, se presentan los valores obtenidos para la FAD en la MS del forraje de Kikuyo para cada tratamiento estudiado.

Cuadro 4. Valores para la Fibra Ácido Detergente (% FAD) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Tratamiento	Media	E.E.
1	27,89 ^a	0,18
2	27,83 ^a	0,26
3	28,00 ^a	0,23
4	28,14 ^a	0,30

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni ($\alpha > 0,05$)

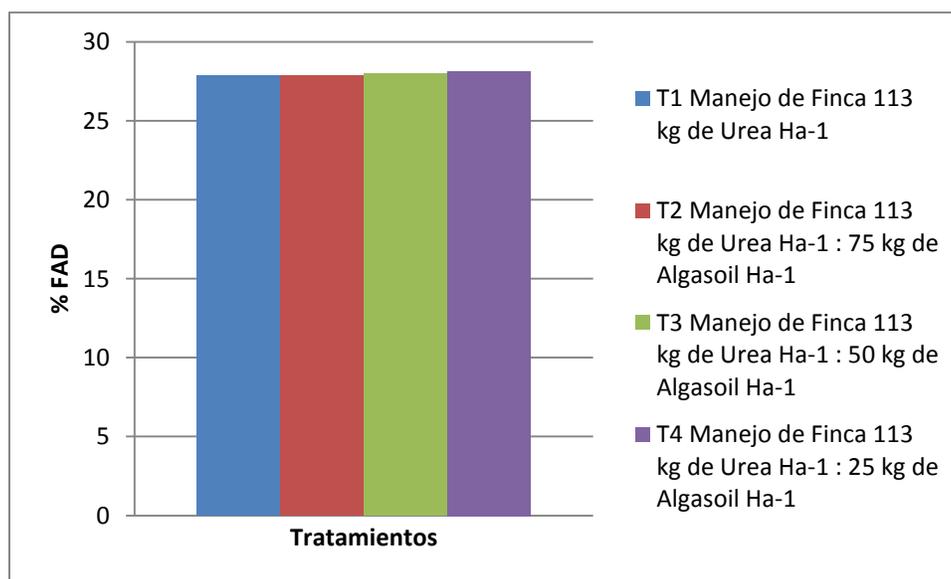


Figura 6. Valores para la Fibra Ácido Detergente (% FAD) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

El valor promedio para la FAD de la MS del Kikuyo, obtenido en este trabajo ronda un 28%. Según Andrade (2006), la literatura reporta un rango entre 20,2% y 42,0% como valores intermedios normales para la FAD. Estos datos son mayores que los encontrados en esta investigación. Por otro lado, los datos obtenidos en

este estudio sí se ubican dentro del rango normal que presenta la fibra ácido detergente, de acuerdo con Cuenca (2011), Andrade (2006) y Sánchez & Soto (1998) que reportan un valor de 29% y 34,8%, para la FAD en el pasto Kikuyo.

Los resultados para la FAD obtenidos en este estudio se pueden asociar a un buen valor de digestibilidad del forraje, ya que como lo cita Alcázar (1997), la digestibilidad es inversamente proporcional al valor de la FAD.

En el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p= 0,8547$) (Anexo 4)

4.2.4. Fibra Neutro Detergente (FND)

En el Cuadro 5 y Figura 7, se presentan los valores obtenidos para la FDN en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento estudiado.

Cuadro 5. Valores para la Fibra Neutro Detergente (% FND) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Tratamiento	Media	E.E.
1	54,74 ^a	0,36
2	54,71 ^a	0,54
3	55,02 ^a	0,26
4	55,00 ^a	0,42

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni ($\alpha > 0,05$)

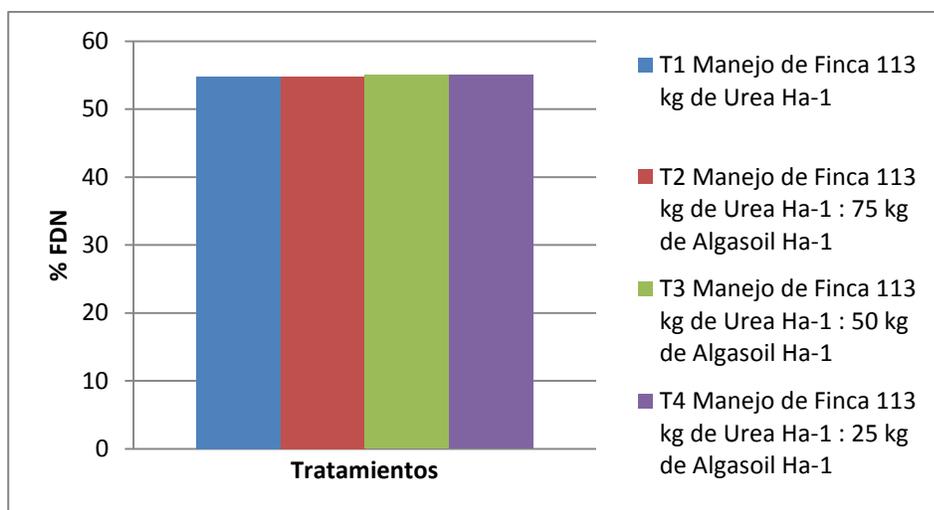


Figura 7. Contenido de Fibra Neutro Detergente (% FND) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017

Según el Cuadro 5 y Figura 7, la FND que resultó de los análisis bromatológicos de los cuatro tratamientos aplicados al pasto Kikuyo, no presentan diferencias significativas entre sí ($p=0,8993$) (Anexo 5). Según este estudio y el programa estadístico Infostat, se calculó un valor promedio de 54,86% para la FND.

Vale mencionar que Castillo et al. (1981) reportan 55,42%, mientras Cuenca (2011) indica un valor 62,01%, Andrade (2006) reporta 58%, y Sánchez y Soto (1998) reportan 68,3%, lo cual indica valores mayores que los encontrados en el presente estudio. Sin embargo, para Andrade (2006) la literatura expone un rango entre 42,3% y 84,0%. Lo que evidencia que los resultados obtenidos en este estudio, con un 54,86%, están dentro de los parámetros manejables.

La FND, es inversamente proporcional al consumo voluntario del semoviente, de acuerdo con esto y si se compara este estudio con la literatura anterior, los animales que consuman calidad forraje podrían consumir mayor cantidad de forraje que en los estudios anteriormente citados.

Aunado, vale la pena mencionar que, en comparación con el valor nutricional referente a la FND en los forrajes tropicales, el valor de la variable en estudio es

mayor que en las pasturas subtropicales y templadas, dado al grosor de la pared celular que presentan y que está conformada por celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice (Sorio 2012; Roche et al. 2009).

Sin embargo, para Marais (2001), el Kikuyo posee un alto contenido de FND, que resulta primordial, por ser proporcional entre la energía disponible y la producción lechera, que genera como resultado la baja digestibilidad de la materia seca. De acuerdo con los criterios anteriores, el 54.86% alcanzado en los tratamientos es aceptable.

4.2.5. Lignina

En el Cuadro 6 y Figura 8, se presentan los valores obtenidos para la lignina en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento estudiado.

Cuadro 6. Valores para la lignina (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Tratamiento	Media	E.E.
1	1,90 ^a	0,04
2	1,89 ^a	0,08
3	1,94 ^a	0,09
4	2,23 ^a	0,19

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni ($\alpha > 0,05$)

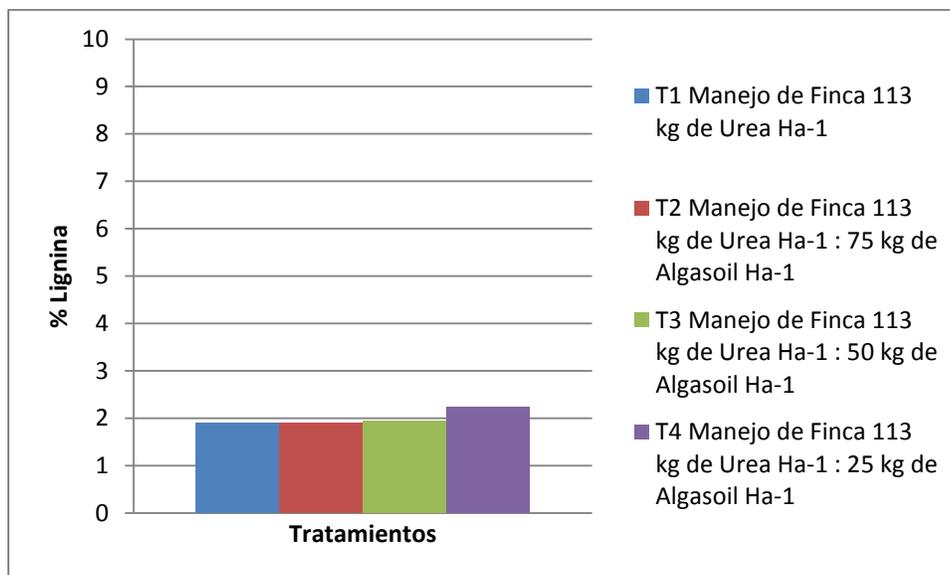


Figura 8. Valores para la lignina (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

El valor promedio para el contenido de lignina en la materia seca del Kikuyo, en este estudio, fue de 1,99%. Andrade (2006) reporta, para esta especie de pasto, contenidos de lignina de 2,69%, por su parte Sánchez & Soto (1998) reportan un 3,66%. Dichos valores son superiores al obtenido en este estudio, que incluso está por debajo del rango reportado por la literatura que, según Andrade (2006), va desde 2,4% hasta 8,8%.

La Lignina es un constituyente de la materia seca, restrictivo de la digestibilidad, ya que la disminuye. Por consiguiente, el consumo de la pastura se ve disminuido. Esta variable tiene características particulares, porque no tiene un tamaño ni una estructura definida, incluso siendo un polifenol, que carece de secuencias repetidas, lo que hace más complicado su proceso (Jung et al. 1997; Ralph 1996; Van Soest 1994).

Según Van Soest (1994), existen enlaces entre la fracción fibrosa y la lignina que influyen directamente la digestibilidad sobre las demás fracciones. Así, de acuerdo con lo indicado en la literatura consultada, el 1,99% de lignina encontrado en la investigación es satisfactorio en el forraje Kikuyo.

En el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p= 0,4384$) (Anexo 6)

4.2.6. Proteína cruda (PC)

En el Cuadro 7 y Figura 9, se presentan los valores obtenidos para proteína cruda (PC) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento estudiado.

Cuadro 7. Valores para la PC (%) en la MS del forraje de kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Tratamiento	Media	E.E.
1	24,63 ^a	0,22
2	24,72 ^a	0,28
3	24,14 ^a	0,19
4	24,14 ^a	0,36

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni ($\alpha > 0,05$)

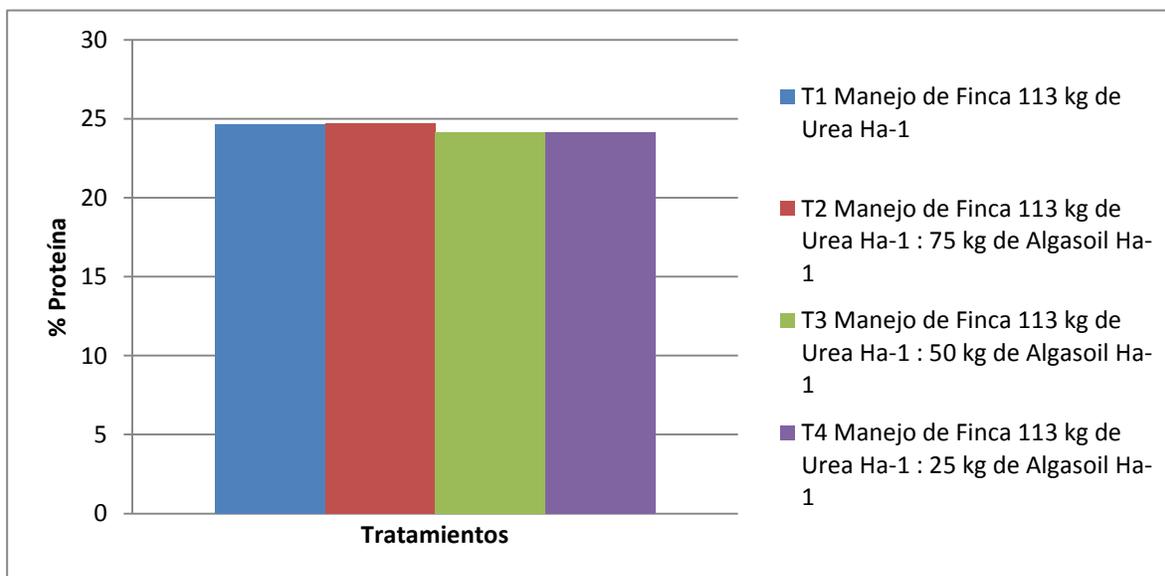


Figura 9. Valores para la PC (%) en la MS del forraje de Kikuyo por tratamiento en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

El valor promedio de 24,4% de PC en el forraje de Kikuyo bajo estudio se considera muy bueno, si se compara esto con lo obtenido en otros estudios con niveles altos de fertilización nitrogenada (Carulla 1999; Rodríguez 1999).

El fácil acceso por parte de los productores a fertilizantes nitrogenados, ha llevado a una mayor especialización de los sistemas de producción agropecuaria. La ganadería lechera no ha sido la excepción a esta práctica, donde el uso de fertilizantes nitrogenados se ha vuelto muy común, principalmente la urea, aplicada posterior a cada pastoreo (Soto et al. 2005; Hart et al. 1997).

Dado que obtiene efectos positivos a simple vista, los productores se inclinan por tan atractiva opción para la producción, ya que esta es la forma más generalizada para incrementar la cantidad de biomasa, la carga animal y la producción por hectárea.

En cuanto a los resultados alcanzados en este estudio con relación a la proteína cruda, se encontró un promedio de 24,41%. Según la investigación mencionada por Cuenca (2011), el dato obtenido fue de 22,38%, por su parte Andrade (2006) indica un 21,66% y menciona un rango aceptable que oscila desde 8,5 % hasta 29,9%. Asimismo, Sánchez & Soto (1996) indican un valor de 17,4% y, a su vez, Vargas (1981) y Quesada (1986) también reportan valores de 17,35% y 16,02%. Los valores anteriores son menores al 24,41% obtenido en el presente estudio, por lo tanto, este valor está dentro del rango deseado.

En el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p= 0,2487$) (Anexo 7)

4.3. Análisis económico

El costo total de la fertilización para la finca en las 11,1 hectáreas dedicadas a pastoreo para producción de leche, es mayor al aplicar Algasoil[®], con respecto a la fertilización tradicional de la finca.

En el Cuadro 8 se observa el costo de los tratamientos en forma detallada. El **tratamiento 1** (113 kg de urea Ha^{-1}) es el de menor costo con 29.907 colones por

Ha⁻¹, seguido por el **tratamiento 4** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 25 kg de Algasoil® Ha⁻¹) con 46.528 colones por Ha⁻¹, luego el **tratamiento 3** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 50 kg de Algasoil® Ha⁻¹) con 63.149 colones por Ha⁻¹ y finalmente, el **tratamiento 2** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 75 kg de Algasoil® Ha⁻¹), que resulta el de mayor costo con 79.790 colones por Ha⁻¹.

Cuadro 8. Costos de fertilización por tratamientos y total para la finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Kg MS Ha ⁻¹	3427	4646	4486	4179
¢ tratamiento Ha ⁻¹	29.907	79.790	63.149	46.528
¢ Kg MS Ha ⁻¹	8.73	17.17	14.08	11.13
Ton Ha ⁻¹ año ⁻¹	39	52	51	47
¢ Ha ⁻¹ año ⁻¹	341.130	910.114	720.302	530.716
Cantidad de ha	11.1	11.1	11.1	11.1
¢ total de la finca	3.786.548	10.102.270	7.995.353	5.890.951

4.4. Consideraciones generales

4.4.1. Producción de leche, costo de fertilización e ingreso por venta de leche

La producción total de leche de la finca, bajo el plan de fertilización habitual (Testigo para este estudio) y con 72 vacas en producción, es de 2.145 litros día⁻¹, equivalente a 783.144 litros año⁻¹ (Cuadro 9).

Cuadro 9. Producción de leche y costo de fertilización con el tratamiento testigo en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

Vacas	#	Leche (litros día⁻¹)	Leche (litros año⁻¹)	¢ producto venta de leche	¢ fertilización de las 11.1 hectáreas	¢ Ingreso venta leche - costo fertilización
Primera	35	1233	450.045	135.013.500		
Segunda	37	911	332.515	99.754.500		
Total	72	2145	783.144	234.943.200	3.786.548	231.156.651

Si se toma en cuenta el valor de la leche en la actualidad de 300 colones el litro, representa un ingreso por venta de leche de 234.943.200 colones al año (Cuadro 9).

Además, si consideramos el costo de fertilización en el manejo actual de la finca, que es de 3.786.548 colones, los ingresos brutos por venta de leche son de 231.156.651 colones al año.

4.4.2. Producción de forraje por hectárea y total en la finca

Como se puede observar en el Cuadro 10, la mayor producción de forraje se obtuvo con los tratamientos donde se complementó la fertilización que habitualmente usa la finca con Algasoil®.

Cuadro 10. Producción de forraje en cada tratamiento evaluado en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Ton MS ha ⁻¹ año ⁻¹	39	52	51	47
Cantidad de ha	11.1	11.1	11.1	11.1
Ton MS año ⁻¹ finca	433	588	568	529

Se nota claramente una superioridad en la producción al implementar el **tratamiento 2** (113 kg Ha⁻¹ de urea + 75 kg de Algasoil® Ha⁻¹) con respecto al tratamiento Testigo (113 kg Ha⁻¹ de urea).

Esta superioridad en cuanto producción de forraje, puede ser considerada para establecer programas de manejo en la finca, que permitan su uso tanto para incrementar el número de animales y así aumentar la producción de leche, o bien, para establecer un manejo de conservación de forrajes (heno) para alimentación o venta.

4.4.3. Consideración para aumento en producción de leche en la finca como propuesta al aumento en la producción de forraje

En el Cuadro 11, se pueden observar los valores para producción de forraje (Ton MS Ha⁻¹ año⁻¹) y la producción de leche (Ton MS Ha⁻¹ año⁻¹) para cada tratamiento. Como se muestra, los tratamientos donde se aplicó Algasoil® fueron

superiores al compararlos con el tratamiento Testigo o la fertilización habitual que realiza la finca.

Cuadro 11. Producción total de leche y forraje por año en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento3	Tratamiento 4
Ton MS Ha ⁻¹ año ⁻¹	433	588	568	529
Ton/MS Ha ⁻¹ año ⁻¹	783	1061	1025	955

Este aumento en la producción de forraje puede ser una alternativa para variar el sistema de producción actual de la finca, y con ello lograr un incremento de los ingresos, producto de un cambio de fertilización en los potreros.

Una primera opción sería incrementar el número de animales para aprovechar el aumento de forraje producido y así aumentar los ingresos de la finca.

Actualmente la finca ordeña 72 vacas, si se considera el aumento de forraje con los tratamientos donde se utiliza Algasoil®, es factible aumentar el número de vacas en producción en pastoreo.

Con la producción de forraje estimada en el estudio y considerando animales en las mismas condiciones, se podría aumentar el hato de producción en 26, 22 y 16 vacas, para los **tratamientos 2** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 75 kg de Algasoil® Ha⁻¹), **3** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 50 kg de Algasoil® Ha⁻¹) y **4** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 25 kg de Algasoil® Ha⁻¹), respectivamente (Cuadro 12).

Consecuentemente, si se considera que incremente el número de vacas lactantes en condiciones iguales a las actuales en la finca, se podría aumentar en un 35%, 31% y 22% la producción de leche, utilizando los **tratamientos 2** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 75 kg de Algasoil® Ha⁻¹), **3** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 50 kg de Algasoil® Ha⁻¹) y **4** (113 kg de urea Ha⁻¹ + 25 kg de Algasoil® Ha⁻¹), respectivamente.

Con la posibilidad de aumentar el número de vacas en ordeño y, por consiguiente, el aumento en la producción de leche, al hacer un balance entre ingresos brutos por venta de leche y los costos de la fertilización cuando se

agrega Algasoil[®], se podría proyectar un aumento en los ingresos brutos hasta e una 33%(Cuadro 12).

Cuadro 12. Proyección de producción de leche (Litros leche año-1) e ingresos (₡) a partir del uso de Algasoil[®] en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
No. vacas que se pueden mantener en pastoreo	72	98	94	88
Litros leche día ⁻¹	2145	2908	2808	2616
Litros leche año ⁻¹	783.144	1.061.564	1.025.041	955.021
Incremento producción de leche (%)	0	35	31	22
Ingreso bruto venta leche (₡)	234.943.200	318.469.344	307.512.342	286.506.568
Costo anual por fertilizante (₡)	3.786.548	10.102.270	7.995.353	5.890.951
Ingreso bruto ₡ (leche-fertilizante)	231.156.651	308.367.073	299.516.989	280.615.617
Rendimiento económico (%)	0	33	30	21

Una segunda opción para aprovechar el aumento de la producción de forraje con los tratamientos con Algasoil[®], respecto al manejo tradicional de la finca, sería su utilización como forraje conservado (heno).

En el Cuadro 13 se pueden observar el cálculo para una estimación de ingresos por venta de forraje, en forma de heno, como excedente en cada tratamiento evaluado.

Cuadro 13. Proyección de ingresos por propuesta de venta de excedente de forraje producido en finca El Encino, Zarcero, Costa Rica, 2016-2017.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Producción Ton MS ha ⁻¹ año ⁻¹	39	52	51	47
Excedente Ton MS ha ⁻¹ año ⁻¹	0	13	12	8
Precio ¢ Ton MS		100.000	100.000	100.000
Ingreso bruto ¢		1.300.000	1.200.000	800.000
Costo		17.170	14.080	11.130
Producción ¢ Ton MS Costo		223.210	168.960	89.040
Producción total ¢				
Ingreso neto ¢ ha ⁻¹ año ⁻¹		1.076.790	1.031.040	710.960

Es una realidad el uso de heno en la zona para alimentar los animales en épocas consideradas críticas. El valor de este material a precio de mercado en la zona, está alrededor de 100.000 colones la tonelada.

Si se toma en cuenta el costo de la fertilización en cada tratamiento y los costos aproximados de cosecha del forraje para la elaboración del heno, se estima un costo total en colones de 17.170, 14.080 y 11.130 para cada uno de los tratamientos con Algasoil®.

Ahora bien, si se toman los ingresos supuestos por el excedente de forraje en forma de heno, producto de la aplicación de Algasoil®, y la cantidad de hectáreas dedicadas a la producción de forrajes, se estiman ingresos adicionales en el sistema por el orden hasta de 1.076.790 colones.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo y con base en los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

1. La producción de materia seca en el pasto Kikuyo es generalmente de 3.517 kg MS Ha⁻¹. La obtenida con el tratamiento Testigo fue de 3.427 kg MS Ha⁻¹, pero el estudio evidenció un incremento hasta 4.646 kg MS Ha⁻¹, con el empleo de Algasoil[®], lo que demuestra la diferencia que puede producir en esta el uso del producto mencionado.
2. El valor nutricional de la materia seca del pasto Kikuyo no presentó diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables evaluadas (cenizas 10,36%; extracto etéreo 3,02%; FND 54%, FAD 28%; lignina 1.99% y PC 24,4%).
3. Los costos de fertilización fueron mayores que el Testigo a medida que se incrementó el nivel de aplicación del Algasoil[®]. Como se muestra, en el tratamiento 1, sin aplicación de Algasoil[®], el costo es de 29.907 colones Ha⁻¹, lo sigue el tratamiento 4, aplicando 25 kg de Algasoil[®] con 46.528 colones Ha⁻¹, después está el tratamiento 3, que utiliza 50 kg de Algasoil[®] con 63.149 colones Ha⁻¹, y el más costoso con 79.790 colones Ha⁻¹, es el tratamiento 2, que suma 25 kg de Algasoil[®] a la urea.
4. El uso de Algasoil[®] resulta en un aumento en la producción de forrajes, que podría ser alternativa ya sea para aumentar la producción de leche, mediante el incremento de animales, o bien, para la venta del excedente de forraje en forma de heno.

6. RECOMENDACIONES

- 1- Realizar nuevas investigaciones con niveles menores de fertilizante nitrogenado.
- 2- Efectuar nuevas investigaciones en diferentes pasturas con el fin de determinar su efecto en rendimiento y valor nutricional.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcázar, J. 1997. Bases para la Alimentación Animal y la Formulación Manual de Raciones. Génesis Producciones Gráficas. La Paz, Bolivia. 158p.
- Andrade, M. 2006. Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 225 p.
- ANKOM. 2015. Neutral Detergent Fiber in Feeds - Filter Bag Technique (for A2000 and A2000I). Methods 12, 13 (online). Consultado el 20 de agosto 2016. Disponible en: <https://www.ankom.com/product-catalog/ankom-2000-automated-fiber-analyzer>
- Azcon, J. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Introducción a las hormonas vegetales. España. Mc. Graw - Hill. pp. 298-374
- Banghert, F., y Grubber, J. 2000. Mutual interaction between auxin and cytokinin in regulating correlative inhibition. *Plant Growth Regulation* 32:205-217.
- Bauman, D; Baumgard, L; Corl, B. Griinari, M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants; *Proceedings of the American Society of Animal Science*. Indianapolis, Indiana. 15 p.
- Bernal, J. 2003. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo.
- Brand, S; Franck, F; Coetzee, J. 1999. Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture for sheep. 1. Pasture quality and nutrient intake of ewes; *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 42: 459 - 465. Consultado el 20 de agosto 2016. Disponible en: www.rsnz.org/publish/nzjar/1999/50.pdf
- Buelvas, A. 2009. Evaluación de tres tipos de fertilizantes sobre la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto maralfalfa (*pennisetum* sp) cosechado a cuatro estadios de crecimiento diferentes. Tesis. Universidad La Salle. Bogotá.
- Cabrera, R. 1987. Análisis Proximal de Balanceados para Parrilleros y Ponedoras Comerciales Ofertados en Santa Cruz de La Sierra. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Santa Cruz de La Sierra, Bolivia. 3 – 4 – 8 – 16 –17p.

- Caro, F., y Correa, J. 2006. Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macrominerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 16 p. *Livestock Research for Rural Development* 18 (10).
- Carulla, J. 1999. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la proteína del forraje; En: Simposio Internacional sobre la Proteína en la Leche, Medellín. 7 p.
- Castillo, E; Coward, J; Sánchez, J; Jiménez, C. López, C. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre la productividad, composición química y digestibilidad in vitro del pasto Kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. *Agronomía Costarricense* 7. 9- 15 p
- Chamorro, M. 1996. Memorias de curso pasturas tropicales: consumo y valor nutritivo de los forrajes.: Corpoica regional. Medellín. p. 4.
- Correa, H. 2006. Posibles factores nutricionales, alimenticios y metabólicos que limitan el uso del nitrógeno en la síntesis de proteínas lácteas en hatos lecheros de Antioquia. *Livestock Research far Rural Development* 18.
- Cuenca, L. 2011. Valor nutritivo y digestibilidad de dos gramíneas de clima templado o sierra. Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y grama (*Cynodon dactylon*) a tres edades de cosecha. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador. 79 p
- De Silva, W. 2012. Extracts of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, effect arabidopsis thaliana – myzus persicae interaction. Master of Science. Dalhousie University Halifax, Nova Scotia. p. 3. (en línea) Consultado el 05 de agosto de 2016. Disponible en: <http://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/15239/Weeraddana,%20Chaminda%20De%20Silva,%20MSc,%20AGRI,%20May%202012%20%281%29.pdf?sequence=1>
- Dhiman, T; Anand, R; Satter, L; Pariza, M. 1999. Conjugated Linoleic Acid Content of milk from cows fed Different Diets; *Journal of Dairy Science*. 82: 2146-2156.

- Di Rienzo, A; Casanoves, F; Balzarini, G; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C. 2015. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Donker, J. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. *J. of Dairy Sci.* 67(2):427-436.
- Estrada, J. 2002. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 506 p.
- Estrada, J. 2003. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Editorial de la Universidad de Caldas. Manizales. 167-188 p.
- Fukumoto, G., y Lee, C. 2003. Kikuyugrass for Forage; College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. LM-5. 4 p.
- Grant, R. 1991. Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. En línea Consultado el 01 de Agosto del 2016 Disponible el [http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/EVALUATING FIBROUS FEED FOR DAIRY CATTLE. Htm](http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/EVALUATING_FIBROUS_FEED_FOR_DAIRY_CATTLE.Htm)
- Guzmán del Prío, A; Casas, V; Díaz, A; Díaz, J; Pineda, J; Sánchez, M. 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México. *Inv. Mar. CICIMAR* 3(2): 63. p.
- Harris, B. 1993. The Importance of Fiber in Feeding Dairy Cattle. Florida Cooperative Extension Service: Circular 594.
- Harris, B. 1993. Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage sources. En línea. Consultado el 01 de agosto del 2016 Disponible en [http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/VALUE OF HIGH-FIBER ALTERNATIVE FEEDSTUFFS.html](http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/VALUE_OF_HIGH-FIBER_ALTERNATIVE_FEEDSTUFFS.html)
- Hart, J; Marx, E; Christensen, N; Moore, J. 1997. Nutrient management strategies; *Journal of Dairy Science.* 80: 2659 - 2666.
- Hatfield, R., y Fukushima, S. 2005. Can Lignin Be Accurately Measured? *Crop Science.* Volume 45: 832–839.
- Holdridge, L. 1987. Ecología Basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica.
- Heike, V. 2009. Taxonomía del *Pennisetum clandestinum*

- Instituto Meteorológico Nacional. MINAE. 2015.
- Jankiewicz, L. 2003. Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas: propiedades y acción. Ed. Mundiprensa, España. 487 p.
- Janzen, D. 1991. Historia Natural de Costa Rica. 1ª ed. Editorial de la UCR, San José, Costa Rica. 822 p.
- Jung, G; Mertens, R; Payne, A. 1997. Correlation of Acid Detergent Lignin and Klason Lignin with Digestibility of Forage Dry Matter and Neutral Detergent Fiber; Journal of Dairy Science. 80: 1622 – 1628.
- Juscafresa, B. 1986. Forrajes fertilizantes y valor nutritivo. Barcelona. Editorial Aedos.
- Kamstra, L; Stanley, R; Ishizaki, S. 1966. Seasonal and Growth Period Changes of Some Nutritive Components of Kikuyu Grass. The Journal of Range Management 19: 288 – 291.
- Laredo, M. 1988. Tabla de contenido nutricional en pastos y forrajes de Colombia; Medellín: ICA – Colanta. 40 pg.
- Laredo, M., y Mendoza, P. 1982. Valor nutritivo de pastos de zonas frías. I pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst). Anual y estacional; Revista ICA (Bogotá), 17: 157 – 167.
- Lee, R. 2008. Phycology. Cambridge University Press. 547 págs.4 ed.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. (3ª ed.). San José, Costa Rica.: Editorial Agroamérica.
- León, R. 2003. Pastos y forrajes producción y manejo. Quito- Ecuador: Agustín Alvarez. Cia. Ltda.
- Lluna, R. 2006. Hormonas Vegetales. (En línea). Madrid, España. Consultado 1 agosto 2016. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/article.php?sid=65197>
- Lobo, M. Díaz, O. 2001. Agrostología. San José, Costa Rica.: Universidad Estatal a Distancia.
- Lobo, M. Sánchez, O. 2001. En Agrostología. Costa Rica.
- Marais, J. 2001. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*)- a review. Tropical Grasslands. Volumen 35, 65-84.

- Mateo, E; Sánchez, I; Rodríguez, Y; Casas, M. 1993. Estudio florístico de las algas marinas bentónicas de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas*, vol. 19, núm. 1, pp. 41-60.
- Mattio, L; Payri, L; Claude E. 2009. 190 Years of Sargassum Taxonomy, Facing the Advent of DNA Phylogenies, *The New York Botanical Garden 2009, Bot. Rev.* (2011) 77:31–70.
- McCourt, M. 1984. Seasonal patten of abundance, distributions, and phenology in relation to growth strategies of three Sargassum species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 74: 141-156.
- Méndez, G. 2014. Fertilización a base de extractos de algas marinas y su relación con la eficiencia del uso de agua y de la luz de una plantación de vid y su efecto en el rendimiento y calidad de frutos. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Saltillo, Coahuila, México. En línea Consultado el 01 de agosto del 2016 Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7549/MENDEZ%20LOPEZ%2C%20GILDARDO%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Mila, A., y Corredor, G. 2004. Evolución de la Composición botánica una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Corpoica*.
- Miles, N; Thurtell, L; Riekert S. 2000. Quality of Kikuyu herbage from pastures in the Eastern Cape coastal belt of South Africa. *South African Journal of Animal Science* 30 (Supplement 1): 85 – 86
- Moore, G; Sanford, P; Willey, T. 2006. Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Perennial pastures for Western Australia. En línea. Department of Agriculture and Food Western. Australia. AU. 4 p. Consultado el 01 de agosto del 2016 Disponible en: http://www.agric.wa.gov.au/objtwr/imported_assets/content/past/kikuyu.pdf
- NRC. 2001. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 7th ed. Natl. Academic Press. Washington, D.C., USA.

- Núñez, L., y Casas, M. 1997. Variación estacional de la biomasa y talla de *Sargassum* spp. (Sargassaceae, Phaeophyta) en la Bahía Concepción, B. C. S., México. *Hidrobiológica*, 7: 19-25.
- Osorio, D., y Roldan, J. 2006. *Volvamos al campo Cultivo de Pastos y Forrajes*. Colombia: Grupo Latino LTDA.
- Paladines, O., y Izquierdo, F. 2007. Fertilización de pasturas en el Centro Norte de la Sierra Ecuatoriana. Quito-Ecuador.
- Pírela, M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Venezuela.
- Prieto, G. 1988. Evaluación Agrostológica y mapeo de una pradera nativa en el Altiplano semiárido de la provincia Ingavi. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas y pecuarias. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 94p.
- Quesada, J. 1986. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetm clandestinum*, Hochst) a tres dosis de nitrógeno y de fósforo en el cantón de Vásquez de Coronado. Tesis Lic. Zootecnia. U.C.R.
- Quintero, S. 2009. Valor nutritivo de los forrajes. Curso de pastos y forrajes. Documentos. Editorial de Universidad de Antioquía. Medellín. p. 129.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review Plant Physiology and Molecular Biology* 51:501-531.
- Ralph, J. 1996. Cell Wall Cross-linking in Grasses; Informational Conference with Dairy and Forage Industries, US Dairy Forage Research Center. 8 p.
- Rivera, M., y Scrosati, R. 2006. Population dynamics of *Sargassum lapazeanum* (Fucales, Phaeophyta) from the Gulf of California, México. *Phycologia*. Volume 45 (2), 178-189.
- Roche, J; Turner, R; Lee, M; Edmeades, C; Donaghy, J; Macdonald, A; Penno, W; Berry, P. 2009. Weather, herbage quality and milk production in pastoral systems 2: Temporal patterns and intra-relationships in herbage quality and mineral concentration parameters. *Animal Production Science*. 49(3): 200-2010p

- Rodríguez, D. 1999. Caracterización de la respuesta a la fertilización en producción y calidad forrajera en los valles de Chiquinquirá y Simijaca (Estudio de caso); Trabajo de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Carrera de Zootecnia. 105 p.
- Rojas, G. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. Cuarta edición. Ed. Interamericana McGraw Hill. México, D.F, pp. 189-200
- Rojas, M., y Ramírez, H. 1987. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Ed. LIMUSA. México, D.F, pp 27-163.
- Rojas, M., y Ramírez, H. 1991. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Editorial Limusa.
- Rooker, R; Turner, P; Holt, A. 2006. Trophic ecology of Sargassum associated fishes in the Gulf of México determined from stable isotopes and fatty acids. Marine Ecology Progress Serie, Volume 313: 249-250.
- Sánchez, J., y Soto, H. 1998. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. Nutrición Animal Tropical 4 (1) 3-23.
- Sánchez, J., y Soto, H. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. Nutrición Animal Tropical 3(1): 3-18.
- Sanchez, J; Coward, J; Jimenez, C; Sossa, R; Lopez, C. 1985. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época seca sobre la producción y valor nutricional del pasto Kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. Agronomía Costarricense 9. 219- 227 p
- Sarwar, G; Schmeisky, S; Hussian, M; Muhammad, I; Safdar, E. 2008. Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. Pakistan J Bot. 40 (1): 275-282.
- Schiefeldbein, J., y Benfey. P. 1991. The development of plant roots: new approaches to underground problems. The Plant Cell 3:1147-1154.

- Silva, J. 1984. Recomendaciones generales sobre gramíneas y leguminosas de clima frío, medio y caliente, Pasto Colombia, ICA-DRI convenio Colombo – Holandes. 38 p
- Sorio, H. Pastoreo Voisin: teorías – prácticas – vivencias. 2012. 3ª ed. Méritos Editora Ltda. 298p.
- Soto, C; Valencia, A; Galvis, R; Correa, H. 2005. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volume 18 (1): 17 - 26. Consultado el 20 de Agosto 2016. Disponible en: http://rccp.udea.edu.co/v_anteriores/18-3/pdf/18-1-3.pdf.
- Soto, C; Valencia, A; Galvis, R; Correa, H. 2005. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En línea. Consultado el 01 de agosto del 2016. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volume 18 (1): 17 - 26. Disponible en http://rccp.udea.edu.co/v_anteriores/18-3/pdf/18-1-3.pdf
- Suárez, C. 2008. Fauna asociada a mantos de Sargassum (Ochrophyta: Fucales) en el Saluzoso, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. CICIMAR-IPN.
- Suarez, C. 2016. Evaluación agronomica y nutricional de Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) a partir de diferentes biofertilizantes en la finca los robles de la fundación universitaria de Popayan. Tesis de Maestría, Universidad de Manizales, Popayan, Cauca, Colombia. 70 p
- Taiz, L., y Zeiguer, E. 2006. Fisiología vegetal. Volumen 1: Las células vegetales. Transporte de agua y de solutos. Bioquímica y metabolismo. p. 587.
- Tauer, L., y Mishra, A. 2006. Dairy Farm Cost Efficiency. Journal of Dairy Science 89:4937-4943.
- Tozer, R; Bargo, F; Muller, D. 2004. The Effect of Pasture Allowance and Supplementation on Feed Efficiency and Profitability of Dairy Systems. Journal of Dairy Science 87:2902-2911.

- Urbano, D. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales. En línea. Consultado el 01 de agosto del 2016. Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ). 14: 129-139. Disponible en http://www.revfacagronluz.org.ve/v14_1/v141z011.html
- Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant; Cornell University Press. 476 p.
- Vargas, V. 1981. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad, contenido de proteína cruda y mineral del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst) bajo pastoreo en el cantón de Coronado. Tesis Lic. Zootecnia UCR.
- Vibrans, H. 2009. *Pennisetum clandestinum* En línea Consultado el 01 de Agosto del 2016 Disponible en: [http://www.conabio.gob .mx/malezasdemexico /poaceae/pennisetumclandestinum/ fichas/ficha.htm](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/pennisetumclandestinum/fichas/ficha.htm)
- Villalobos, L; Arce, J; WingChing, R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 37 (2): 91-103.
- Weaver, R. 1990. Reguladores del Crecimiento de las plantas en la Agricultura. Ed. Trillas. México, D.F., pp 17-141.
- Zapata, F. 2000. Kikuyo; Especies Forrajeras Versión 1.0. Colombia: Agrosoft Ltda.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico para los datos de producción de Materia Seca de los cuatro tratamientos del estudio Efecto de la aplicación de Algasoil® sobre el rendimiento y valor nutricional del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Medidas de ajuste del modelo

n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
16	183,61	186,04	-86,81	266,12	0,80	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3956,79	<0,0001
Tratamiento	3	16,51	0,0001

Pruebas de hipótesis marginales

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	3	12	16,51	0,0001

Media - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	4646,10	133,06	A
3	4486,25	133,06	A B
4	4179,90	133,06	B
1	3427,65	133,06	C

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

Anexo 2. Análisis estadístico para los datos de la variable Cenizas de los cuatro tratamientos del estudio Efecto de la aplicación de Algasoil® sobre el rendimiento y valor nutricional del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
16	9,24	13,12	3,38	0,22	0,36	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	67615,07	<0,0001
Trat	3	2,86	0,0814

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	98345,48	<0,0001
Trat	3	2,86	0,0814

Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	numDF	denDF	F-value	p-value
1 Trat	3	12	2,86	0,0814

Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*
 Formula: ~ 1 | Trat

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
1	1,00
2	0,75
3	0,44
4	0,54

Cenizas - Medias ajustadas y errores estándares para Trat

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Trat	Medias	E.E.	
3	10,47	0,05	A
1	10,41	0,11	A
4	10,37	0,06	A
2	10,19	0,08	A

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

Anexo 3. Análisis estadístico para los datos de la variable Extracto Etéreo de los cuatro tratamientos del estudio Efecto de la aplicación de Algasoil® sobre el rendimiento y valor nutricional del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehchst. Ex Chiov.) en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	O
16	-7,42	-3,54	11,71	0,05	0,34	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	19829,79	<0,0001
Trat	3	2,71	0,0915

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	37278,99	<0,0001
Trat	3	2,71	0,0915

Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	numDF	denDF	F-value	p-value
1 Trat	3	12	2,71	0,0915

Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent
 Formula: ~ 1 | Trat

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
1	1,00
2	2,64
3	0,98
4	1,70

Ext.Et - Medias ajustadas y errores estándares para Trat

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Trat	Medias	E.E.	
1	3,08	0,03	A
2	3,07	0,07	A
3	3,02	0,02	A
4	2,94	0,04	A

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

Anexo 4. Análisis estadístico para los datos de la variable Fibra Ácido Detergente de los cuatro tratamientos del estudio Efecto de la aplicación de Algasoil® sobre el rendimiento y valor nutricional del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehchst. Ex Chiov.) en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
16	37,94	41,82	-10,97	0,36	0,07	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	50946,68	<0,0001
Trat	3	0,26	0,8547

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	58661,55	<0,0001
Trat	3	0,26	0,8547

Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	numDF	denDF	F-value	p-value
1 Trat	3	12	0,26	0,8547

Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | Trat

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
1	1,00
2	1,47
3	1,29
4	1,67

FAD - Medias ajustadas y errores estándares para Trat

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Trat	Medias	E.E.	
4	28,14	0,30	A
3	28,01	0,23	A
1	27,89	0,18	A
2	27,83	0,26	A

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

Anexo 5. Análisis estadístico para los datos de la variable Fibra Neutro Detergente de los cuatro tratamientos del estudio Efecto de la aplicación de Algasoil® sobre el rendimiento y valor nutricional del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
16	48,97	52,85	-16,49	0,72	0,04	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	73021,16	<0,0001
Trat	3	0,19	0,8993

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	96840,11	<0,0001
Trat	3	0,19	0,8993

Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	numDF	denDF	F-value	p-value
1 Trat	3	12	0,19	0,8993

Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*
 Formula: ~ 1 | Trat

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
1	1,00
2	1,51
3	0,72
4	1,17

FDN - Medias ajustadas y errores estándares para Trat

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Trat	Medias	E.E.	
3	55,02	0,26	A
4	55,00	0,42	A
1	54,74	0,36	A
2	54,71	0,54	A

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

Anexo 6. Análisis estadístico para los datos de la variable Lignina de los cuatro tratamientos del estudio Efecto de la aplicación de Algasoil® sobre el rendimiento y valor nutricional del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
16	14,46	18,34	0,77	0,09	0,32	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1143,71	<0,0001
Trat	3	0,97	0,4384

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3003,85	<0,0001
Trat	3	0,97	0,4384

Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	numDF	denDF	F-value	p-value
1 Trat	3	12	0,97	0,4384

Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula: $\sim 1 \mid \text{Trat}$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
1	1,00
2	1,91
3	2,20
4	4,49

Lign - Medias ajustadas y errores estándares para Trat

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Trat	Medias	E.E.	
4	2,23	0,19	A
3	1,94	0,09	A
1	1,90	0,04	A
2	1,89	0,08	A

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

Anexo 7. Análisis estadístico para los datos de la variable Proteína Cruda de los cuatro tratamientos del estudio Efecto de la aplicación de Algasoil® sobre el rendimiento y valor nutricional del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.) en Palmira, Zarcero, Alajuela, Costa Rica.

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
16	39,45	43,33	-11,73	0,43	0,25	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	32417,35	<0,0001
Trat	3	1,57	0,2487

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	40923,62	<0,0001
Trat	3	1,57	0,2487

Pruebas de hipótesis tipo III - prueba

	numDF	denDF	F-value	p-value
1 Trat	3	12	1,57	0,2487

Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*
 Formula: ~ 1 | Trat

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
1	1,00
2	1,31
3	0,89
4	1,67

PC - Medias ajustadas y errores estándares para Trat

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Trat	Medias	E.E.	
2	24,72	0,28	A
1	24,63	0,22	A
3	24,15	0,19	A
4	24,14	0,36	A

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