

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**EFFECTO DE LA COMBINACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN  
ORGÁNICA E INORGÁNICA MÁS BIOESTIMULANTE EN  
PASTURAS COMPUESTAS POR *Pennisetum clandestinum* Y  
*Cynodon nlemfuensis* EN SUCRE DE SAN CARLOS, COSTA RICA**

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

**MELINA CASTRO MORERA**

**2017**



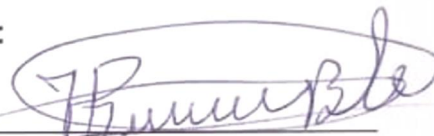
Carrera de Ingeniería en Agronomía  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sede Regional San Carlos  
2005 - 2018

**EFFECTO DE LA COMBINACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN  
ORGÁNICA E INORGÁNICA MÁS BIOESTIMULANTE EN  
PASTURAS COMPUESTAS POR *Pennisetum clandestinum* Y  
*Cynodon nlemfuensis* EN SUFRE DE SAN CARLOS, COSTA  
RICA**

**MELINA CASTRO MORERA**

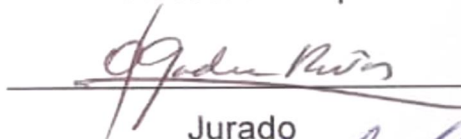
**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Parménides Furcal Beriguete, M. Sc.




Asesor Principal

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



Jurado

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



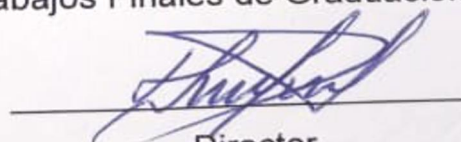
Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



Coordinadora  
Trabajos Finales de Graduación

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



Director  
Escuela de Agronomía

## **DEDICATORIA**

Primeramente, le dedico este trabajo a mis padres y a mi tía Zulay Castro, por ser mis guías y ejemplos durante mi carrera y mi vida universitaria.

A todas las personas que me apoyaron e hicieron contribuciones durante la ejecución, redacción y conclusión de esta tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

A todos mis profesores, amigos, compañeros y familiares que estuvieron presentes durante el desarrollo de esta investigación y durante mi formación como profesional.

## TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes y justificación .....	1
1.2. Objetivo general .....	2
1.3. Objetivos específicos .....	2
1.4. Hipótesis .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	1
2.1. Características de pasto Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) .....	1
2.2. Características del pasto Estrella ( <i>Cynodon nlemfuensis</i> ) .....	1
2.3. Valor nutritivo de un pasto o forraje .....	2
2.4. Periodo de descanso .....	3
2.5. Fertilización en pasturas .....	4
2.6. Bioabonos .....	5
2.7. Microelementos .....	6
2.8. Bioestimulantes .....	6
2.9. Biocatalizadores .....	7
2.10. Fibra detergente ácido (FDA) .....	7
2.11. Fibra detergente neutro (FDN) .....	8
2.12. Proteína en pasto .....	8
2.13. Porcentaje de Materia seca (MS).....	9
2.14. Análisis foliar.....	9

2.15.	Disponibilidad de biomasa.....	10
2.16.	Nivel crítico .....	11
2.17.	Katabion® .....	12
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1.	Ubicación y características del sitio de estudio .....	13
3.2.	Periodo de estudio .....	16
3.3.	Área experimental y Unidad experimental .....	17
3.4.	Descripción de tratamientos .....	17
3.5.	VARIABLES DE RESPUESTA .....	20
3.4.1.	VARIABLES DE RENDIMIENTO .....	20
3.4.2.	VARIABLES NUTRICIONALES .....	20
3.6.	Metodología de toma de datos .....	20
3.7.	Diseño experimental y arreglo de tratamientos .....	25
3.8.	Análisis estadístico.....	25
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	Producción de Materia Seca (MS) .....	27
4.2.	Peso Fresco (PF) .....	36
4.3.	Concentración de elementos en la pastura .....	42
4.3.1.	Concentración de macroelementos .....	42
4.3.2.	Concentración de microelementos.....	46
4.4.	Proteína Cruda (PC).....	48
4.5.	Fibra Detergente Neutro (FDN).....	50
4.5.1.	FDN P. clandestinum .....	50
4.5.2.	FDN C. nlemfuensis .....	52
4.6.	Fibra Detergente Ácido (FDA).....	53

4.6.1. FDA P. clandestinum .....	53
4.6.2. FDA C. nlemfuensis .....	54
4.7. Costos de producción .....	54
5. CONCLUSIONES.....	58
6. RECOMENDACIONES.....	59
7. BIBLIOGRAFÍA.....	60
8. Anexos .....	71
8.1. Etiqueta de Fertilizante foliar Katabion® .....	71

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Absorción total de nutrientes por periodo de descanso (entre rebrotes) durante un año en pastoreo rotacional con ganado lechero en el pasto Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) en Carrizal, Alajuela, y el pasto Estrella africana ( <i>Cynodon nlemfuensis</i> ) en San Carlos, Alajuela, Costa Rica. ....	10
2 Producción de MS (Kg) en la fertilización química y orgánica en la producción de pasto <i>P. clandestinum</i> en dos cortes en Latacunga, Cotapaxi, Ecuador. ....	11
3 Resultados de análisis químico del suelo del área experimental antes del inicio del experimento. San Carlos, Costa Rica. 2016. ....	15
4 Relaciones de bases según análisis químico del suelo de área experimental antes del inicio del estudio. San Carlos, Costa Rica. 2016. ....	15
5 Composición química de abono orgánico (Tratamiento AO) utilizado en área experimental en Sucre de San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017. ....	17
6 Composición química de fórmula completa (Tratamiento AO & Q) utilizado en área experimental en Sucre de San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017. ....	18
7 Producción anual de MS de Estrella y Kikuyo ( $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ ). San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017. ....	27
8 Composición botánica por corte (cosecha) en el área experimental. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017. ....	28

9	Media de MS ( $t\ ha^{-1}$ ) y error estándar para Tratamiento por Corte San Carlos, Costa Rica. 2017.....	30
10	Media de MS ( $t\ ha^{-1}$ ) y error estándar para factor Corte. San Carlos, Costa Rica. 2017. Octubre 2016- junio 2017 .....	31
11	Media de MS ( $t\ ha^{-1}$ ) y error estándar para factor Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017.....	34
12	Media de PF ( $t\ ha^{-1}$ ) de la pastura y error estándar para la interacción Corte por Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017 .....	36
13	Media de PF ( $t\ ha^{-1}$ ) y error estándar para factor Corte. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017.....	38
14	Media de PF en pastura ( $t\ ha^{-1}$ ) y error estándar para Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017 .....	40
15	Media y error estándar para la concentración de macroelementos en Kikuyo. Media general para el porcentaje de macroelementos en Estrella. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.....	43
16	Media y error estándar del porcentaje de microelementos en Kikuyo. Media del porcentaje de microelementos en Estrella. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017. ....	46
17	Media y error estándar de porcentaje de PC en Kikuyo. Media de porcentaje de PC en Estrella. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.....	48
18	Media y error estándar del porcentaje de % FDN en pasto Kikuyo para factor Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.....	51

19	Media general de % FDN para factor Tratamiento en pasto Estrella. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.....	52
20	Media y error estándar del porcentaje de % FDA en pasto Kikuyo para factor Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.....	53
21	Media general de % FDA para factor Tratamiento en pasto Estrella. Junio 2017. San Carlos, Costa Rica. 2017.....	54
22	Costos fijos de producción de pasto en Sucre. San Carlos, Costa Rica. Periodo octubre 2016-junio 2017.....	56
23	Costos variables de producción anuales y costo marginal por kilogramo de MS y PC según tratamiento. San Carlos, Costa Rica. 2017 .....	56
24	Cálculo del costo en colones del pasto consumido por vaca en periodo de lactancia. Sucre, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. ....	46

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Histórico de precipitación promedio mensual en el distrito de Ciudad Quesada del cantón de San Carlos, Costa Rica. (IMN 2017).....	14
2 Histórico de radiación promedio mensual en el distrito de Ciudad Quesada del cantón de San Carlos, Costa Rica. (IMN 2017). ....	14
3 Cronograma de corte (cosecha) y fertilización de la pastura. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017.....	16
4 Representación gráfica de la ubicación de las cuadrículas de 0,25 m <sup>2</sup> en el área útil dentro una parcela experimental. Área de borde: 0,5 m. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016 a junio 2017 .....	21
5 Eliminación de estructuras fuera del área de la cuadrícula de 0,25 m <sup>2</sup> para selección de material en un punto de muestreo. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016 a junio 2017.....	21
6 Corte y recolección de la muestra de un punto de muestreo con el uso de cuadrícula de 0,25 m <sup>2</sup> . San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016 a junio 2017 .....	22
7 (A) ubicación de cuadrícula de 0,25 m <sup>2</sup> para inicio del muestreo. (B) cuadrícula de 0,25 m <sup>2</sup> después de la recolección del material muestreado. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016 a junio 2017. ....	22
8 MS total en toneladas por hectárea (eje principal). Porcentaje de pasto Estrella y Kikuyo (eje secundario). San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017. ....	29

9	Comportamiento del PF (t ha <sup>-1</sup> ) y % MS de la pastura en los cortes. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017.....	37
10	Comportamiento del peso fresco (PF) y la materia seca (MS) de la pastura. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017 .....	39
11	Medias de peso fresco (PF) y materia seca (MS) por tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017 .....	41
12	Media y error estándar para el porcentaje de PC en <i>P. clandestinum</i> y media de porcentaje de PC en <i>C. nlemfuensis</i> 30 días después de siete ciclos de fertilización. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017. ....	50
13	Sección delantera Ficha técnica producto Katabión® .....	71
14	Sección trasera Ficha técnica producto Katabión® .....	72

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la combinación de fertilización líquida con características bioestimulantes, catalizadoras y micronutrientes quelatados junto con fertilización orgánica e inorgánica en cuanto a rendimiento, valor nutritivo y costos en una pastura compuesta por *Pennisetum clandestinum* (66,83%) y *Cynodum nlemfuensis* (29,85%) en una finca comercial localizada en Sucre de Ciudad Quesada de San Carlos (Y 113569. 78 y 456027. 29 en X) de la provincia de Alajuela. Se utilizó un diseño en Bloques Completos al Azar compuesto por cinco tratamientos con cinco repeticiones para variables de rendimiento y tres repeticiones para variables de valor nutritivo. Las variables de rendimiento se evaluaron durante siete cortes consecutivos con intervalos de 30 días a partir del primer mes de abonamiento; las variables de valor nutritivo se evaluaron utilizando el material recolectado en el séptimo mes. En relación con variables económicas, se estimó el costo del kilogramo de materia seca (MS) considerando condiciones de lactancia por 305 días. La mayor producción de MS se logró en la interacción entre el tratamiento de la combinación de abono orgánico con abono químico y el corte 6, el cual es representativo de la transición de menos lluvia a más lluvia en la zona, con  $3,28 \pm 0,30$  t MS ha<sup>-1</sup>. En cuanto a la producción de pasto fresco (PF), la media más alta se observó con la interacción del tratamiento de la combinación de abono orgánico, químico y el bioestimulante, en el corte 3, representativo de la transición de más lluvia a menos lluvia en la zona, con una producción de  $15,97 \pm 2,74$  t PF ha<sup>-1</sup>. El N fue el elemento que presentó la mayor concentración de nutrientes en hojas por ambas especies de pasto en el área tratada con 76 kg ha<sup>-1</sup> de Magnesamon (Testigo), por lo que también produjo la mayor proteína cruda (PC) con  $25,00 \pm 1,27\%$  en *P. clandestinum*. En *P. clandestinum* se observó el menor contenido de fibra detergente neutro (FDN) al combinar abono orgánico, químico y bioestimulante, así como en la combinación de abono orgánico con el bioestimulante, donde se determinó contenidos de 52,9% y 51,98%, respectivamente; mientras que en *C. nlemfuensis* el Testigo presentó la menor cantidad de FDN (63,24%). La cantidad de fibra detergente ácida (FDA) de *P. clandestinum* fue igual entre tratamientos. En *C. nlemfuensis* el menor contenido de FDA (25,28%) se observó al ser fertilizado con la combinación de abono orgánico con abono químico. El menor costo de

producción de MS (37 colones/kg) correspondió al Testigo en dosis de 76 kg ha<sup>-1</sup>, lo que equivale a 77 565 colones, considerando una lactancia de 305 días en vacas lecheras.

**Palabras clave:** Kikuyo, Estrella africana, valor nutricional, materia seca, costos de producción.

## ABSTRACT

The effect of the combination of liquid fertilization with biostimulant, catalytic and chelated micronutrient characteristics together with organic and inorganic fertilization in terms of yield, nutritional value and costs in a pasture composed of *Pennisetum clandestinum* (66.83%) and *Cynodum nlemfuensis* (29.85%) in a commercial farm located in Sucre of Ciudad Quesada de San Carlos (113569.78 in Y and 456027.29 in X) of the province of Alajuela. A design in Complete Blocks at Random was used, composed of five treatments with five repetitions for performance variables and three repetitions for variables of nutritional value. The yield variables were evaluated during seven consecutive cuts with intervals of 30 days from the first month of fertilization; For the variables of nutritional value, the material collected in the seventh month was used. In relation to economic variables, the cost of dry matter kilogram (DM) was estimated considering lactation conditions for 305 days. The highest DM production was achieved in the interaction between the treatment of the combination of organic fertilizer with chemical fertilizer and cut 6, which is representative of the transition from less rain to more rain in the area, with  $3.28 \pm 0.30$  t MS ha<sup>-1</sup>. Regarding the production of fresh grass (PF), the highest average was observed with the interaction of the treatment of the combination of organic fertilizer, chemical and biostimulant, in section 3, representative of the transition from more rain to less rain in the area, with a production of  $15.97 \pm 2.74$  t PF ha<sup>-1</sup>. With respect to the concentration of nutrients, N was the element that showed the highest concentration for both grass species in the area treated with 76 kg ha<sup>-1</sup> of Magnesamon (Control), which also produced the highest crude protein (PC) with  $25.00 \pm 1.27\%$  in *P. clandestinum*. In *P. clandestinum* the lowest content of neutral detergent fiber (NDF) was observed when combining organic, chemical and biostimulant fertilizer, as well as in the combination of organic fertilizer with the biostimulant, where contents of 52.9% and 51.98 were determined. %, respectively; whereas in *C. nlemfuensis* the Witness presented the lowest amount of NDF (63.24%). The amount of acid detergent fiber (FDA) of *P. clandestinum* was equal between treatments. In *C. nlemfuensis* the lowest content of FDA (25.28%) was obtained when fertilized with the combination of organic fertilizer with chemical fertilizer. The lowest DM production cost (37 colones / kg) corresponded to the control in a dose of 76 kg ha<sup>-1</sup>, equivalent to 77 565 colones, considering a lactation of 305 days in dairy cows.

**Key words:** Kikuyo, Estrella Africana, nutritional value, dry matter, production costs.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes y justificación

Costa Rica registra que 43,4% de las fincas cultivadas son cubiertas por pastos, equivalente a 1 044 909,6 hectáreas. La mayor superficie de fincas bajo esa condición se reporta en la provincia de Alajuela con 51,4% del total de su área (INEC 2015). Dentro de las principales zonas productoras de leche se encuentra la región Huetar Norte con un 43% de la producción (Barrientos y Villegas 2010), en donde se utilizan las pasturas Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) (Villalobos *et al.* 2013), entre otras. A pesar de que dichos pastos son los más importantes en la producción lechera se desconoce de sus necesidades nutricionales (Salas y Cabalceta 2014) y las repercusiones en la producción (Lesmus 2008). Los forrajes de los sistemas de producción del país han sido caracterizados por baja productividad y reducido valor nutritivo por unidad de superficie (Lesmus 2008), lo que podría corregirse con programas de fertilización, que garanticen el aporte de nutrientes y minerales necesarios para la nutrición del ganado (Santos 2014).

Para aumentar los rendimientos en la producción animal se debe realizar una fertilización balanceada a las pasturas utilizadas (Sánchez e Hidalgo 2010). Mena (2013), en estudios desarrollados en el trópico, demostró que la fertilización de pasturas mejora la producción y su valor nutritivo.

En el 2017 el mercado costarricense ofrece fertilizantes comerciales que brindan mejorías en la productividad de los sistemas de producción (Alpízar 2017), entre los cuales sobresalen los beneficios de productos comerciales como el Katabion®, el Triple 10 y los abonos orgánicos. El Katabion® contiene una combinación de microelementos, bioestimulantes y catalizadores útiles para las pasturas en las regiones tropicales. Sus componentes pueden activar procesos fisiológicos específicos que incrementan el crecimiento de los cultivos en ápices foliares y así aumentar la producción de forraje (Alvarado 2015). El Triple 10® es una combinación de abono orgánico con un fertilizante químico con una

composición de diez partes de cada uno de los elementos nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (10-10-10), elementos primarios necesarios para asegurar la producción de pasto.

El abono orgánico es formado por la degradación microbiana de materiales como residuos animales o vegetales acomodados en capas y sometidas a la descomposición, con lo cual se genera un producto económico y fácil de implementar en pasturas (Alayón 2014).

La aplicación combinada de fertilizantes químicos, abonos orgánicos y bioestimulantes podría aumentar la producción de las pasturas junto con un mayor valor nutritivo y generar un sistema ganadero rentable.

Por los motivos mencionados se ha realizado una investigación tipo tesis para optar por el grado académico de Licenciatura en la carrera Ingeniería en Agronomía, cuyo propósito es determinar el efecto en la producción de biomasa, el contenido de proteína, la concentración de micronutrientes, la fibra y los costos en un área conformada por pastos *Pennisetum clandestinum* y *Cynodon nlemfuensis*, a través de la aplicación combinada de un bioestimulante, un fertilizante químico granular y un abono orgánico, en un diseño en Bloques Completos al Azar en una pastura de finca La Bretañita, ubicada en el poblado de Sucre del distrito Quesada en el cantón de San Carlos de Alajuela, Costa Rica.

## **1.2. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la combinación de un bioestimulante, un fertilizante orgánico y otro inorgánico sobre la producción y el valor nutricional de una pastura compuesta por *Pennisetum clandestinum* y *Cynodum nlemfuensis*, estimando el costo económico de la fertilización.

## **1.3. Objetivos específicos**

- Determinar el contenido de biomasa de una pastura compuesta por *Pennisetum clandestinum* y *Cynodum nlemfuensis* después de fertilizada con la combinación de un bioestimulante y fertilizante orgánico e inorgánico.

- Determinar el valor nutricional de una pastura compuesta por *Pennisetum clandestinum* y *Cynodum nlemfuensis* después de fertilizada con la combinación de un bioestimulante y fertilizante orgánico e inorgánico.

- Estimar el costo de producción de materia seca generado por la aplicación de la combinación de un bioestimulante y fertilizante orgánico e inorgánico en una pastura compuesta por *Pennisetum clandestinum* y *Cynodum nlemfuensis*.

#### **1.4. Hipótesis**

El abonamiento con la combinación de un bioestimulante, un fertilizante orgánico y otro inorgánico mejora el valor nutricional y la producción de *Pennisetum clandestinum* y *Cynodum nlemfuensis*, además de reducir el costo de abonamiento.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Características de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

*Pennisetum clandestinum*, comúnmente llamado Kikuyo (Peters *et al.* 2010), es una planta originaria de Etiopía, caracterizada por ser una especie forrajera resistente al pastoreo. Es un forraje perenne (Parracia 2012), con tallos entre 5 cm y 20 cm de alto, con bastantes ramificaciones, posee hojas dobladas de 3 cm a 9 cm de largo y entre 2 y 5 mm de ancho (Herrera 2010).

Se ha observado que *P. clandestinum* presenta valores promedio de Proteína Cruda (PC) de 19,1%, de Fibra Neutro Detergente (FND) contiene 58,1% y 5,88% de lignina en la Materia Seca (MS) (Correa *et al.* 2008).

El Kikuyo es una planta que prefiere cortes altos, entre 4 cm a 6 cm, puede soportar bien los daños y tiene gran capacidad de recuperación, ya que es tolerante a las sequías y compactación (Parracia 2012). El nivel óptimo de precipitación va desde los 1000 a los 1600 mm anuales (Peters *et al.* 2010)

Según EPPO (2014), taxonómicamente al Kikuyo corresponde con la siguiente clasificación:

Dominio: Eukaryota  
Reino: Plantae  
Phylo: Magnoliophyta  
Clase: Angiospermae  
Orden: Poales  
Familia: Poaceae  
Género: *Pennisetum*  
Especie: *Pennisetum clandestinum*

(EPPO 2014)

### 2.2. Características del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*)

El pasto *Cynodon nlemfuensis*, conocido como Estrella o Estrella africana, es una especie exigente en fertilidad de suelos y manejo. Con respecto a su adaptación se menciona que crece bien entre los cero y los 1800 msnm, con precipitaciones cercanas a los 800 mm y 2500 mm. Prefiere las condiciones de

suelos con textura ligera, que sean francos o franco arcillosos, el mejor pH se encuentra entre 5-8. Puede reproducirse por medio de semilla sexual viable, sin embargo, la propagación vegetativa utilizando estolones o cepas es más rápida (Catholic Relief Services 2015).

El valor nutritivo de *C. nlemfuensis* es considerado alto, posee contenidos de proteína cruda entre 10% y 15%, con una digestibilidad entre 60% a 70% (Catholic Relief Services 2015; Peters *et al.* 2010). Londoño (2008) ha registrado valores de FDN de 60,87%, de FDA 28,84%, de MS 35,815 g/100 g y de proteína 9,5 g/100g; sin embargo, Quevedo (2014) ha encontrado valores de hasta un 65,7% de FDN, 23,49% de MS y 16,94% de proteína (expresada como proteína cruda en su investigación).

En términos fenológicos, el pasto Estrella africana debe cosecharse cuando presenta entre seis y ocho hojas, de manera que la planta tenga suficientes reservas energéticas para pastoreos posteriores y que su disponibilidad de biomasa sea sostenible (Villalobos y Arce 2013).

Según EPPO (2014), el pasto Estrella africana tiene la siguiente clasificación:

Dominio: Eukaryota  
Reino: Plantae  
Phylo: Magnoliophyta  
Clase: Angiospermae  
Orden: Poales  
Familia: Poaceae  
Género: *Cynodon*  
Especie: *Cynodon nlemfuensis*

### **2.3. Valor nutritivo de un pasto o forraje**

El contenido de fibra y de proteína son determinantes en la definición del valor nutritivo de un alimento (Romero 2012). Mejoras en el valor nutritivo de una pastura implica ventajas en la producción del sistema pecuario, por ejemplo, Mojica *et al.* (2009) encontraron que vacas en el primer tercio de lactancia podían incrementar su concentración de caseína en leche al ofrecer entre 2,6 kg y 4,0 kg MS/100 Kg de peso fresco (PF) de más en comparación a lo que se le brinda diariamente de pasto Kikuyo, además de mayor producción de leche sin aumentar

su cantidad de grasa. No obstante, Quevedo (2014) indica que la calidad de la leche, con respecto a los componentes grasa o proteína, dependen de características de la pastura como la MS, la proteína, FDN y energía bruta.

La calidad nutritiva tiene relación con el valor nutritivo de una pastura, esto debido a que la caída de la calidad puede ser por un aumento en la cantidad de pastura acumulada por efectos negativos en la estructura y la composición química (Agnusdei 2007).

#### **2.4. Periodo de descanso**

Voisin (2014) define, en su primera ley de pastoreo rotacional, que una pastura cuando ha sido cortada por los dientes de un animal puede alcanzar su producción máxima si existe tiempo suficiente entre dos cortes sucesivos, que permita que en las raíces se acumulen las reservas necesarias para un vigoroso rebrote. Es decir, cuando se ha dado un proceso de corte o de cosecha de pasto se debe dar un periodo de descanso, que se define como el lapso adecuado para acumular nuevamente reservas en la parte baja de la planta, proceso que es llamado periodo de descanso (Anzola y Giraldo 2015).

Después del pastoreo o cosecha del pasto, la planta pierde las hojas parcial o totalmente y sobrevive por la energía almacenada en las reservas de carbohidratos solubles en agua de las partes remanentes de la planta. Las reservas se utilizan para producir rebrotes y así recobrar su capacidad de fotosíntesis y producir follaje otra vez. Cuando la planta se recupera y aparecen los primeros rebrotes es el momento en que se ha recobrado su capacidad de fotosintetizar y de acumular carbohidratos solubles, es una señal para que las raíces reanuden su crecimiento (Sánchez 2007).

En los periodos de defoliación de pastos, las raíces detienen su crecimiento y esto puede durar varios días e incluso semanas, dependiendo de la especie y de cuán severa hubiera sido la pérdida de las hojas (Sánchez 2007). El proceso de recuperación se puede ver influenciado por sobre pastoreo o por una sobre cosecha, con efectos negativos en el rebrote debido a que se sobrepasa la altura

mínima de pastoreo y se consumen las áreas donde se acumulan los nutrientes de reserva. Por esta razón es relevante que se planifique el tiempo de permanencia de los animales en las praderas para observar una rápida recuperación (Anzola y Giraldo 2015).

## **2.5. Fertilización en pasturas**

El objetivo de la fertilización consiste en suministrar a la planta de todos los nutrientes necesarios para su óptimo crecimiento; es un proceso que provoca aumento en la producción de forraje, mayor calidad de la pastura, mayor periodo de aprovechamiento, mantiene el equilibrio entre especies (en los casos de pasturas mezcla), un mayor crecimiento inicial, mayor velocidad de rebrote y una prolongación de la vida útil de la pastura (Romero 2012).

Salas y Cabalceta (2014) consideraron que en la implementación de la fertilización se deben considerar diversos aspectos como el tipo de suelo, disponibilidad de nutrimentos e historial de manejo. Indican que la especie forrajera y el ciclo de crecimiento debe analizarse ya que las gramíneas requieren consumos de N y de P, los cuales se ven afectados por agentes ambientales; además mencionan que el requerimiento de nutrientes es mínimo cuando se cuenta con bajas tasas de crecimiento en el invierno y aumentan hasta el máximo pico de crecimiento en verano.

Existe un beneficio económico del uso de fertilizantes en pastos. Se ha encontrado que la aplicación de fertilizantes, junto con un manejo adecuado de los potreros en áreas de pastoreo continuo sin fertilización, junto a una adecuada rotación en los apartos, permite el incremento de la carga animal y los niveles de producción de leche y carne aumentan en una misma área (Alayón 2014).

Algunas pasturas son más exigentes que otras, la Estrella africana extrae muchos nutrimentos del suelo y requiere de fertilizaciones altas de N cuando el uso es muy intensivo, el Kikuyo se puede adaptar a altos niveles de Al y Mn, sin embargo, requiere de al menos 150 Kg ha<sup>-1</sup> de N anual y niveles de P disponible por encima de 15 ppm para mantener la productividad (Peters *et al.* 2010). En

Kikuyo el aumento de la frecuencia de aplicaciones de N evita la lixiviación de este elemento en periodos futuros, inclusive aumenta la consistencia, el crecimiento y el color (Barton *et al.* 2009).

## **2.6. Bioabonos**

La utilización de abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo para proporcionar mayores rendimientos en las cosechas se conoce desde la antigüedad (Alayón 2014). Son considerados universales porque aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo. En comparación con los fertilizantes químicos contienen menor cantidad de nutrimentos, pero la disponibilidad de dichos elementos es más constante durante el desarrollo del cultivo, a causa de la mineralización gradual a la que estos están sometidos (Trinidad 2007). Los bioabonos son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de minerales (Alayón 2014).

El costo de los fertilizantes ha provocado que los productores busquen estrategias que permitan la disminución en la inversión de fertilización, utilizando, entre otras opciones, la materia orgánica como fuente de abonamiento, ya que el impacto de esta sobre la estructura del suelo y sobre algunas otras características fisicoquímicas, ayuda a una mejor utilización del fertilizante químico y favorecen la calidad y producción de forraje verde (Zuluaga *et al.* 2009).

Por último, la decisión de cuál abono orgánico aplicar dependerá de las necesidades del suelo y de los cultivos donde se vaya a aplicar. Es decir, si los suelos tienen texturas entre medias (suelos francos) a livianas (suelos arenosos), la aplicación de los abonos líquidos debe ser frecuente, alrededor de cada quince días; en cambio, si las texturas son más pesadas (suelos arcillosos), la aplicación del producto debe distanciarse. Si los suelos tienen contenidos bajos de materia orgánica (< 3%) se debe aplicar abonos sólidos como los humus de lombriz o compost que también aportan N (Ormeño y Ovalle 2007).

## **2.7. Microelementos**

Una mayor producción de alimentos requiere de aumento en la cantidad de plantaciones de cultivos con altos rendimientos, esto resulta en un incremento en la demanda de microelementos. Los micronutrientes son aquellos que se necesitan sólo en cantidades traza, como el hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl), sodio (Na), níquel (Ni), silicio (Si), cobalto (Co) y selenio (Se). Los microelementos en la nutrición de la planta no deben ser descuidados, aunque sean necesarios en cantidades menores (Eyal 2008). Se recomienda la aplicación de elementos menores al menos una vez al año (*Mejía et al.* 2014)

Las funciones de los microelementos son muy variadas y se pueden catalogar, de manera general, con diversos descriptores, entre los que figuran, según Kass (2007) síntesis de clorofila, participación en fotosíntesis, fijación de N, enzimáticas, reacciones de reducción-oxidación y en la influencia del crecimiento de brotes nuevos (Kass 2007).

Por lo general, los microminerales no se analizan en forma rutinaria dentro de las características nutricionales de los pastos en las fincas costarricenses, inclusive, los análisis de microelementos practicados a forrajes del trópico americano indican que los minerales cobre, zinc, yodo, selenio y cobalto son deficientes para la nutrición del ganado lechero (Sánchez 2007).

## **2.8. Bioestimulantes**

A los bioestimulantes se les ha llamado bioproductos, su aplicación provoca beneficios desde el punto de vista económico y ecológico, actúan como estimuladores o reguladores de crecimiento de las plantas. Los compuestos hormonales en las plantas han explicado procesos fisiológicos sobre la regulación del crecimiento de los cultivos (Lua 2013). En ese sentido, los reguladores de crecimiento pueden aumentar, inhibir o modificar cualquier proceso en la fisiología vegetal (Ruiz *et al.* 2009), tales como la reducción del estrés, mayor calidad en la cosecha o mayor resistencia a plagas (Granados 2015).

Comercialmente se han desarrollado diferentes tipos de bioestimulantes, que si se aplican a las plantas por vía foliar o radical, son absorbidos eficientemente por las raíces y posteriormente utilizados de forma casi inmediata (Granados 2015).

## **2.9. Biocatalizadores**

Un catalizador es una sustancia que puede acelerar una reacción química y alcanzar el equilibrio químico a mayor rapidez. No es un producto de la reacción, sino que contribuye a que se desarrolle dicho producto en un proceso llamado catálisis. La forma de acción de los catalizadores es la reducción de la magnitud de la barrera energética que debe ser superada para que una sustancia pueda convertirse químicamente en otra. La magnitud de esta energía se denomina, termodinámicamente, como energía libre (Monte *et al.* 2013).

Las enzimas pueden actuar como biocatalizadores. Estas son proteínas de fácil difusión en los organismos de medios líquidos. A diferencia del resto de catalizadores, las enzimas presentan un 100% de rendimiento, incrementos mayores de la velocidad de reacción, versatilidad química, gran especificidad, posibilidad de regulación y labilidad estructural (Monte *et al.* 2013).

## **2.10. Fibra detergente ácido (FDA)**

La FDA se compone por celulosa, lignina y sílice (Jiménez y Quevedo 2011). Dicho concepto se refiere a los componentes de la planta que se disuelven al someter la muestra a ebullición con bromuro de cetiltrimetilamonio en medio ácido y subsecuente filtración y lavado del residuo. Es un método que da una buena estimación de celulosa y lignina (Goering y Van Soest 1970), los cuales son los componentes indigestibles por los animales (Salazar 2009).

Villalobos y Arce (2014) encontraron en pasto Estrella africana valores de FDA de 34,95%; sin embargo, Gaviria *et al.* (2015) han encontrado valores de hasta  $45,0 \pm 5,16$ .

En *P. clandestinum* se han encontrado valores de entre 19,35 y 23,44 % de FDA en zonas tropicales (Gualdrón y Padilla 2007), aunque otros autores como Sossa y Barahona (2015) han encontrado valores superiores, tales como 30,3%.

### **2.11. Fibra detergente neutro (FDN)**

La fibra se puede clasificar como detergente neutro (FDN) cuando está formada por celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice, los cuales son componentes de la pared celular (Jiménez y Quevedo 2011). De esta manera, se pueden analizar la cantidad componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) al utilizar un procedimiento que envuelve la extracción del alimento con una solución caliente de laurilsulfato de sodio y la subsecuente determinación gravimétrica del residuo (Goering y Van Soest 1970).

Correa *et al.* (2008) indican que muchas investigaciones ejecutadas en pasto Kikuyo reportan valores de FND cerca de 58,1%; también Sossa y Barahona (2015) reportan contenidos de un 57,15%. Sin embargo, también existen análisis realizados en dicho pasto que reportan entre 46,46 y un 52,38% de FDN (Gualdrón y Padilla 2007). En pasto Estrella africana se han encontrado valores de 64,21% (Villalobos y Arce 2014) o de hasta 75,5% (Salazar 2007).

### **2.12. Proteína en pasto**

Usualmente, la proteína se expresa como porcentaje de proteína cruda (PC) y para calcularla se requiere estimar el contenido de MS (Jiménez y Quevedo 2011).

La Estrella africana ha producido PC hasta en 20,27 % (Villalobos y Arce 2014). No obstante, se han encontrado valores más bajos, tales como  $10,1 \pm 2,33$  % en bosque seco tropical, con una altura de 540 msnm y precipitaciones de 1100 mm anuales (Gaviria *et al.* 2015).

Se ha observado 20,6% de PC en el pasto Kikuyo (Sossa y Barahona 2015). Posee un perfil de aminoácidos bien balanceado y es de un alto nivel proteico (Hlophe y Moyo 2014). En este pasto se ha demostrado que el uso de fertilización

nitrogenada puede mejorar entre 6% y 7% el contenido de proteína cruda (Carrera 2011).

Mena (2013) encontró que con fertilización química de composición 19-4-19 aplicada quince días después del corte se puede encontrar hasta 26,66% de proteína en pasto Kikuyo.

### **2.13. Porcentaje de Materia seca (MS)**

El porcentaje MS se refiere a la cantidad de alimento menos el agua contenida en dicho alimento, en otras palabras, después de someter un alimento a una temperatura constante, que sea más alta de lo normal, lo que queda es la porción de MS de ese alimento. Es importante conocerlo y aplicarlo debido a que los nutrientes que los animales necesitan están contenidos en la porción seca de un alimento (Ramírez 2011).

Se ha encontrado que el uso de fertilizante químico provoca que el pasto Kikuyo obtenga 24,83% de MS, un porcentaje mayor al obtenido con fertilizante orgánico (22,99%) o a la combinación de fertilizante orgánico con químico (22,83%) (Mena 2013). Por otro lado, Villalobos y Arce (2013) encontraron que en *Cynodon nlemfuensis* puede obtenerse hasta de 23,57% de MS.

### **2.14. Análisis foliar**

En las fertilizaciones, cuando se manejan fuentes con más de un nutriente, la cantidad por utilizar la determina el elemento de demanda mayor. Los análisis foliares son una guía para el ajuste del balance de nutriente; asimismo, se deben considerar aspectos económicos, biológicos, productivos, climáticos, entre otros para la recomendación de fertilizantes (Cerdas 2012).

La inversión en los análisis foliares se justifica cuando se trata de plantas en plena producción, así se establecen valores de comparación en las concentraciones que se toman como estándares, de manera que si se identifica un valor debajo de los niveles considerados normales, este se considera deficiente, en el caso contrario se pueden encontrar toxicidades (Guerrero 2012). Dichos análisis

permiten la cuantificación de la composición química y nutricional del forraje al determinarse la concentración total de nutrimentos y utilizando tablas preestablecidas o curvas de absorción de nutrimentos (Salas y Cabalceta 2014).

Rivera (2008) ha encontrado la absorción total de nutrientes en pasto Estrella y Kikuyo por periodo de descanso, esta puede observarse en el Cuadro 1, en el que se exponen los elementos en orden de mayor a menor absorción.

**Cuadro 1.** Absorción total de nutrientes por periodo de descanso (entre rebrotes) durante un año en pastoreo rotacional con ganado lechero en el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en Carrizal, Alajuela, y el pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Elemento	Kikuyo (Kg ha <sup>-1</sup> )	Estrella (Kg ha <sup>-1</sup> )
<b>K</b>	2184	1381
<b>N</b>	1273	1109
<b>Ca</b>	173	205
<b>P</b>	183	171
<b>Mg</b>	145	94
<b>S</b>	123	145
<b>Fe</b>	32,17	8,46
<b>Cu</b>	0,81	1,17
<b>Zn</b>	2,32	2,88
<b>Mn</b>	3,85	5,25
<b>B</b>	0,24	0,18

Adaptado de Rivera (2008).

## 2.15. Disponibilidad de biomasa

La medición de biomasa en las pasturas brinda información de gran importancia para las fincas debido a la relación directa que existe entre el material ofrecido por día a los animales en pastoreo (kg vaca<sup>-1</sup>) y su efecto sobre la carga animal (CA) (Villalobos *et al.* 2013). Es decir, la disponibilidad de biomasa de los pastos de piso se relaciona directamente con la capacidad de carga (unidades animales ha<sup>-1</sup>) y con esto se pueden desarrollar presupuestos forrajeros. Si se realizaran evaluaciones de MS una vez a la semana por aparto sería posible la estimación de la ganancia por animal. El muestreo de biomasa en una finca le permite al productor un uso mucho más eficiente de su pastura al identificar

producciones que sobrepasan el promedio o se identifican de déficits que pueden corregirse (McCutcheon 2011).

La disponibilidad de biomasa se puede presentar en términos de rendimiento, con kilogramos de MS. En el Cuadro 2 se presentan los valores encontrados por Mena (2013), donde se encontró una producción de MS (en Kg) cercana a 0,40 kg m<sup>2</sup> en una segunda cosecha utilizando fertilizante químico en pasto Kikuyo, mientras que con fertilizante orgánico alcanzó valores de 0,35 kg después de una segunda aplicación (siendo así una segunda cosecha).

**Cuadro 2.** Producción de MS (Kg) en la fertilización química y orgánica en la producción de pasto *P. clandestinum* en dos cortes en Latacunga, Cotapaxi, Ecuador.

Tratamientos	1° cosecha	2° cosecha
Sin fertilizante	0,21 a	0,24 a
Fertilizante orgánico	0,30 b	0,35 b
Químico+orgánico	0,34 c	0,38 b
Fertilizante químico	0,36 c	0,40 b

Adaptado de Mena (2013).

## 2.16. Nivel crítico

El análisis químico de suelo se basa en la teoría de que existe un nivel crítico que se relaciona al procedimiento analítico utilizado y a la respuesta del cultivo cuando se aplica un determinado nutriente. La importancia de dicho análisis radica en que, dependiendo de la concentración de los elementos en la solución del suelo, el crecimiento de la planta se puede ver afectado en forma positiva o negativa (Molina 2007).

La definición de un factor limitante proviene de la llamada Ley del Mínimo de Liebig, que plantea que la tasa a la que ocurre un proceso, tal como el crecimiento de una planta, está determinada por el recurso que se encuentre en la menor cantidad o por la condición que alcance valores más extremos, considerándose éste un factor limitante (Valverde *et al.* 2005).

Para interpretar un análisis de suelo se utilizan tablas de fertilidad que contienen los valores de referencia de los nutrientes con base en el concepto de

nivel crítico (Molina 2007). En Costa Rica es usual una guía de interpretación de análisis de suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para evaluar la condición de la fertilidad de un suelo, sea natural o influenciada por la aplicación de fertilizantes, en dicha guía se indican niveles críticos que indican si la concentración de un elemento es baja (desbalance), media (balance/óptima) o alta (desbalance) (Kass 2007).

## **2.17. Katabion®**

Katabion® es la base de la Agro-Biotecnología PRONASIN® (Producción Natural bajo un Sistema Integral de Nutrición). Es fertilizante y estimulador de metabolismo vegetal que permite un máximo desarrollo de la capacidad genética de las plantas (EcoAgrobio 2013).

En la etiqueta del producto Katabion® se menciona que es un bioestimulante ecológico que actúa bajo un sistema integral sobre el crecimiento, vigor, desarrollo, productividad y resistencia potencial de las plantas contra patógenos, generado por catalizadores, reguladores y potencializadores combinados con micronutrientes (Kataplant Bio S. A s. f. ). En consecuencia, se observa un mayor crecimiento vegetativo y una reducción en las aplicaciones de pesticidas garantizando un aumento en la producción agrícola eficiente y sana (EcoAgrobio 2013).

Los micronutrientes del producto Katabion® se encuentran quelados (Kataplant Bio S. A s. f. ) por lo que se mantienen en mejor solución en el suelo en comparación a elementos que se encontraran como sales simples (Perea *et al.* 2010), debido a que los iones metálicos son rodeados de una molécula orgánica (agente quelante), de modo que quedan salvaguardados del entorno que favorecería su precipitación en forma de hidróxido insoluble y no disponible para la planta (Lucena 2009).

Los ingredientes del producto reportados por Kataplant Bio S. A (s. f. ) son 0,58% de Cu, 1,50% de Mn, 0,60% de Zn, 0,10% de Fe y 0,40% de B, así como coadyuvantes (estabilizadores) en un 10,0% y otras sustancias (catalizadores, bioestimulantes, agente quelatizante) en un 4,30%

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

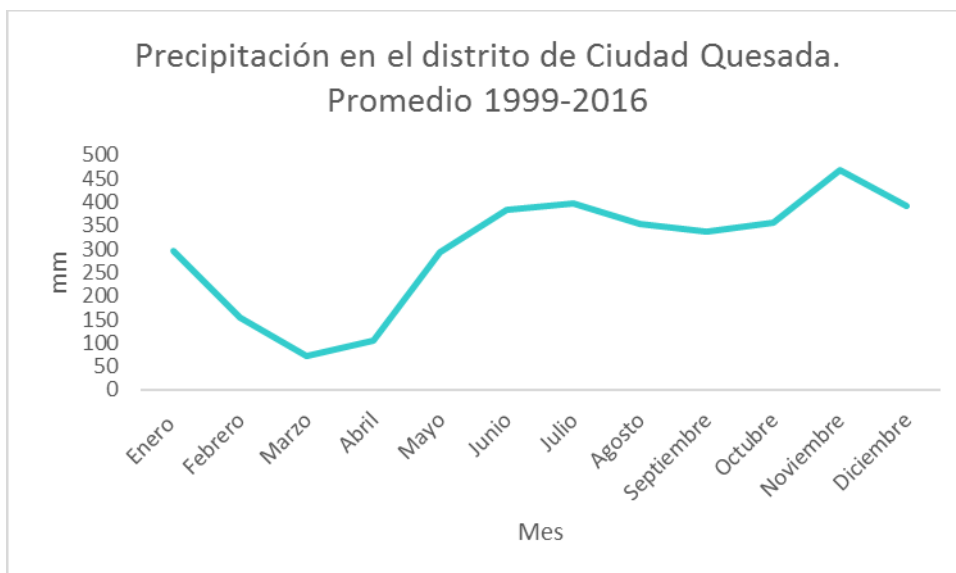
#### **3.1. Ubicación y características del sitio de estudio**

El estudio se llevó a cabo en Finca La Bretañita, situada en el distrito Quesada, específicamente en el poblado de Sucre del cantón de San Carlos, cuya posición geográfica es en Y 113569. 78 y 456027. 29 en X, a una altura media de 1340 msnm. La clasificación del suelo es de orden Inceptisol (INTA 2015; O'neal 2016).

El estudio se realizó tanto en época de poca lluvia como en época lluviosa, esto en el periodo comprendido entre octubre de 2016 y hasta junio de 2017. La zona tiene una precipitación media anual de 3038 mm (Zúñiga 2011).

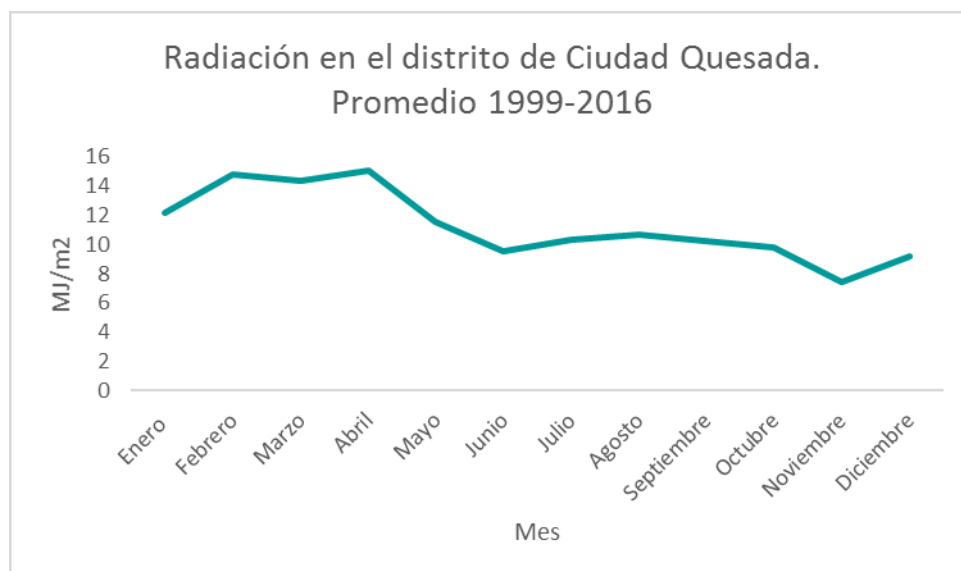
Como referencia se utilizaron datos climatológicos de la estación meteorológica de Ciudad Quesada, ubicada aproximadamente a seis kilómetros, en línea recta, del área experimental. Los datos son reportados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN 2017).

En la Figura 1 se puede observar la precipitación promedio mensual en el distrito de Ciudad Quesada. Según Zúñiga (2011), la estación de poca lluvia se encuentra entre enero y marzo, la estación lluviosa entre mayo a noviembre, mientras que diciembre y abril son clasificados como meses de transición.



**Figura 1.** Histórico de precipitación promedio mensual en el distrito de Ciudad Quesada del cantón de San Carlos, Costa Rica. (IMN 2017).

Un elemento climático de alta importancia es la radiación solar, a continuación, se puede observar su comportamiento en el distrito de Quesada del cantón de San Carlos. Según la Figura 2, se aprecia que el mes de mayor radiación solar es abril y el de menor es el mes de noviembre, según datos históricos recopilados por el Instituto Meteorológico Nacional.



**Figura 2.** Histórico de radiación promedio mensual en el distrito de Ciudad Quesada del cantón de San Carlos, Costa Rica. (IMN 2017).

Se realizó un análisis químico del suelo del área experimental que indicó la condición de los nutrimentos en el suelo antes de la aplicación de los tratamientos. En el Cuadro 3 se muestran los resultados del análisis químico de suelo hecho en el laboratorio de Análisis Agronómicos del Tecnológico de Costa Rica.

**Cuadro 3.** Resultados de análisis químico del suelo del área experimental antes del inicio del experimento. San Carlos, Costa Rica. 2016

	pH	Cmol(+)/L				P	mg/L				%
		K	Ca	Mg	Acidez		Fe	Cu	Zn	Mn	
<b>Niveles críticos</b>	<b>5.5-6.5</b>	<b>0.2-1.5</b>	<b>4-20</b>	<b>1-10</b>	<b>0.5-1.5</b>	<b>10-40</b>	<b>10-50</b>	<b>1-620</b>	<b>3-15</b>	<b>5-50</b>	<b>10-50</b>
Concentración encontrada	5,5	0,31	5,9	2,1	0,2	18	44	10	8	6	2,4

Niveles críticos tomados de Kass (2007).

Los niveles críticos fueron tomados de la guía de interpretación de análisis de suelos del MAG (Kass 2007). Las concentraciones de los elementos del área experimental se encuentran en equilibrio según dicha guía.

Según lo indicado en el Cuadro 3 y Cuadro 4, el resultado obtenido a partir del análisis químico de suelos del estado inicial del área experimental se encuentra dentro del rango óptimo, mientras que las relaciones de bases o catiónicas se encuentran en balance.

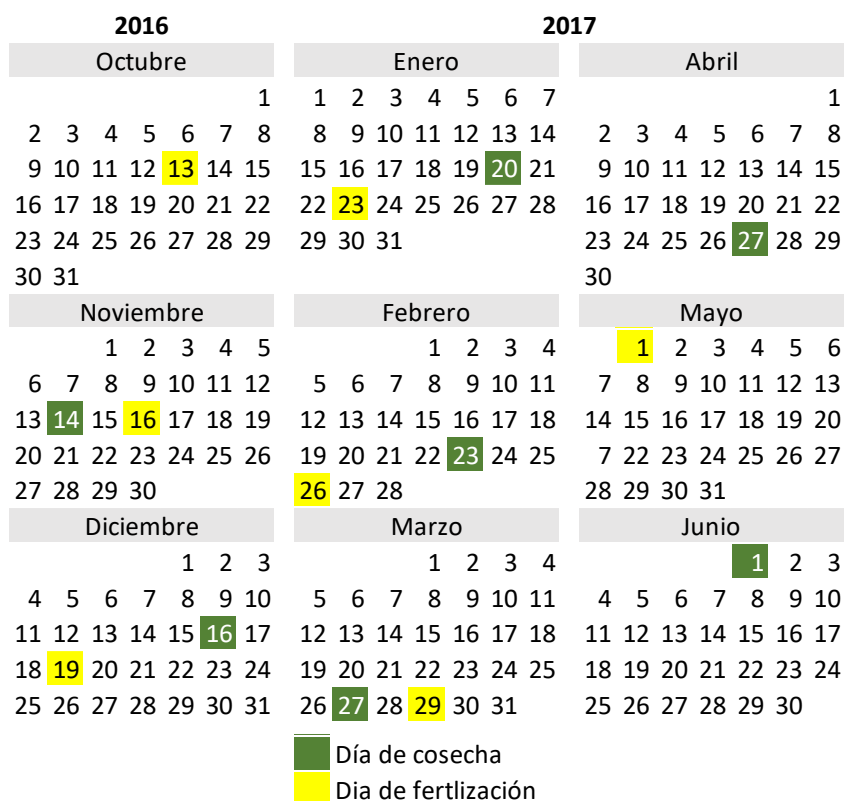
**Cuadro 4.** Relaciones de bases según análisis químico del suelo de área experimental antes del inicio del estudio. San Carlos, Costa Rica. 2016.

Relación entre cationes	Relación encontrada en área experimental	Rango de balance	Interpretación
Ca/Mg	2,8	2,0-5,0	Hay equilibrio
Mg/K	6,8	2,5-15,0	Hay equilibrio
(Ca+Mg)/K	25,8	10,0-40,0	Hay equilibrio
Ca/K	19	5,0-25,0	Hay equilibrio

Cuatro meses antes del establecimiento de la investigación se aplicó fertilización a base de bostas, así como una práctica de encalado. En el resultado de análisis químico de suelo no se muestra el contenido de N del suelo, sin embargo, las fertilizaciones a base de bostas pueden haber sido un aporte de N importante que no es evidenciado en dicho análisis.

### 3.2. Periodo de estudio

En la Figura 3 se muestra el cronograma utilizado para la aplicación de tratamientos y las cosechas de pasto, que en adelante serán mencionadas como “cortes” según la secuencia de cada uno.



**Figura 3.** Cronograma de corte (cosecha) y fertilización de la pastura. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017.

Según la Figura 3, se ejecutaron tres cortes en periodo lluvioso (parte del mes octubre, noviembre y mayo), un corte en transición entre los meses más lluviosos y la salida de las lluvias (diciembre), tres cortes en meses de poca lluvia

(enero, febrero y marzo) y un corte en el mes de transición de verano a invierno (abril) (Zúñiga 2011).

### 3.3. Área experimental y Unidad experimental

El ensayo se ubicó en un aparcamiento de 300 m<sup>2</sup>. La pradera utilizada en la investigación fue establecida hace más de diez años con los pastos *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis*. Es un área libre de pastoreo, por lo que el pasto es cosechado por medio de una segadora y recolectado manualmente por personal de la finca. La pastura había sido tratada con herbicidas para control de hoja ancha y encalado una vez al año.

La unidad experimental (UE) correspondió a **diez metros cuadrados** de una pastura compuesta por pastos Kikuyo (*P. clandestinum*) y Estrella (*C. nlemfuensis*). Se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento. En cada UE se definió una unidad de muestreo de aproximadamente **4,0 m<sup>2</sup>**, ubicada en el área central de la parcela.

### 3.4. Descripción de tratamientos

A continuación, se enlistan los tratamientos y sus componentes.

- **T1:** se representa como “**AO**”, es el tratamiento que comprende al abono orgánico. Su composición química es de 0,86% de N, 1,09% de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 0,78% de potasio (K<sub>2</sub>O) y 0,5% de magnesio (MgO). Se utilizó en dosis de 160 Kg ha<sup>-1</sup> y fue aplicado directamente al suelo. En el Cuadro 5, se muestra la composición química del tratamiento.

**Cuadro 5.** Composición química de abono orgánico (Tratamiento AO) utilizado en área experimental en Sucre de San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017.

Nutriente	Resultado	Método
Nitrógeno (N)	0,86 % m/m	AOAC 993,13
Fósforo total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,09 % m/m	AOAC 958,01
Potasio (K <sub>2</sub> O)	0,78 % m/m	AOAC 993,0,2
Magnesio (MgO)	0,49 % m/m	AOAC 984,01
Boro (B)	99,0 mg/kg	AOAC 982,01
Calcio (CaO)	1,89 % m/m	AOAC 945,04
Zinc (Zn)	155 mg/kg	AOAC 975,02

Manganeso (Mn)	0,17 % m/m	AOAC 975,02
Cobre (Cu)	103 mg/kg	AOAC 975,01
Hierro (Fe)	4,07 % m/m	AOAC 980,01
Azufre (S)	0,17 % m/m	AOAC 980,02
pH	7,48	Potenciométrico

AOAC: Metodologías analíticas para los resultados de los nutrientes

Potenciométrico: Metodología para hacer mediciones de pH.

Con una dosis baja de 160 Kg ha<sup>-1</sup> se aplicaron 1,4 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 1,7 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,2 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,8 Kg ha<sup>-1</sup> de MgO y 3,0 Kg ha<sup>-1</sup> de CaO, así como 24,8 g ha<sup>-1</sup> de Zn, 0,3 g ha<sup>-1</sup> de Mn, 16,5 g ha<sup>-1</sup> de Cu, 6,5 Kg ha<sup>-1</sup> de Fe y 0,3 Kg ha<sup>-1</sup> de S.

- **T2**: se representa como “**AO & Q**”, es el producto fórmula completa (abono orgánico con el fertilizante granular (combinación 10-10-10)). Su composición química es de 10,20% de N, 11,03% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 10,19% de K<sub>2</sub>O. Se aplicó en las unidades experimentales correspondientes a razón de 160 Kg ha<sup>-1</sup> aplicados al suelo. En el Cuadro 6 se muestran los componentes del tratamiento.

**Cuadro 6.** Composición química de fórmula completa (Tratamiento AO & Q) utilizado en área experimental en Sucre de San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017.

Análisis	Resultado	Método
Nitrógeno (N)	10,20 % m/m	AOAC 993,13
Fósforo total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	11,03 % m/m	AOAC 958,01
Potasio (K <sub>2</sub> O)	10,19 % m/m	AOAC 993,0,2
Magnesio (MgO)	0,43 % m/m	AOAC 984,01
Boro (B)	102 mg/kg	AOAC 982,01
Calcio (CaO)	1,04 % m/m	AOAC 945,04
Zinc (Zn)	114 mg/kg	AOAC 975,02
Manganeso (Mn)	764 mg/kg	AOAC 975,02
Cobre (Cu)	44,3 mg/kg	AOAC 975,01
Hierro (Fe)	1,87 % m/m	AOAC 980,01
Azufre (S)	0,54 % m/m	AOAC 980,02
pH	7,41	Potenciométrico

AOAC: Metodologías analíticas para los resultados de los nutrientes

Potenciométrico: Metodología para hacer mediciones de pH.

Con una dosis de 160 Kg ha<sup>-1</sup> se aplicaron 16,3 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 17,6 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 16,3 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,7 Kg ha<sup>-1</sup> de MgO y 1,7 Kg ha<sup>-1</sup> de CaO, así como

18,2 g ha<sup>-1</sup> de Zn, 122,2 g ha<sup>-1</sup> de Mn, 7,1 g ha<sup>-1</sup> de Cu, 3,0 Kg ha<sup>-1</sup> de Fe y 0,9 Kg ha<sup>-1</sup> de S.

- **T3**: se representa como “**AO, Q & K**”, es el producto Katabión® en combinación de la fórmula completa (abono orgánico con el fertilizante granular (combinación 10-10-10)). Este tratamiento posee una fase sólida (el abono orgánico con el fertilizante granular) que fue aplicada al suelo, con una dosis de 160 Kg ha<sup>-1</sup> y una fase líquida que es aplicada con bomba de espalda de manera localizada en las parcelas correspondientes, con una dosis 1 l ha<sup>-1</sup> (producto Katabión®). En total se aplicaron 16,3 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 17,6 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 16,3 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,7 Kg ha<sup>-1</sup> de MgO y 1,7 Kg ha<sup>-1</sup> de CaO, además de 60,9 g ha<sup>-1</sup> de Zn, 233,7 g ha<sup>-1</sup> de Mn, 59,1 g ha<sup>-1</sup> de Cu, 10,8 Kg ha<sup>-1</sup> de Fe y 0,9 Kg ha<sup>-1</sup> de S.

- **T4**: se representa como “**AO & K**”, es el producto Katabión® en combinación de abono orgánico. Este tratamiento se aplicó a 160 Kg ha<sup>-1</sup>. En este tratamiento también se encuentra una fase sólida (el abono orgánico) que fue aplicada al suelo y una fase líquida que es aplicada con bomba de espalda de manera localizada en las parcelas correspondientes, con una dosis de 1 l ha<sup>-1</sup> (producto Katabión®). En este tratamiento se contaba con 1,4 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 1,7 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,2 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,8 Kg ha<sup>-1</sup> de MgO y 3,0 Kg ha<sup>-1</sup> de CaO, así como micronutrientes tales como 68,4 g ha<sup>-1</sup> de Cu, 111,7 Kg ha<sup>-1</sup> de Mn, 67,5 g ha<sup>-1</sup> de Zn, 14,3 Kg ha<sup>-1</sup> de Fe, 0,3 Kg ha<sup>-1</sup> de S y 25,2 g ha<sup>-1</sup> de B.

- **T5**: este es el tratamiento Testigo, el cual es el manejo convencional que aplica finca La Bretañita. Se representa como “**Magnesamón**” para efectos de la presente investigación. Este es un fertilizante químico, comercialmente llamado Magnesamón® que contiene 21% de N, 7% de MgO y 11% de Ca. La dosis utilizada por la finca es de 76 Kg ha<sup>-1</sup>. Es un producto granular que se aplica al suelo como fuente de N. Mediante esa dosis se aplicó 15,96 Kg ha<sup>-1</sup> de N; 3,2 Kg ha<sup>-1</sup> de MgO y 8,36 Kg ha<sup>-1</sup> de CaO.

Los resultados de laboratorio de los componentes de cada tratamiento fueron encontrados con los métodos AOAC y el método potenciométrico. El método AOAC

es el que dicta la Asociación de las comunidades analíticas, establece metodologías analíticas aplicadas a fertilizantes con procedimientos para cada elemento analizado (AOAC 2008), mientras que el método potenciométrico mide un potencial de equilibrio termodinámico, se utiliza para hacer mediciones de pH (Molinero y García 2014).

### **3.5. Variables de respuesta**

El proyecto se desarrolló en meses en los que las condiciones pluviales fueron variables. Se hicieron siete cosechas de pasturas en meses que cambiaron la cantidad de lluvia recibida, razón por la cual se habla de época de poca o menor lluvia y de mucha o mayor lluvia (Figura 3).

#### **3.4.1. Variables de Rendimiento**

Las mediciones de biomasa se realizaron a partir de la medición de cantidad de peso fresco del pasto (PF) y materia seca (MS) de la pastura compuesta por *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* del área experimental. La recolección de datos se realizó en todas las parcelas experimentales y en las siete cosechas (cortes) de pasto. La MS y el PF se expresa en toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ).

Se estimaron los costos anuales con respecto a la producción de MS ( $t\ ha^{-1}$  y  $Kg\ ha^{-1}$ ) de la pastura compuesta presente en el área experimental.

#### **3.4.2. Variables nutricionales**

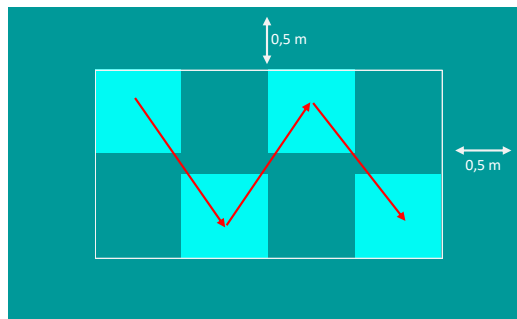
Para completar el segundo objetivo específico se utilizó el material recolectado en la séptima cosecha de pasto de las parcelas experimentales con el fin del análisis de la concentración de macro y micronutrientes en hojas, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de la pastura del área experimental.

### **3.6. Metodología de toma de datos**

En cada mes de muestreo se realizó un corte para uniformar toda el área experimental, a una altura de diez centímetros sobre el suelo, aproximadamente. Al día siguiente de la uniformación del área, se aplicaron los tratamientos en las

parcelas correspondientes. Después de 30 días naturales se procedió a hacer la cosecha de del pasto de cada parcela. Es decir, cada 30 días, durante siete meses, se realizaron siete cosechas o cortes.

Para la recolección del material, se tomaron muestras compuestas por cuatro puntos de muestreo de cada una de las parcelas, por medio de una cuadrícula con una superficie de  $0,25 \text{ m}^2$  y una tijera de podar, cada muestra recolectada se introdujo en una bolsa plástica para trasladarlas al laboratorio de Análisis Agronómicos del Tecnológico de Costa Rica en la Sede Regional de San Carlos. La recolección de la muestra se realizó entre las 8:30 y 10:30 a. m.



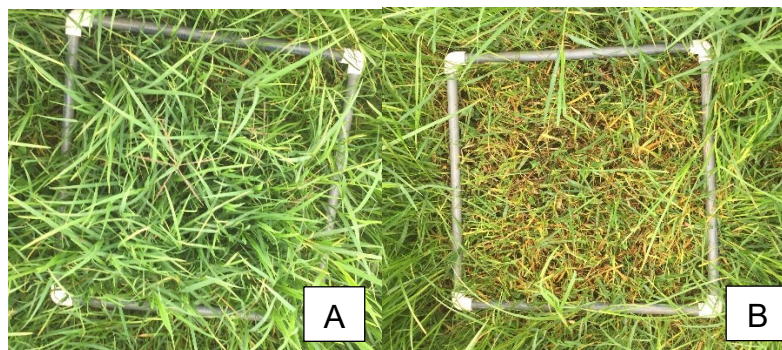
**Figura 4.** Representación gráfica de la ubicación de las cuadrículas de  $0,25 \text{ m}^2$  en el área útil dentro una parcela experimental. Área de borde: 0,5 m. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016 a junio 2017



**Figura 5.** Eliminación de estructuras fuera del área de la cuadrícula de  $0,25 \text{ m}^2$  para selección de material en un punto de muestreo. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016 a junio 2017



**Figura 6.** Corte y recolección de la muestra de un punto de muestreo con el uso de cuadrícula de 0,25 m<sup>2</sup>. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016 a junio 2017



**Figura 7.** (A) ubicación de cuadrícula de 0,25 m<sup>2</sup> para inicio del muestreo. (B) cuadrícula de 0,25 m<sup>2</sup> después de la recolección del material muestreado. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016 a junio 2017.

Una vez que las muestras se encontraron en el laboratorio de Análisis Agronómicos del Tecnológico, se pesó cada una con una báscula electrónica con el fin de obtener el PF de la biomasa de las parcelas correspondientes a cada tratamiento. Cabe mencionar que las muestras de PF no contaban con la separación de las dos especies de pasto presentes en las parcelas, es decir, se pesaron como muestras compuestas.

A partir de las muestras de PF de cada repetición de cada tratamiento, se recolectaron submuestras, que se dejaron secar, dentro de bolsas de papel, por 48 horas a 55 °C para obtener el peso seco (PS) de cada parcela. Después de que cada una de las submuestras fue secada, se dejó por un periodo de “ambientación” de aproximadamente seis horas.

Posteriormente, el pasto Kikuyo fue separado por completo del pasto Estrella en cada una de las repeticiones de los tratamientos, de manera que ambos se

pesaron y así se pudo obtener el porcentaje de cada uno de los pastos presentes por parcela, es decir, las especies se separaron hasta que estaban secos. El PS total de cada submuestra se obtuvo al sumar los valores de PS correspondientes al pasto Estrella, Kikuyo y otros presentes (malezas u otros pastos). Con el PF y PS de cada tratamiento fue posible conseguir la cantidad de MS por tratamiento siguiendo la metodología descrita por Rodríguez (2009),

$$\% MS = \frac{PS}{PF} * 100$$

Para obtener el rendimiento de MS la siguiente fórmula, también descrita por Rodríguez (2009),

$$MS \text{ g/m}^2 = \left( \%MS * \frac{PF}{100} \right)$$

Al obtener la MS, de ambos pastos en cada tratamiento y en cada repetición, se procedió a multiplicar dicho dato por el porcentaje de pasto, ya sea de Estrella africana, Kikuyo y otros encontrados, de manera que se consiguió el porcentaje de cada pasto para definir la composición botánica del área.

Por otro lado, las especies de pastos y forrajes difieren entre ellos en su composición química (Juárez *et al.* 2009), por lo que para completar el segundo objetivo específico se utilizó el material de la séptima cosecha de pasto de las parcelas experimentales, en dónde se analizaron por separado las especies *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* con el fin de analizar la concentración de micronutrientes en hojas, FDN y FDA de la pastura del área experimental. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Análisis Agronómicos del Tecnológico de Costa Rica.

Cabe mencionar que para conseguir la concentración de macro y micronutrientes se utilizó un análisis químico completo de muestras foliares recolectadas en la séptima cosecha. Se analizaron en el laboratorio de Análisis Agronómicos de la Sede de San Carlos del Tecnológico de Costa Rica. Mientras que para la determinación de la cantidad de FND y FAD se utilizó el procedimiento

de Van Soest *et al.* (1991) con el equipo “Fiber Analyzer” de Ankom Technology NY, USA siguiendo la versión 2 del protocolo de análisis de bromatológicos de dicho laboratorio.

Para determinar la cantidad de Proteína se utilizó la cantidad de N obtenida en el análisis químico completo de las muestras foliares y el valor obtenido por cada tratamiento se multiplicó por 6,25, debido a que se asume que por cada 100 g de proteína hay un contenido promedio de 16% de N (NRC 2001; García *et al.* 2005).

Por último, para la pastura compuesta se estimaron costos de producción anuales, costo de kilogramo de MS producida, costo por kilogramo de PC de *P. clandestinum* y costo por lactancia de 305 días. Cabe mencionar que la cantidad de MS utilizada para la estimación de costos es el resultado del promedio de producción de siete meses de evaluaciones, mientras que el costo por Kg de PC se estimó utilizando el resultado obtenido a los 30 días después de siete ciclos de fertilización. Esto con el fin de tener datos representativos para determinar el costo anual de ambas variables.

Para la estimación de dichas variables se utilizaron precios de insumos y activos que se vendían en el cantón de San Carlos. En ese sentido, el costo del fertilizante, agroquímicos y material de encalado fue estimado por consultas en el mercado en el mes de agosto de 2017 en establecimientos comerciales del cantón de San Carlos. La devaluación de la segadora y de la bomba de espalda se proyectó en un periodo de treinta y diez años, respectivamente. Estos costos fueron sumados para obtener un total mensual y así costear el Kg de MS mensual y anual, así como el costo anual por Kg de PC para el pasto *P. clandestinum*.

El costo de mano de obra fue tomado de la lista de salarios mínimos del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) según el incremento anual fijado en el Decreto N° 40022 para el año 2017. Se incluyó la devaluación anual de la segadora y la bomba utilizada en la finca estimada en un periodo de treinta y diez años, respectivamente.

Además, se tomó el porcentaje de MS de una ración de veinte kilogramos diarios de pasto fresco dados a cada vaca en lactancia y dicho porcentaje se multiplicó por el costo estimado por Kg de MS. De esta manera se obtuvo un valor aproximado de la alimentación por vaca en una lactancia ideal (305 días). En este punto no se incluyó el costo de producción de PC de *P. clandestinum*, ya que a cada animal se le brindan veinte kilogramos diarios de pasto fresco proveniente de una pradera que combina a dos especies (*P. clandestinum* y a *C. nlemfuensis*) y no sólo se constituye por *P. clandestinum*.

### **3.7. Diseño experimental y arreglo de tratamientos**

Se realizó una investigación observacional en diseño de Bloques al Azar. La selección del diseño se debe a que el área en la que se realizó la investigación posee una pendiente de más de 5%, por lo que se ameritaba la implementación de bloques.

Las parcelas o unidades experimentales (UE) constaron de 10 m<sup>2</sup> en promedio. Se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento para la determinación de biomasa total y tres repeticiones para el análisis del valor nutricional en pasto Kikuyo. En total se cuenta con cinco tratamientos incluyendo el tratamiento Testigo (Magnesamón).

### **3.8. Análisis estadístico**

Los datos de PF y de MS de los pastos Kikuyo y Estrella africana fueron analizados estadísticamente con la herramienta modelos lineales generales y mixtos, la cual funciona como un análisis de varianza paramétrico. En los criterios de clasificación se ubicó a los tratamientos, a los cortes y la interacción tratamiento-corte como efectos fijos, mientras que el bloque es considerado un efecto aleatorio. En ese sentido, las medias a comparar son tratamiento, corte y la interacción tratamiento-corte. Para realizar una comparación de medias se utilizó la prueba de LSD Fisher, con un ajuste de Bonferroni en los p-valores. Por último, se utilizó una corrección de heterocedasticidad con la función varIdent para la interacción tratamiento y corte.

Para los análisis nutricionales (concentraciones de nutrimentos, FDN, FDA y Proteína) se utilizó el material de la séptima cosecha. El pasto Kikuyo también fue separado por completo del pasto Estrella en cada una de las repeticiones de los tratamientos. De esta manera se analizaron los datos correspondientes a pasto Kikuyo gracias al paquete estadístico Infostat utilizando estadísticas de modelos lineales, generales y mixtos. Para realizar una comparación de medias se utilizó la prueba de LSD Fisher, con un ajuste de Bonferroni en los p-valores. Por último, se utilizó una corrección de heterocedasticidad con la función varldent para tratamiento en las variables Ca, Mn y Zn debido a que la prueba de homocedasticidad con RABS (residuos absolutos) indicaban que no se cumplía con el supuesto de homocedasticidad en los datos de estos tres elementos. Por otro lado, las variables nutricionales del pasto Estrella se analizaron con estadística descriptiva, ya que se construyeron muestras compuestas y no se contaba con suficientes repeticiones para desarrollar un análisis estadístico.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Producción de Materia Seca (MS)

Cuando una pastura es utilizada eficientemente se refleja en altos rendimientos por hectárea (Gallegos 2012), por este motivo es que el estudio de variables de rendimiento es fundamental en investigaciones relacionadas a la producción.

Entre octubre de 2016 y junio de 2017 se realizaron siete cortes (siete meses de observación) con periodos de rebrote o corte de 30 días de la mezcla de pasturas Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y (*Cynodon nlemfuensis*). En el Cuadro 7 se muestra el promedio obtenido en las siete observaciones ejecutadas.

**Cuadro 7.** Producción anual de MS de Estrella y Kikuyo ( $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ ). San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017.

Estrella africana ( <i>Cynodon nlemfuensis</i> )	Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )
6,18	14,59

Según el Cuadro 7 es posible obtener una producción anual de  $20,77\ t\ ha^{-1}$  de MS (suma de producción promedio de *C. nlemfuensis* y *P. clandestinum* recolectados en área experimental) en una pastura compuesta ubicada en Sucre de San Carlos. Esto concuerda con observaciones desarrolladas en otras investigaciones en el trópico, donde se ha demostrado que el Kikuyo puede producir entre  $20\ t\ ha^{-1}\ año^{-1}$  a  $25\ t\ ha^{-1}\ año^{-1}$  de MS en un rebrote o corte de 30 días a 40 días; para la Estrella Africana se ha observado una producción de  $20\ t\ ha^{-1}\ año^{-1}$  a  $30\ t\ ha^{-1}\ año^{-1}$  de MS en un rebrote o corte de 20 días a 30 días (Sánchez 2007). No obstante, son valores inferiores a los reportados por Arce *et al.* (2013), con  $40\ t\ ha^{-1}\ año^{-1}$  en Estrella y 39 toneladas de  $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$  en Kikuyo.

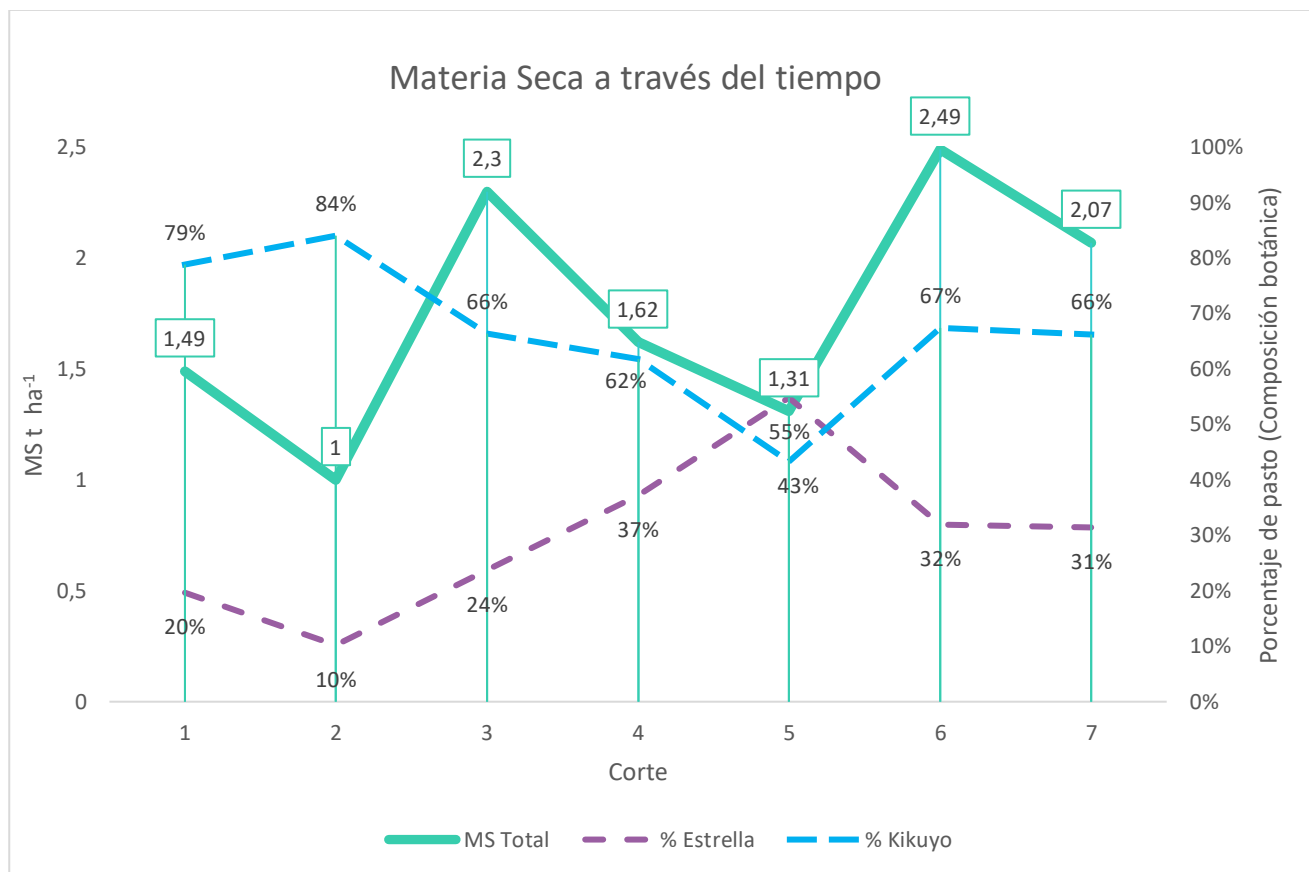
En el Cuadro 8 se muestra la composición botánica del área experimental en relación con ambos pastos, registrándose un 29,85% y 66,83% para Estrella y Kikuyo respectivamente. La diferencia porcentual, respondió a que el pasto Estrella fue extraído antes de establecer el ensayo en el área experimental, condición que también

incidió en que la cantidad de este pasto fuera inferior en los primeros cortes con respecto a los últimos. El porcentaje de pasto Estrella fue aumentando paulatinamente en cada corte con excepción de la reducción presentada en los cortes 2, 6 y 7. Esto podría atribuirse a que el mínimo de requerimiento pluvial del Kikuyo es más alto que el del pasto Estrella (Peters *et al.* 2010), lo que coincide con cortes ubicados en periodos más lluviosos. El pasto Estrella empezó a reproducirse debido a que dejó de extraerse una vez iniciada la investigación, sin embargo, el pasto Kikuyo se considera un material altamente competitivo que responde rápidamente a fertilizaciones, ya que sus largas raíces lo benefician en condiciones de encharcamiento (Peters *et al.* 2010) y es posible que, por esa razón, su porcentaje fuese superior en la mayoría de los casos e inclusive “ahogó” al pasto Estrella desde la sexta observación. Por otro lado, Hernández *et al.* (2012) indica que por encima de los 1000 msnm el Kikuyo presenta altas tasas fotosintéticas, las cuales aumentan cuando aumenta la altura sobre el nivel del mar, por lo que las condiciones de altura podrían brindar ventajas de crecimiento del Kikuyo por encima del pasto Estrella. La pastura del área experimental se encuentra a una altura de 1340 msnm.

**Cuadro 8.** Composición botánica por corte (cosecha) en el área experimental. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017.

Corte	Estrella africana ( <i>Cynodon nlefluensis</i> ) (%)	Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) (%)
<b>1 (octubre)</b>	19,65%	78,78%
<b>2 (noviembre)</b>	10,19%	84,03%
<b>3 (diciembre)</b>	23,67%	66,34%
<b>4 (enero-febrero)</b>	37,29%	61,81%
<b>5 (marzo)</b>	54,82%	43,29%
<b>6 (abril)</b>	31,96%	67,36%
<b>7 (mayo)</b>	31,37%	66,21%
Promedio	29,85%	66,83%

En la Figura 8 se presenta la producción total de pasto Estrella, de pasto Kikuyo y otros (malezas) en toneladas por hectárea de MS, así como la cantidad de MS total, esto para conocer el comportamiento del crecimiento de las pasturas en el tiempo.



**Figura 8.** MS total en toneladas por hectárea (eje principal). Porcentaje de pasto Estrella y Kikuyo (eje secundario). San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017.

La producción de MS presentó picos de producción, el comportamiento de dicha producción presentada en la Figura 8 puede ser debido a la influencia de elementos climáticos presentes durante la investigación, ya que se ha observado que la absorción de nutrientes en el pasto depende del comportamiento de los elementos climáticos y se relaciona directamente con la producción de MS (Salas y Cabalceta 2014), es decir la interacción de los factores (cortes por tratamiento) tiene influencia en la producción de pasto. Con una confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ) se encontró efectos significativos ( $p=0,0262$ ) en la interacción Corte\*Tratamiento.

En el Cuadro 9 se muestran las medias de producción de MS total para la interacción de los factores Tratamiento (columnas) y Corte (filas), esto según el procedimiento de corrección de p-valores "Bonferoni" en la prueba de comparación de medias LSD Fisher. En términos generales, se observa que las seis medias más altas de MS correspondieron a los cortes 6, 7 y 3, en donde los tratamientos más influyentes

en la producción de biomasa fueron la combinación de abono orgánico y químico; la combinación de abono orgánico y químico junto al bioestimulante Katabion® y Magnesamón, respectivamente. Además, las medias de los tratamientos en el corte 2 presentan diferencias no significativas entre ellas y son las medias más bajas.

**Cuadro 9.** Media de MS (t ha<sup>-1</sup>) y error estándar para Tratamiento por Corte San Carlos, Costa Rica. 2017.

Número de Corte	Tratamiento				
	AO	AO & Q	AO, Q & K	AO & K	Magnesamón
<b>1 (octubre)</b>	1,18 ± 0,34 <sup>abc</sup>	1,32 ± 0,34 <sup>abc</sup>	1,78 ± 0,47 <sup>abc</sup>	1,90 ± 0,73 <sup>abc</sup>	1,26 ± 0,29 <sup>abc</sup>
<b>2 (noviembre)</b>	1,07 ± 0,09 <sup>c</sup>	1,13 ± 0,13 <sup>c</sup>	1,07 ± 0,12 <sup>c</sup>	0,87 ± 0,13 <sup>c</sup>	0,87 ± 0,18 <sup>c</sup>
<b>3 (diciembre)</b>	2,13 ± 0,32 <sup>abc</sup>	2,23 ± 0,40 <sup>abc</sup>	2,65 ± 0,58 <sup>abc</sup>	1,90 ± 0,25 <sup>abc</sup>	2,60 ± 0,29 <sup>abc</sup>
<b>4 (enero-febrero)</b>	1,35 ± 0,32 <sup>abc</sup>	1,25 ± 0,36 <sup>bc</sup>	1,85 ± 0,56 <sup>abc</sup>	1,90 ± 0,48 <sup>abc</sup>	1,75 ± 0,36 <sup>abc</sup>
<b>5 (marzo)</b>	1,00 ± 0,09 <sup>c</sup>	1,20 ± 0,17 <sup>c</sup>	1,60 ± 0,03 <sup>abc</sup>	0,73 ± 0,03 <sup>c</sup>	2,00 ± 0,28 <sup>abc</sup>
<b>6 (abril)</b>	1,38 ± 0,29 <sup>abc</sup>	<b>3,28 ± 0,30<sup>a</sup></b>	3,13 ± 0,39 <sup>ab</sup>	1,93 ± 0,20 <sup>abc</sup>	2,75 ± 0,28 <sup>abc</sup>
<b>7 (mayo)</b>	1,67 ± 0,18 <sup>abc</sup>	1,90 ± 0,15 <sup>abc</sup>	1,93 ± 0,41 <sup>abc</sup>	1,83 ± 0,28 <sup>abc</sup>	3,00 ± 0,81 <sup>abc</sup>

a, b, c Medias con igual letra presentan diferencias no significativas ( $p > 0,05$ )

Kass (2007) indica que los fertilizantes aplicados al suelo muestran menor respuesta en épocas secas o épocas frías. En las épocas de menos lluvia las plantas reducen su capacidad de absorción de nutrimentos, por lo que es importante analizar la fertilización y las condiciones climáticas presentes.

La producción de MS en los cortes 1, 3, 4, 5, 6 y 7 indicó diferencias no significativas entre tratamientos que presentan abono orgánico dentro de su composición. La mayor producción de pasto se dio por la influencia e interacción de dos factores: la combinación de fertilizante aplicado y las condiciones climáticas evidenciadas en cada corte, ya que en el corte 2 no se expresó el potencial de la combinación del abono orgánico, con el químico y el Katabion®, el cual representa una producción mucho más alta en otros cortes.

Es posible que las diferencias significativas encontradas en la interacción de los tratamientos con los cortes ( $p=0,0262$ ) sobre la producción de una pastura compuesta por los pastos *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis*, sean justificadas con las diferencias

altamente significativas en las medias de producción de MS del factor corte ( $p < 0,0001$ ) y las diferencias altamente significativas entre medias analizadas en el factor tratamiento ( $p < 0,0001$ ). En ese sentido, es necesario explorar las razones de dichas diferencias en los factores individuales.

Con respecto al factor corte, al observar la Prueba de Comparación Múltiple de Medias (Cuadro 10), se encuentra que existen diferencias significativas entre las medias del corte 6 con respecto a los 1, 2, 4 y 5.

**Cuadro 10.** Media de MS ( $t\ ha^{-1}$ ) y error estándar para factor Corte. San Carlos, Costa Rica. 2017. Octubre 2016- junio 2017

Corte	MS ( $t\ ha^{-1}$ )	E. E.	(*)
<b>6 (abril)</b>	<b>2,49</b>	<b>0,20</b>	<b>a</b>
<b>3 (diciembre)</b>	2,30	0,17	ab
<b>7 (mayo)</b>	1,07	0,21	abc
<b>1 (octubre)</b>	1,49	0,20	bcd
<b>4 (enero-febrero)</b>	1,62	0,17	cd
<b>5 (marzo)</b>	1,31	0,14	de
<b>2 (noviembre)</b>	1,00	0,06	e

(\*) Medias con igual letra presentan diferencias no significativas  
E. E.: Error Estándar.

El crecimiento de las plantas y la consecuente producción de forraje está influenciada por las condiciones climáticas (Salas y Cabalceta 2014). El corte número 2 presenta la media de producción de MS más baja ( $1,00\ t\ MS\ ha^{-1}$ ), dicho corte corresponde a la cuantificación de MS de noviembre de 2016. Noviembre es un mes que, históricamente, se ha destacado por presentar los mayores niveles de precipitación (Instituto Meteorológico Nacional 2017) aunado a que, en ese año, se tuvo la presencia del huracán Otto que provocó altos niveles de precipitación en la zona de San Carlos (Instituto Meteorológico Nacional 2016). Durante la mayor parte de ese mes se observó saturación de agua en el suelo, el drenaje fue deficiente, lo cual es una limitación en el desarrollo de diversas especies (Romero 2012), es una situación reportada en plantas de fisiología C4 (De La Cruz *et al.* 2012). Altas precipitaciones ocasionan que exista una reducción en la producción de MS por mayor acumulación de agua dentro de la planta en los meses más lluviosos, tal y como se ha observado en el pasto Kikuyo (Salas y Cabalceta 2014). También, al observar la Figura 2, la menor

radiación solar se encuentra históricamente en el mes de noviembre. Esta es una condición importante para el crecimiento de gramíneas, ya que la fotosíntesis tipo C4 es una adaptación evolutiva a condiciones ambientales de alta irradiancia (Pérez 2009). *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* son especies C4, cuyo ciclo está regulado por luz (Pérez 2009). Como regla se tiene que a mayor radiación solar existe un mayor proceso fotosintético (Kass 2007), sin embargo cada reacción fotosintética es acompañada de un conjunto de condiciones ambientales, dentro de ellas se encuentra la cantidad de agua que puede utilizar la planta (Sáenz 2012). Es decir, la saturación de agua en el suelo y los bajos niveles de radiación fueron condiciones que limitaron el crecimiento de las plantas en el área experimental durante la producción de MS del mes de noviembre (corte 2), lo cual también puede haber sido ocasionado por mayor acumulación de agua en las plantas.

Entre las medias de producción de los cortes 3 (2,30 t MS ha<sup>-1</sup>), 6 (2,49 t MS ha<sup>-1</sup>) y 7 (1,07 t MS ha<sup>-1</sup>) se presentaron diferencias no significativas correspondientes a los meses de transición hacia los meses de menor lluvia, entre diciembre de 2016 y enero de 2017 (corte 3), el mes de abril de 2017 (corte 6) y el mes de mayo de 2017 (corte 7). Los meses diciembre y abril son catalogados de transición entre época lluviosa a menor lluvia y de poca lluvia a época lluviosa, respectivamente (Zúñiga 2011). Según los datos históricos presentados por el Instituto Meteorológico Nacional (2017) en las Figuras 1 y 2, en el corte 3 se pudo recibir mayor radiación en comparación a la radiación recibida en el mes del corte 2, en el corte 6 la producción de MS refleja condiciones climatológicas del mes de abril, caracterizado históricamente como uno de los meses de mayor radiación percibida. Los elementos climáticos en meses de transición permiten mayor crecimiento al pasto por presentar condiciones intermedias entre los meses más lluviosos y los meses de menor precipitación. El corte 7 representó a las condiciones climáticas percibidas durante ese mes y, posiblemente, también el efecto acumulativo de algunos tratamientos, tales como los que contaban con la presencia de abono orgánico, los cuales se caracterizan por una lenta liberación de componentes (Zuluaga *et al.* 2009; Gallegos 2012). Por lo tanto, existieron condiciones climatológicas que favorecieron la producción de MS de los cortes 3, 6 y 7, así como influencia de la forma de liberación de componentes de parte de los abonos orgánicos.

Se presentaron diferencias no significativas entre las medias de producción de MS de los cortes 1 (1,49 t MS ha<sup>-1</sup>), 4 (1,62 t MS ha<sup>-1</sup>) y 5 (1,31 t MS ha<sup>-1</sup>). En el corte 1 se tiene la MS de gran parte de octubre e inicios del mes de noviembre de 2016. Octubre es un mes que históricamente muestra altas precipitaciones (Figura 1) y condiciones adecuadas para el crecimiento de pasto, sin embargo, en meses anteriores al establecimiento del ensayo, se extrajo el pasto Estrella del área experimental, de manera que la baja cantidad de MS puede ser debido a condiciones generadas por manejo del área. Además, se debe resaltar que la mayoría de tratamientos tenían la presencia del abono orgánico que, como menciona Zuluaga *et al.* (2009), se caracterizan por una liberación lenta de nutrientes en el suelo. Gallegos (2012) opina que algunos de sus componentes se disuelven poco a poco durante la liberación hacia las raíces, inclusive a lo largo de varios meses.

Entre las medias de los cortes 4 (1,62 t MS ha<sup>-1</sup>) y 5 (1,31 t MS ha<sup>-1</sup>) no se presentaron diferencias significativas (Cuadro 10). Dichos cortes corresponden a las evaluaciones de febrero y marzo de 2017, meses históricamente caracterizados por bajas precipitaciones, de manera que la pastura manifestó limitación hídrica. Ante esa situación, la planta cierra sus estomas como una respuesta para evitar la deshidratación, sin embargo, es una actividad que impide el ingreso de CO<sub>2</sub> repercutiendo en el proceso fotosintético y, por tanto, en la formación eficiente de fuentes carbonatadas para la nutrición vegetal, es decir, ante la limitación de agua se disminuye la velocidad de crecimiento, lo cual permite a la planta contener el agobio ambiental (Covarrubias 2007). Además, Romero (2012) explica que una baja disponibilidad de agua puede acelerar la muerte de estructuras de la planta.

Por otro lado, con respecto al factor tratamiento, se puede asegurar con un  $\text{Alfa}=0,05$ , que existieron diferencias altamente significativas ( $p<0,0001$ ) entre las medias de producción de MS. En el Cuadro 11 se muestra el procedimiento de corrección de p-valores “Bonferoni” en la Prueba de Comparación Múltiple de Medias LSD Fisher para el factor tratamiento y la respuesta de la producción de MS.

**Cuadro 11.** Media de MS ( $t\ ha^{-1}$ ) y error estándar para factor Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017.

Tratamiento	MS 55°C, ( $t\ ha^{-1}$ )	E. E	(*)
<b>AO, Q &amp; K</b>	<b>2,05</b>	<b>0,20</b>	<b>a</b>
Magnesamón	2,01	0,19	a
AO & Q	1,78	0,18	ab
AO & K	1,64	0,18	ab
AO	1,40	0,12	b

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

Según el Cuadro 11 no se encuentran diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de la combinación de abono orgánico con químico ( $1,78\ t\ MS\ ha^{-1}$ ); la combinación de abono orgánico, químico y Katabion® ( $2,05\ t\ MS\ ha^{-1}$ ); abono orgánico con Katabion® ( $1,64\ t\ MS\ ha^{-1}$ ) y Magnesamón ( $2,01\ t\ MS\ ha^{-1}$ ); sin embargo, existen diferencias significativas entre el tratamiento de abono orgánico ( $1,40\ t\ MS\ ha^{-1}$ ) respecto al tratamiento de combinación de abono orgánico, químico y Katabion® ( $2,05\ t\ MS\ ha^{-1}$ ) y Magnesamón ( $2,01\ t\ MS\ ha^{-1}$ ). Estos resultados indican que el tratamiento que solo contiene abono orgánico es menos competitivo con respecto a los tratamientos con combinaciones de abono orgánico, fertilizante químico y el Katabion® o con respecto a un fertilizante químico de rápida respuesta, tal como el Magnesamon® ante la respuesta de producción de MS.

Rivera (2008) menciona que el K y el P son elementos influyentes en la producción de pasto Kikuyo y Estrella, siendo el primero el más relevante. Esta podría ser la razón causante de la alta producción de MS en las áreas fertilizadas con los tratamientos de la combinación de abono orgánico con químico y Katabion® ( $2,05\ t\ MS\ ha^{-1}$ ) y de la combinación de abono orgánico con químico ( $1,78\ t\ MS\ ha^{-1}$ ). Aunado a que estos aportaron una cantidad de N similar a la que brindó el tratamiento Testigo.

No obstante, los mencionados resultados pudieron ser influenciados por acciones de manejo del suelo previas a la aplicación de tratamientos. De acuerdo con Allen (2016), la dinámica de nutrientes en el suelo es importante de analizar. En el análisis químico de suelo del área experimental, antes de iniciar la investigación (Cuadro 3), los elementos presentaron concentraciones adecuadas (entre niveles críticos). Además, se encontraron niveles de bases adecuados y bajo pH, lo cual indica

que es un suelo de fertilidad media (Molina 2007). Aunado a estas condiciones, en el mes de junio de 2016, antes de iniciar la investigación se habían aplicado bostas. Esta es una práctica que, en forma acumulativa, es fuente de N y provoca efectos positivos en las propiedades físicas y biológicas del suelo debido a un posible aumento en el contenido de materia orgánica (Trejo *et al.* 2013), por lo que también puede traer efectos positivos en la producción, ya que el N es uno de los elementos que más se absorbe en las pasturas *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* (Rivera 2008).

La disponibilidad de N en el suelo potencia el crecimiento y vigor de la planta (Zuluaga *et al.* 2009; Kass 2007), por lo que la influencia de este elemento pudo ser determinante en la producción de MS. El porcentaje de N en los tratamientos de abono orgánico y abono orgánico con el fertilizante líquido (Katabion®) fue poca con respecto a la cantidad presente los otros tratamientos. La cantidad de N, en Kg ha<sup>-1</sup>, es similar en el tratamiento Magnesamón con respecto a la combinación de abono orgánico con químico y el bioestimulante y el tratamiento de la combinación de abono orgánico con químico, sin embargo, el Magnesamón es un fertilizante de fácil solubilidad en el suelo, lo cual favorece a la captación de N por parte de las raíces, por lo que es posible que dicho tratamiento potenciara el crecimiento de las plantas y así su producción de MS. Esto es congruente con lo que indican Zuluaga *et al.* (2009), quienes mencionan que el pasto Kikuyo requiere de altos niveles de fertilización química para lograr producciones de biomasa suficientes.

No obstante, Carrera (2011) encontró que el uso de un bioestimulante potencia la producción de MS de Kikuyo después de tres meses de aplicaciones consecutivas. El Cuadro 11 evidencia que, aunque no existieron diferencias significativas entre las medias de producción de la combinación de abono orgánico con Katabion® (1,64 t MS ha<sup>-1</sup>) con respecto al tratamiento de sólo abono orgánico (1,40 t MS ha<sup>-1</sup>), el primero brindó mayor producción. Ambos tratamientos brindaban la misma cantidad de N, K, Ca y P, pero, es posible, que al utilizar el fertilizante Katabion®, que contiene bioestimulantes, se aumentara el crecimiento de acuerdo con la opinión de Ruiz *et al.* (2009). Dicho fertilizante también cuenta con catalizadores, los cuales son enzimas que se encargan de acelerar las reacciones dentro de los seres vivos (Monte *et al.*

2013). El impacto de la aplicación del fertilizante líquido (Katabion®) también se observó al comparar la media de producción de MS de la combinación de abono orgánico con químico (1,78 t ha<sup>-1</sup>), con respecto a la producida con la combinación de abono orgánico, químico y Katabion® (2,05 t ha<sup>-1</sup>).

#### 4.2. Peso Fresco (PF)

El rendimiento de una plantación se puede medir por medio de la producción de forraje verde (Gómez *et al.* 2012). Según el Cuadro 12, existieron variaciones entre tratamientos en el tiempo debido a que se encontró que existen diferencias muy significativas en la interacción del factor Tratamiento (columnas) con el factor Corte (filas) (p=0,0041).

**Cuadro 12.** Media de PF (t ha<sup>-1</sup>) de la pastura y error estándar para la interacción Corte por Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017

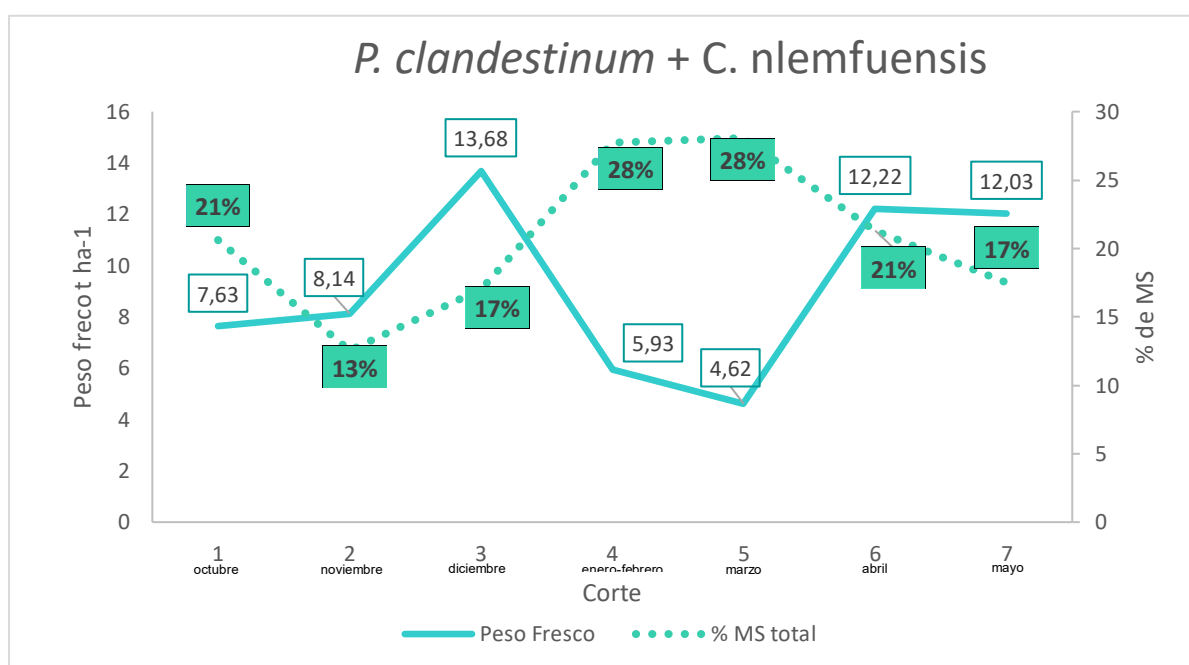
Número de Corte	Tratamiento				
	AO	AO & Q	AO, Q & K	AO & K	Magnesamón
<b>1 (octubre)</b>	6,71 ± 1,70 <sup>abcde</sup>	7,83 ± 2,13 <sup>abcde</sup>	8,59 ± 1,95 <sup>abcd</sup>	7,99 ± 2,90 <sup>abcde</sup>	7,02 ± 1,78 <sup>abcde</sup>
<b>2 (noviembre)</b>	7,52 ± 0,13 <sup>abcde</sup>	10,19 ± 0,71 <sup>abcd</sup>	8,06 ± 1,48 <sup>abcde</sup>	7,69 ± 0,89 <sup>abcde</sup>	7,22 ± 0,80 <sup>abcde</sup>
<b>3 (diciembre)</b>	11,56 ± 1,01 <sup>abcd</sup>	13,90 ± 1,59 <sup>ab</sup>	<b>15,97 ± 2,74<sup>a</sup></b>	12,33 ± 1,02 <sup>ab</sup>	14,66 ± 1,73 <sup>ab</sup>
<b>4 (enero-febrero)</b>	4,95 ± 1,09 <sup>bcde</sup>	5,17 ± 1,49 <sup>abcde</sup>	6,40 ± 1,48 <sup>abcde</sup>	7,02 ± 1,65 <sup>abcde</sup>	6,09 ± 1,40 <sup>abcde</sup>
<b>5 (marzo)</b>	3,57 ± 0,22 <sup>e</sup>	4,66 ± 0,73 <sup>de</sup>	5,44 ± 0,30 <sup>cde</sup>	2,95 ± 0,12 <sup>e</sup>	6,46 ± 0,43 <sup>abcde</sup>
<b>6 (abril)</b>	5,82 ± 1,36 <sup>abcde</sup>	15,30 ± 1,50 <sup>a</sup>	15,02 ± 2,30 <sup>ab</sup>	10,74 ± 1,38 <sup>abcd</sup>	14,19 ± 1,50 <sup>ab</sup>
<b>7 (mayo)</b>	9,69 ± 1,34 <sup>abcde</sup>	12,79 ± 1,94 <sup>abc</sup>	12,95 ± 0,86 <sup>ab</sup>	11,14 ± 0,73 <sup>abcd</sup>	13,56 ± 1,12 <sup>ab</sup>

a,b,c,d,e Medias con igual letra presentan diferencias no significativas (p > 0,05)

Zuluaga *et al.* (2009) encontraron diferencias significativas en la producción de forraje verde debido a la interacción de factores área y tratamiento, pero no por efecto de los factores individuales. Según el Cuadro 12 en la presente investigación se observó que en la interacción de los factores corte y tratamiento, la mayor producción de pasto fresco la presentaron los tratamientos de la combinación de abono orgánico con químico y Katabion®; la combinación de abono orgánico con químico y

Magnesamón, en los cortes 3, 6 y 7. Mientras que la menor producción de pasto fresco fue observada en los cortes 4 y 5, en la mayoría de tratamientos.

Apráz et al. (2012) observaron que la precipitación es un factor que influye en la producción de forraje verde en especies como *P. clandestinum* debido a que es el componente mayoritario de la planta y aumenta según el agua de lluvia que el cultivo intercepta. Es decir, meses que presentaron una mayor cantidad de forraje pudieron ser producto de la cantidad de agua en la planta y no necesariamente por mayor contenido de MS. En la Figura 9 se observa que el porcentaje de MS tuvo un comportamiento contrario al PF del total de pasto recolectado en el área experimental. Se muestran las medias del PF y el porcentaje de MS a lo largo del tiempo de observación.



**Figura 9.** Comportamiento del PF (t ha<sup>-1</sup>) y % MS de la pastura en los cortes. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017.

Al observar las pruebas de comparación de medias para la variable PF, en el factor corte, se observa que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0,0001$ ) (Cuadro 13) Las medias más altas las presentan los cortes 3, 6 y 7.

**Cuadro 13.** Media de PF (t ha<sup>-1</sup>) y error estándar para factor Corte. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017

Corte	PF (t ha <sup>-1</sup> )	E. E	(*)
<b>3 (diciembre)</b>	<b>13,68</b>	<b>0,78</b>	<b>a</b>
<b>6 (abril)</b>	12,22	1,05	ab
<b>7 (mayo)</b>	12,03	0,61	ab
<b>1 (octubre)</b>	7,63	0,88	bc
<b>2 (noviembre)</b>	8,14	0,45	cd
<b>4 (enero-febrero)</b>	5,93	0,60	d
<b>5 (marzo)</b>	4,62	0,37	e

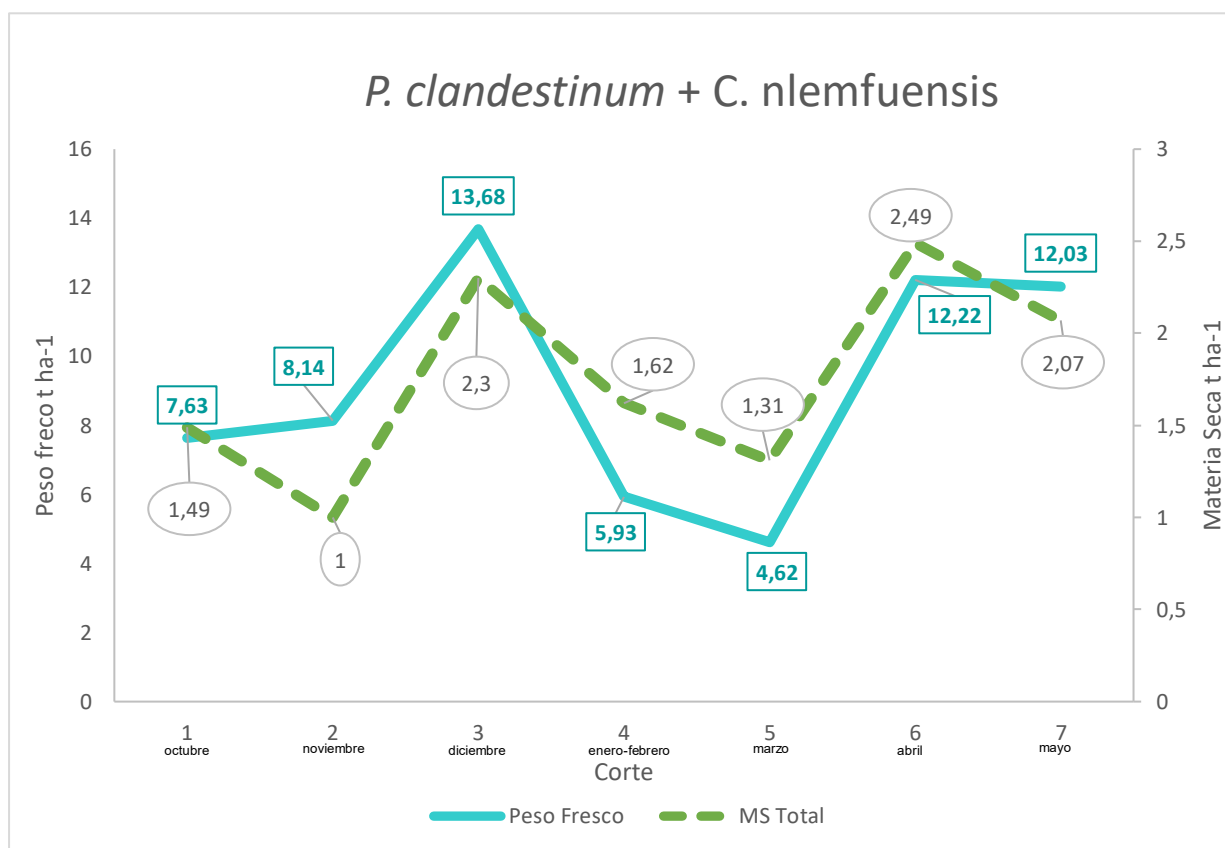
(\*) Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Al igual que en las mediciones de MS (t ha<sup>-1</sup>), los cortes 3, 6 y 7 fueron los que produjeron más pasto con 13,68 t ha<sup>-1</sup>, 12,22 t ha<sup>-1</sup> y 12,03 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Se realizaron en meses de transición entre el periodo más lluvioso y el menos lluvioso, es decir, en periodos dónde las lluvias inician su retiro o su llegada. Entre las medias de estos cortes las diferencias fueron no significativas. El Cuadro 13 indica que entre las medias de los cortes 1 (7,63 t ha<sup>-1</sup>) y 2 (8,14 t ha<sup>-1</sup>) se encontraron diferencias no significativas en el PF; el resultado del corte 1 tuvo influencia de la extracción de pasto Estrella en periodos previos al inicio del ensayo, la producción del corte 2 se vio impactada por baja radiación y exceso de lluvia con consecuente saturación del suelo. Las medias de los cortes 4 y 5 fueron las más bajas con 5,93 t ha<sup>-1</sup> y 4,62 t ha<sup>-1</sup>, esto debido a que las mediciones correspondieron a meses con poca precipitación en el año (Figura 1) y de mayor cantidad de radiación solar (Figura 2), las cuales pueden ser condiciones no aptas para la acumulación de agua en el pasto. Se observa que el comportamiento de la variable PF en el pasto Estrella y Kikuyo se dio en función a elementos climáticos, tales como la precipitación y la radiación.

La división celular no es muy sensible a condiciones de déficit hídrico en comparación a situaciones como la elongación celular (Romero 2012). Además, días con mayor radiación desencadenan dentro de las plantas reacciones fotoquímicas de la fotosíntesis (Pérez 2009), de manera que aumenta la síntesis de carbohidratos estructurales y hay mayor acumulación de MS (Ramírez *et al.* 2010). Es decir, la disminución de la precipitación no frena la división celular y una mayor radiación

provoca que se aumente la síntesis de carbohidratos estructurales, lo cual explica la mayor acumulación de MS en el pasto Estrella y Kikuyo en los cortes 4 (27,76%) y 5 (28,07%) (Figura 10), pero menor PF, los cuales se refirieron a evaluaciones de meses que, históricamente, presentan menor pluviosidad.

No obstante, es posible observar que el comportamiento de la cantidad de MS es similar al comportamiento del PF en el tiempo. En la Figura 11 se muestra el total de MS y de PF en los siete cortes de evaluación.



**Figura 10.** Comportamiento del peso fresco (PF) y la materia seca (MS) de la pastura. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017

Al analizar el factor tratamiento en el rendimiento del PF del total de pasto recolectado en el área experimental, se observa que existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p < 0,0001$ ) (Cuadro 14).

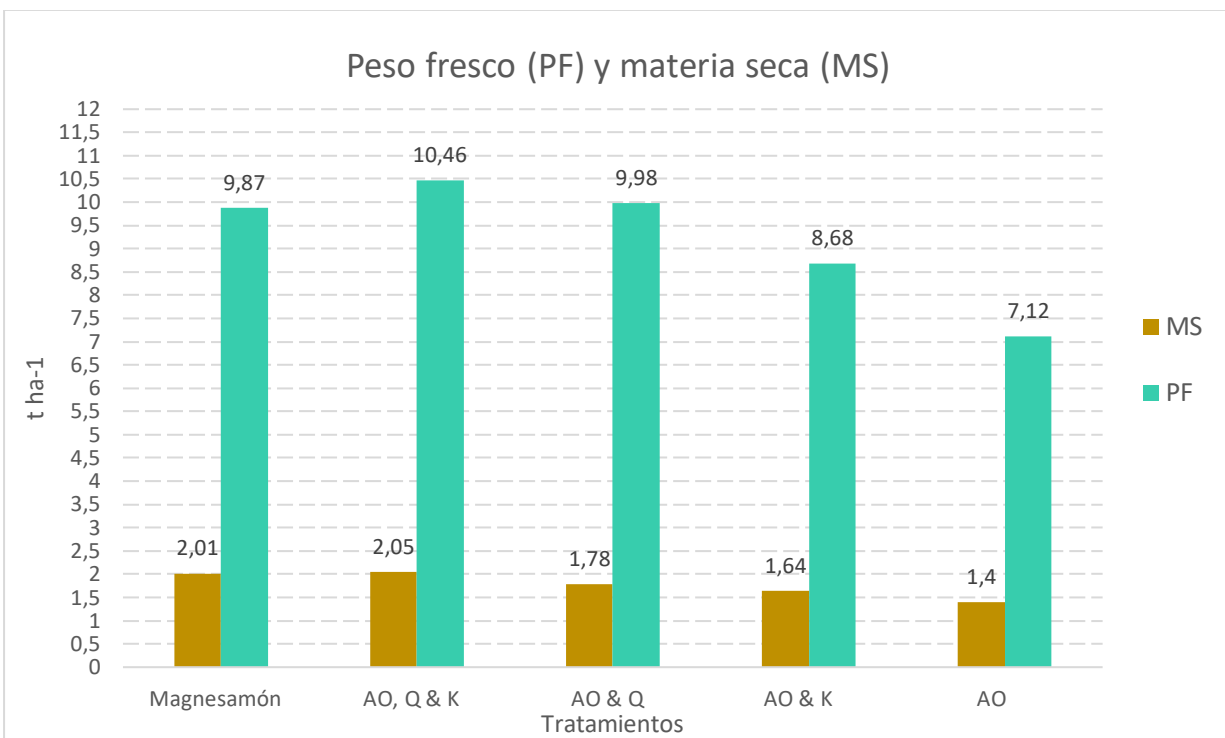
**Cuadro 14.** Media de PF en pastura ( $t\ ha^{-1}$ ) y error estándar para Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016-junio 2017

Tratamiento	PF ( $t\ ha^{-1}$ )	E. E	(*)
<b>AO, Q &amp; K</b>	<b>10,46</b>	<b>1,02</b>	<b>a</b>
AO & Q	9,98	0,96	a
Magnesamón	9,87	0,90	a
AO & K	8,68	0,83	ab
AO	7,12	0,66	b

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

Se observa que el contenido de N en los fertilizantes fue influyente en la producción de pasto (en términos de PF). Según el Cuadro 14, la media de producción del tratamiento de la combinación del abono orgánico con el fertilizante líquido (Katabion®) ( $8,68\ t\ PF\ ha^{-1}$ ) no obtuvo diferencias significativas con respecto al abono orgánico ( $7,12\ t\ PF\ ha^{-1}$ ), los cuales fueron los tratamientos de menor producción. Sin embargo, el primero fue un tratamiento que poseía bioestimulantes y catalizadores, lo que beneficia la actividad hormonal y la velocidad de las reacciones (Ruiz *et al.* 2009; Monte *et al.* 2013), lo que puede justificar dicho resultado.

En la Figura 11, a continuación, se presentan las medias ajustadas de producción de PF y MS por tratamiento.



**Figura 11.** Medias en t ha<sup>-1</sup> de peso fresco (PF) y materia seca (MS) por tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre 2016- junio 2017

Siguiendo con el Cuadro 14 y la Figura 11, la media más alta de PF la presentó el tratamiento que combinó el abono orgánico, químico y el bioestimulante (10,46 t PF ha<sup>-1</sup>), seguido por la media del abono orgánico con químico (9,98 t PF ha<sup>-1</sup>), los cuales son tratamientos que aportaron porcentajes de N ligeramente mayores a los que aportaba el Testigo del Magnesamón (9,87 t PF ha<sup>-1</sup>). El N se puede catalogar como uno de los elementos más relevantes en el proceso de crecimiento de las plantas (Navarro y Navarro 2013).

Por otro lado, las combinaciones de abono orgánico con abono químico poseían P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (11,03%) y K<sub>2</sub>O (10,19%). Apréiz *et al.* (2012) indican que la producción de biomasa fresca del pasto Kikuyo está directamente relacionada con la disponibilidad de K, siempre y cuando existe la disponibilidad de N y P para la planta, lo cual puede explicar que los tratamientos que aportaron mayor cantidad de K (10,19% K<sub>2</sub>O) presenten las medias más altas en el Cuadro 14. Según Berardo y Nahuel (2009), los nutrientes que con mayor frecuencia limitan la producción de las pasturas son el N y el P. En este caso, aunque el P se encuentra en menor cantidad a la requerida por el

pasto Estrella y Kikuyo (Cuadro 1, Cuadro 3), parece ser un elemento influyente en la mayor producción de pasto fresco. Esto puede ser debido a que es un elemento que participa en diversos procesos metabólicos y su ausencia puede provocar un menor crecimiento en las plantas (Kass 2007), su papel está generalizado en los procesos fisiológicos de la planta (Fernández 2007). Además del P, la presencia de K es fundamental, principalmente dentro de los procesos que involucran el paso de agua al interior celular (Kass 2007). En ese sentido, los tratamientos que poseen  $P_2O_5$  (11,03%) y  $K_2O$  (10,19%) tienen mayor acumulación de agua; esto es debido a que el P actúa como parte del metabolismo celular y como parte de los fosfolípidos, componente básico de las membranas celulares (Fernández 2007), cuya función es regular el paso hacia adentro o hacia afuera de la célula gracias a la propiedad derivada de su estructura fosfolipídica (Starr *et al.* 2009). Por otro lado, el K es un elemento que las plantas absorben de manera indiscriminada (por encima de sus necesidades), se encarga de la estimulación de la turgencia celular y la activación enzimática (Kass 2007).

Es posible que el tratamiento que contaba con fertilizante químico y Katabion® haya presentado la media de producción de PF más alta (10,46 t PF ha<sup>-1</sup>) debido a sus contenidos de N, P y K, así como la influencia de un bioestimulante.

### **4.3. Concentración de elementos en la pastura**

#### **4.3.1. Concentración de macronutrientes**

El pasto recolectado en el corte número 7 se separó en ambas especies y se utilizó para evaluar la cantidad de elementos dentro de las plantas por efecto acumulado de siete fertilizaciones mensuales continuas, por medio de análisis químico foliar. El Cuadro 15 presenta el porcentaje de N, P, K, Ca y Mg en *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis*.

**Cuadro 15.** Media y error estándar para la concentración de macroelementos en Kikuyo. Media general para el porcentaje de macroelementos en Estrella. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.

Especie	Tratamiento	Macroelemento (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
<i>P. clandestinum</i>	AO	3,18 ± 0,20 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,03 <sup>ab</sup>	3,15 ± 0,08 <sup>abc</sup>	0,31 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>a</sup>
	AO & Q	<b>3,98 ± 0,05<sup>a</sup></b>	0,35 ± 0,02 <sup>ab</sup>	3,35 ± 0,20 <sup>ab</sup>	0,33 ± 0,02 <sup>a</sup>	<b>0,28 ± 0,00<sup>a</sup></b>
	AO, Q & K	<b>3,90 ± 0,05<sup>a</sup></b>	<b>0,42 ± 0,05<sup>a</sup></b>	<b>3,63 ± 0,19<sup>a</sup></b>	0,29 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>a</sup>
	AO & K	<b>3,84 ± 0,07<sup>a</sup></b>	0,35 ± 0,01 <sup>ab</sup>	3,07 ± 0,22 <sup>bc</sup>	0,30 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,03 <sup>a</sup>
	Magnesamón	<b>4,00 ± 0,20<sup>a</sup></b>	0,30 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,70 ± 0,08 <sup>c</sup>	<b>0,34 ± 0,03<sup>a</sup></b>	0,25 ± 0,03 <sup>a</sup>
<i>C. nlemfuensis</i> *	AO	3,39	0,32	2,44	0,47	0,22
	AO & Q	3,81	0,37	2,70	0,54	0,23
	AO, Q & K	3,74	0,37	2,99	0,42	0,19
	AO & K	3,69	0,33	2,93	0,40	0,22
	Magnesamón	<b>4,05</b>	0,32	3,07	0,33	0,23

a,b, c Medias con igual letra en la misma columna presentan diferencias no significativas ( $p > 0,05$ )

\* se muestran medias de estadística descriptiva

Con respecto a los contenidos de N en *P. clandestinum* se presentaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ( $p=0,0135$ ). Según la prueba de Comparación Múltiple de Medias (Cuadro 15), la media más baja la presentó el abono orgánico ( $3,18 \pm 0,20\%$ ), con diferencias significativas con respecto a las medias de los demás tratamientos. Esto es debido a que el tratamiento de abono orgánico es uno de los que contiene la menor cantidad de N (1%). Es posible que las diferencias entre las medias del tratamiento de abono orgánico con respecto al tratamiento de la combinación de abono orgánico con el fertilizante Katabion® ocurrieron debido a la presencia de bioestimulantes y catalizadores que influyeron en la captación de N del suelo. Por otro lado, la media más alta la ocupó el tratamiento Testigo Magnesamón ( $4,00 \pm 0,20\%$ ), atribuido a que es el fertilizante con mayor facilidad de disolución, lo cual favorece a la planta en la captación de elementos nutritivos en el suelo; los otros tratamientos contaban con una parte orgánica, lo cual los caracterizó por lenta velocidad de liberación de nutrientes en comparación a un fertilizante químico de acuerdo con Gómez *et al.* (2012). Es posible que existieran diferencias no significativas entre las medias de los tratamientos que combinan

fertilizantes con respecto al Testigo debido a un efecto acumulado de siete fertilizaciones mensuales consecutivas.

En la especie *C. nlemfuensis* también se observó que el mayor contenido de N se presentó en las áreas tratadas con el tratamiento Magnesamón (4,05%) y el menor contenido lo mostró el abono orgánico (3,39%); al igual que se comentó en párrafos anteriores, esto podría justificarse por la cantidad de N aportado por los fertilizantes y la facilidad de disolución de los fertilizantes en el suelo.

Según el procedimiento de comparaciones múltiples, en el pasto *P. clandestinum* (Cuadro 15) se observan diferencias significativas entre medias de P, donde el mayor contenido se presentó al ser tratado con la combinación de abono orgánico, químico y el fertilizante líquido ( $0,42 \pm 0,05$ ), sin diferencias significativas con los demás tratamientos excepto con las áreas tratadas con el Testigo Magnesamón, el cual provocó que se produjera la menor media en el área tratada con dicho tratamiento ( $0,30 \pm 0,01$ ). Esto es debido a que el Testigo Magnesamón no aporta ningún porcentaje de P.

*C. nlemfuensis*, presentó que el contenido de P fue bastante similar entre las áreas tratadas con los distintos tratamientos, sin embargo, contenidos mayores se observaron en áreas tratadas con la combinación de abono orgánico con químico (0,37%) y la combinación de abono orgánico con químico y el bioestimulante (0,37%). Valores similares fueron encontrados por Borges *et al.* (2012) quienes reportan 0,34% de P al utilizar fertilización inorgánica y 0,36% con fertilización orgánica o 0,37% al hacer la evaluación a los 35 días después de fertilizar.

Respecto a los contenidos de K se presentaron diferencias significativas en las concentraciones que presentó *P. clandestinum* entre medias de los tratamientos ( $p=0,0287$ ). La media más alta la muestra el tratamiento que combinó al abono orgánico, químico y el fertilizante líquido ( $3,63 \pm 0,19$ ) cuya media es similar a los resultados obtenidos por Sánchez *et al.* (2016), ante la incorporación de bacterias rizosféricas o por condiciones de suelos salinos con buena fertilización. La media más baja se observa en el Testigo Magnesamón ( $0,25 \pm 0,03$ ), entre estos tratamientos se

encontraron diferencias significativas puesto que se muestran con letras diferentes (Cuadro 16), consecuencia de que la composición de los tratamientos que combinaban el fertilizante orgánico con químico contaba con la mayor concentración de K, mientras que el tratamiento Magnesamón no posee dicho elemento.

Por otro lado, en el caso de *C. nlemfuensis*, el tratamiento Testigo fue el que permitió el mayor consumo de K en la planta (3,07%), caso contrario en la especie *P. clandestinum*, lo cual se puede justificar por la capacidad competitiva de *C. nlemfuensis* con pasturas asociadas (Villalobos y Arce 2013). La cantidad de K captada en todos los tratamientos fue superior a la que reportan Borges *et al.* (2012) con un promedio 1,55% a los 35 días post fertilización.

En los contenidos de Ca de *P. clandestinum* no se presentaron diferencias significativas entre medias de tratamientos ( $p=0,3079$ ), en el Cuadro 15 se representan todas las medias con la misma letra. No obstante, en *C. nlemfuensis* el Ca fue mayormente absorbido en el tratamiento de la combinación de abono orgánico con químico (0,54%), mientras que la menor concentración en hojas se dio en la aplicación de Magnesamón (0,33%), valor similar al reportado por Borges *et al.* (2012) quienes evaluaron la concentración de Ca a los 21 días post fertilización orgánica e inorgánica. De nuevo, es el caso contrario con la concentración de Ca en *P. clandestinum* (Cuadro 15).

Por último, entre las medias de la concentración de Mg en *P. clandestinum* existieron también diferencias no significativas entre tratamientos ( $p=0,5546$ ). En *C. nlemfuensis* el Mg se absorbió mayormente en el tratamiento que combinaba al abono orgánico con el fertilizante químico (0,23%) y el Magnesamón (0,23%), y el menor consumo se evidenció en el tratamiento que combinó al abono orgánico, químico y el bioestimulante (0,19%). Ambas especies presentaron un alto consumo en las áreas experimentales tratadas con el tratamiento que combinaba al abono orgánico con el fertilizante químico, seguidas las áreas tratadas por el tratamiento Testigo, el cual contenía la cantidad más alta de este elemento. Es posible que la concentración de este elemento fuera debido a características antagónicas, donde el consumo de K y Ca suprimió el consumo de Mg, Rivera (2008) encontró que en los periodos de descanso

ambas especies presentan mayores concentraciones de K y Ca, en lugar de Mg (Rivera 2008).

#### 4.3.2. Concentración de microelementos

El Cuadro 16 muestra la concentración (mg/l) de microelementos acumulados después de siete meses de aplicación sucesiva de fertilizantes (evaluación del corte 7). Para la especie *P. clandestinum* las medias representadas con la misma letra no presentan diferencias significativas en el procedimiento de comparación múltiple. Para *C. nlemfuensis* se presentan medias obtenidas por estadística descriptiva.

**Cuadro 16.** Media y error estándar del porcentaje de microelementos en Kikuyo. Media del porcentaje de microelementos en Estrella. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.

Especie	Tratamiento	Microelemento (mg/L)			
		Cu	Mn	Fe	Zn
<i>P. clandestinum</i>	AO	21,33 ± 1,20 <sup>c</sup>	113,00 ± 14,00 <sup>b</sup>	<b>206,33 ± 34,64<sup>a</sup></b>	<b>40,00 ± 6,66<sup>a</sup></b>
	AO & Q	23,67 ± 1,20 <sup>abc</sup>	105,33 ± 0,67 <sup>b</sup>	<b>163,33 ± 14,75<sup>a</sup></b>	<b>37,33 ± 4,37<sup>a</sup></b>
	AO, Q & K	<b>26,00 ± 1,15<sup>a</sup></b>	136,67 ± 13,12 <sup>ab</sup>	<b>152,33 ± 6,06<sup>a</sup></b>	<b>39,00 ± 6,66<sup>a</sup></b>
	AO & K	25,00 ± 0,58 <sup>ab</sup>	141,33 ± 16,25 <sup>ab</sup>	<b>181,00 ± 42,16<sup>a</sup></b>	<b>38,00 ± 12,17<sup>a</sup></b>
	Magnesamón	23,00 ± 1,73 <sup>bc</sup>	<b>185,33 ± 25,44<sup>a</sup></b>	<b>180,00 ± 17,35<sup>a</sup></b>	<b>52,00 ± 6,51<sup>a</sup></b>
<i>C. nlemfuensis</i> *	AO	13,00	143,00	112,00	44,00
	AO & Q	16,00	110,00	125,00	55,00
	AO, Q & K	26,00	235,00	157,00	50,00
	AO & K	20,00	130,00	100,00	54,00
	Magnesamón	30,00	160,00	162,00	49,00

a,b,c Medias con igual letra en la misma columna presentan diferencias no significativas ( $p > 0,05$ )

\* se muestran medias de estadística descriptiva

Medias ajustadas y errores estándares para tratamiento para Kikuyo. Medias generales para Estrella

En el análisis estadístico de la concentración de micronutrientes de *P. clandestinum* se encontraron diferencias significativas ante la respuesta de la concentración de Cu ( $p=0,0464$ ). Según el procedimiento de Comparación Múltiple de Medias del Cuadro 16 de *P. clandestinum*, se presentó la mayor concentración de Cu en el área tratada con el tratamiento de la combinación de abono orgánico, químico y el bioestimulante ( $26,00 \pm 1,15$ ), el cual presentó diferencias no significativas con las

concentraciones de las áreas tratadas con el tratamiento de la combinación de abono orgánico con el bioestimulante ( $25,00 \pm 0,58$ ) y con el abono orgánico y químico ( $23,67 \pm 1,20$ ); sin embargo, si presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a las áreas tratadas con los tratamientos de abono orgánico ( $21,33 \pm 1,20$ ) y el Testigo Magnesamón ( $23,00 \pm 1,73$ ). Para *C. nlemfuensis* se encuentra que el mayor contenido de Cu se encuentra en las áreas tratadas con el tratamiento Testigo (30 mg/l) y la menor concentración se encuentra en las áreas tratadas con el tratamiento de abono orgánico (13 mg/l), sin embargo, son concentraciones superiores a las encontradas por Borges *et al.* (2012) a los 21 y a los 35 días post fertilización. Cabe mencionar que el suelo en el que se desarrolló el ensayo posee un pH de 5,5 y el Cu es difícilmente intercambiable en suelos con pH mayor a 5,3 y menor a 8,5 o en suelos con mayores contenidos de materia orgánica debido a que se forman complejos según Muena *et al.* (2010). Además, Leeper (1970) citado por Kass (2007) indica que se encuentran deficiencias de cobre en suelos con altos contenidos de carbón orgánico. Es decir, el menor contenido de Cu en el tratamiento de abono orgánico se justifica por el nivel de pH en el suelo y el contenido de materia orgánica en el mencionado tratamiento, la cual es la misma razón que justifica que el más alto contenido de Cu fue encontrado en el tratamiento Magnesamón en el caso de *C. nlemfuensis*, ya que dicho tratamiento no aportaba materia orgánica.

En la respuesta ante la concentración de Mn en *P. clandestinum* también se obtuvieron diferencias significativas ( $p=0,0235$ ); la mayor concentración se presentó en el tratamiento Testigo ( $185,33 \pm 25,44$ ) y la menor en los tratamientos de abono orgánico y en la combinación de fertilizante orgánico con químico ( $105,33 \pm 0,67$ ). Entre ellos se representan las medias con letras diferentes en el Cuadro 16. Con respecto a *C. nlemfuensis*, la concentración de Mn fue mayor en la combinación de abono orgánico, químico y el bioestimulante (235,00 mg/l), mientras que la menor se observó en el tratamiento de abono orgánico con químico (110,00 mg/l). Al igual que el Cu, el Mn puede ser retenido en suelos con alta cantidad de carbón orgánico según Leeper (1970) citado por Kass (2007), lo cual explica el bajo contenido de este elemento en las áreas tratadas con el tratamiento de abono orgánico o de abono orgánico con químico. El mayor contenido de Mn en la combinación de abono orgánico, químico y el

bioestimulante en *C. nlemfuensis* se puede atribuir a la presencia del fertilizante Katabion® (bioestimulante) (1,50% Mn).

La respuesta de *P. clandestinum* refleja que las aplicaciones de los tratamientos no brindaron diferencias significativas en las concentraciones de Fe ( $p=0,5181$ ) y Zn ( $p=0,4994$ ). En el caso de *C. nlemfuensis* la cantidad de Fe fue superior en el tratamiento que combinó al abono orgánico, químico y el bioestimulante, la menor fue en la combinación de abono orgánico con el fertilizante líquido. El Zn tuvo su mayor concentración foliar en el tratamiento que combinó el fertilizante orgánico y el químico, la menor se observó en el Testigo Magnesamón (Cuadro 16).

#### 4.4. Proteína Cruda (PC)

El análisis de la cantidad de proteína se realizó por separado para ambas especies. Se identificaron diferencias estadísticas para *P. clandestinum* ( $p=0,0135$ ). y se utilizó estadística descriptiva para caracterizar el contenido en *C. nlemfuensis*. A continuación, se presenta el Cuadro 17 con la cantidad de PC para ambas especies de pasto.

**Cuadro 17.** Media y error estándar de porcentaje de PC en Kikuyo. Media de porcentaje de PC en Estrella. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017

Especie	Tratamiento	Proteína (%)
<i>P. clandestinum</i>	AO	19,88 ± 1,28 <sup>b</sup>
	AO & Q	24,85 ± 0,31 <sup>a</sup>
	AO, Q & K	24,38 ± 0,31 <sup>a</sup>
	AO & K	24,00 ± 0,42 <sup>a</sup>
	Magnesamón	25,00 ± 1,27 <sup>a</sup>
<i>C. nlemfuensis</i> *	AO	21,18
	AO & Q	23,81
	AO, Q & K	23,38
	AO & K	23,06
	Magnesamón	25,31

a, b Medias con igual letra en la misma columna presentan diferencias no significativas ( $p > 0,05$ )

\* se muestran medias de estadística descriptiva

Medias ajustadas y errores estándares para tratamiento en Kikuyo.

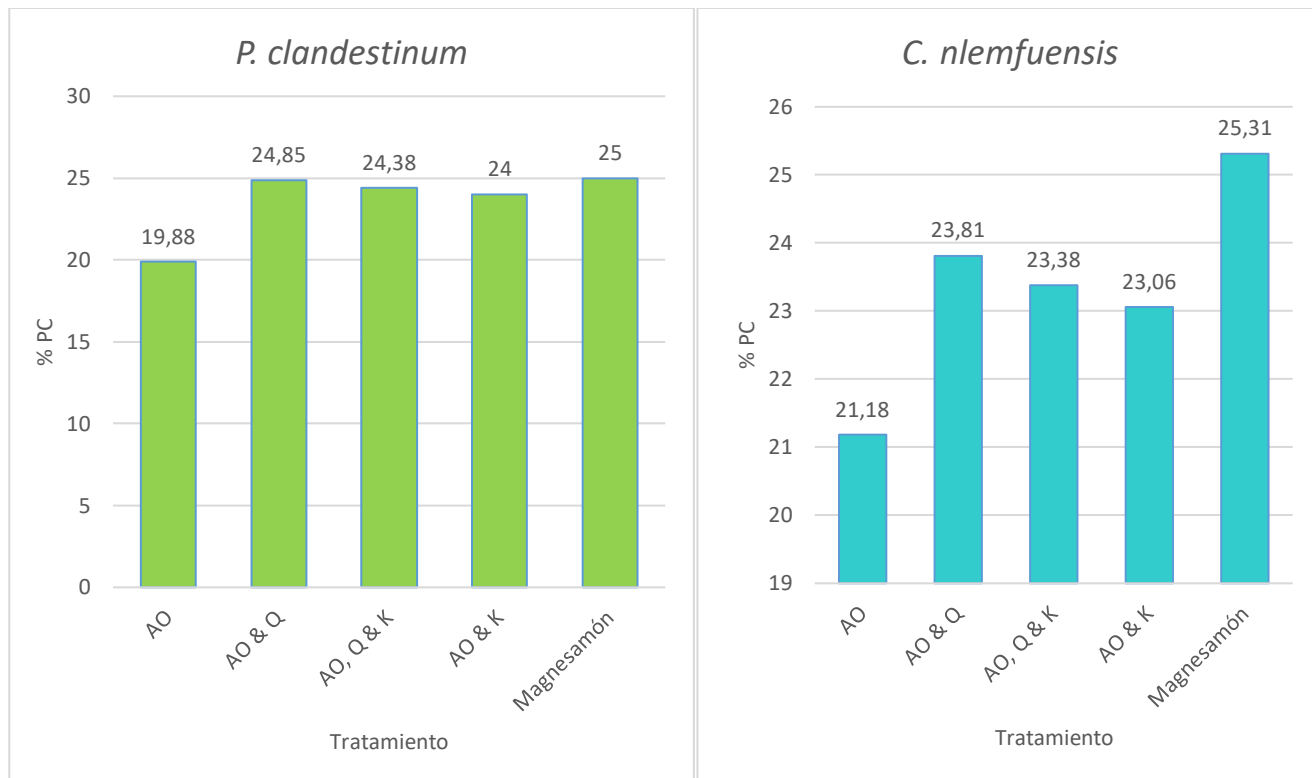
Medias generales para Estrella

Generalmente se ha considerado que *P. clandestinum* posee un nivel proteico alto (Hlophe y Moyo 2014), ronda el 20% (Sossa y Barahona 2015; Correa *et al.* 2008; Soto *et al.* 2005). Con buena fertilización se pueden obtener valores de 24% (Kimiti 2016), en el Cuadro 17 se muestran valores similares a los reportados por estos autores.

El tratamiento Magnesamón y los tratamientos que combinan fertilizantes presentaron diferencias no significativas entre medias, con valores entre 24 y 25%. Valores similares fueron encontrados por Morales *et al.* (2013) en la asociación de Kikuyo con leguminosas, donde encontraron 24,9% de PC.

Entre algunos de los tratamientos que combinan el abono orgánico (AO & Q y AO, Q & K) se presentan niveles los mismos niveles de N, los cuales son similares al aporte de N del tratamiento Testigo según la dosis aplicada (apartado 3. 5: descripción de tratamientos); es decir, el alto nivel de proteína que mostraron estos tratamientos se debe a la dosis de N aplicada, del mismo modo, la concentración de N en las hojas fue mayor en estos tratamientos.

El tratamiento del abono orgánico no fue competitivo con los demás tratamientos en lo que respecta a la producción de proteína en *P. clandestinum* ( $19,88 \pm 1,28$ ), en el Cuadro 17 y la Figura 13 se muestra la media del tratamiento abono orgánico representada con letra diferente con respecto a las medias de los demás tratamientos. Esto puede ser debido a la baja dosis en la que se aplicó dicho tratamiento ( $160 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Sin embargo, su contenido de proteína sigue siendo más alto en comparación a valores reportados por Castañeda *et al.* (2008), quienes indican 17,98% de PC en edades de corte de 30 días y fertilización de  $50 \text{ Kg N ha}^{-1}$  o a los reportados por Oliva *et al.* (2015) de 12,55% en temperaturas medias anuales de  $16^{\circ}\text{C}$ . Entre la media obtenida en las áreas tratadas con dicho tratamiento y la media obtenida en las unidades experimentales tratadas con la combinación de abono orgánico con el bioestimulante ( $24,00 \pm 0,42$ ) existieron diferencias estadísticamente significativas, a pesar de que el contenido de N era el mismo, es decir, la aplicación de bioestimulantes, al parecer, ofrece beneficios en la producción de PC.



**Figura 12.** Media y error estándar para el porcentaje de PC en *P. clandestinum* y media de porcentaje de PC en *C. nlemfuensis* 30 días después de siete ciclos de fertilización. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.

La Estrella africana produce valores de 20,27% de PC (Villalobos y Arce 2014), porcentaje similar al obtenido en el tratamiento de abono orgánico (21,18%). Los valores más altos se encontraron en el tratamiento Magnesamón (25,31%) y en la combinación de abono orgánico con químico (23,81%). Estos son valores más altos a los encontrados en bosque seco tropical con valores de  $10,1 \pm 2,33\%$  (Gaviria *et al.* 2015), o a los obtenidos por Borges *et al.* 2012 quienes obtuvieron un promedio de 11,87% entre los tratamientos evaluados a los 35 días después de fertilización orgánica (2000 Kg compostaje ha<sup>-1</sup>) e inorgánica (200 Kg N ha<sup>-1</sup>).

#### 4.5. Fibra Detergente Neutro (FDN)

##### 4.5.1. FDN *P. clandestinum*

El resultado de la prueba de hipótesis marginales para la FDN del pasto Kikuyo recolectado del área experimental, indica que existen diferencias muy significativas ( $p$ -valor=0,0002) entre tratamientos para el corte de pasto analizado en el corte siete.

A partir del procedimiento de Comparación Múltiple de Medias se observa que el porcentaje más alto de FDN lo presentó el tratamiento AO, con diferencias no significativas con respecto a los tratamientos (AO & Q) y Magnesamón. La media más baja se encuentra en el tratamiento AO & K, con diferencias no significativas con respecto a (AO, Q & K), (AO & Q) y Magnesamón (Cuadro 18). Los tratamientos que incluyen el Katabion® cuentan con diferencias no significativas entre ellos. El promedio de FDN entre los tratamientos es de 56,56%.

**Cuadro 18.** Media y error estándar del porcentaje de % FDN en pasto Kikuyo para factor Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.

	FDN (%)	EE	(*)
AO	63,36	1,3	a
AO & Q	60,08	2,4	ab
Magnesamón	54,49	3,9	ab
AO, Q & K	52,9	0,7	b
AO & K	51,98	0,9	b

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

Mejía *et al.* (2007) observaron que en el pasto Kikuyo la cantidad de FDN disminuye conforme aumenta la concentración de nutrientes aplicados. Esto concuerda con el Cuadro 18, ya que la FDN fue mayor en el tratamiento de abono orgánico, el cual tiene menor concentración de los elementos. No obstante, los menores valores de FDN los muestran los tratamientos que contienen bioestimulantes.

Se han realizado diversas investigaciones sobre el porcentaje de FDN en *P. clandestinum* que reportan valores muy similares a los obtenidos. Soto *et al* (2005) indican que los valores de FDN muestran una media de 56,57% entre tratamientos, con diferencias no significativas al comparar la aplicación de fertilización nitrogenada con respecto a un Testigo en periodos de 30 y 60 días de descanso. Correa *et al* (2008) indican como valores promedio de FDN cerca de 58,1% en pasto Kikuyo en investigaciones distintas en el trópico. Son valores cercanos a los encontrados por Sossa y Barahona (2015) con un 57,15% en periodos de descanso entre 45 y 50 días y fertilizaciones a base de desechos de concentrados. Sin embargo, también existen análisis realizados en dicho pasto que reportan valores inferiores, entre 46,46 y un

52,38% de FDN en arreglos silvopastoriles con periodos de descanso de 36 días y un día de ocupación (Gualdrón y Padilla 2007).

Los menores valores de FDN en Kikuyo se obtuvieron con los tratamientos que incluían a Katabion® (Cuadro 18), resultado contrario a Cabral (2016), quien indica que la aplicación de bioestimulantes ejerce un efecto benéfico en la producción, pero no se observa una influencia positiva en las características del valor nutritivo de pastos.

De esta manera, la aplicación de bioestimulantes en la producción de *P. clandestinum* puede ejercer mayor consumo de *P. clandestinum*, ya que el parámetro de FDN es útil como un indicador de consumo de pasto (Rodríguez *et al.* 2007).

#### 4.5.2. FDN *C. nlemfuensis*

La estadística descriptiva se encarga de la recolección y presentación de manera simplificada para una rápida interpretación. A partir de la presentación de resultados del Cuadro 19 se observa que la mayor cantidad de fibra en el pasto Estrella se obtiene en el tratamiento de abono orgánico (66,8%), seguido por la combinación de abono orgánico y químico (64,89%), la combinación de abono orgánico, químico y Katabión® (64,4%), el abono orgánico con Katabión® (64,18%) y en último lugar se encuentra el tratamiento Magnesamón (63,21%).

**Cuadro 19.** Media general de % FDN para factor Tratamiento en pasto Estrella. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.

Tratamiento	FND (%)
AO	66,8
AO & Q	64,89
AO, Q & K	64,4
AO & K	64,18
Magnesamón	63,24

En el distrito de Ciudad Quesada de San Carlos se ha caracterizado al pasto Estrella con valores de 75,5% de FDN entre alturas de 400 y 1400 msnm (Salazar 2008), sin embargo, la cantidad obtenida en todos los tratamientos fue inferior. Cantidades similares se han obtenido a 800 msnm, con un total de 64,21% (Villalobos y Arce 2014). En el Cuadro 19 se observa que los valores son muy similares entre sí,

ya que se concentran entre 63,24 y 66,8%, dónde el Magnesamón ofrecería ventajas en el consumo de Estrella, seguido por los tratamientos que presentan la aplicación de bioestimulantes. El porcentaje de FDN es un indicador de consumo por parte de los animales (Rodríguez *et al.* 2007).

#### 4.6. Fibra Detergente Ácido (FDA)

##### 4.6.1. FDA *P. clandestinum*

La FDA se compone de celulosa y lignina (Di Marco 2011), su determinación se utiliza para realizar estimaciones de la digestibilidad de la MS (Di Marco 2011; Rodríguez *et al.* 2007). Por lo que es un parámetro importante para evaluar el valor nutricional de una pastura.

El resultado de la prueba de hipótesis marginales para la FDA del pasto Kikuyo recolectado del área experimental indica que existen diferencias no significativas ( $p=0,7623$ ) entre tratamientos en el corte 7. El promedio del porcentaje de FDA de los tratamientos utilizados es de 24,60%. En el Cuadro 20 se muestra la prueba de Comparación Múltiple de Medias.

**Cuadro 20.** Media y error estándar del porcentaje de % FDA en pasto Kikuyo para factor Tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Junio 2017.

Tratamiento	FDA (%)	E. E	(*)
AO, Q & K	25,33	0,40	a
AO	25,17	1,20	a
Magnesamón	24,98	1,56	a
AO & K	23,93	0,79	a
AO & Q	23,93	0,69	a

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

Los valores de FDA del pasto *P. clandestinum* presentados en el Cuadro 20 son inferiores a los reportados por otros autores quienes reportan valores de FDA alrededor del 30% (Sossa y Barahona 2015). Otros autores han encontrado valores entre 19,35% y 23,44% de FDA debido a ventajas que brindan los arreglos silvopastoriles (Gualdrón y Padilla 2007), los cuales son valores ligeramente inferiores a los obtenidos.

Entre los valores presentados no se reportan diferencias significativas, no obstante, la cantidad más alta de FDA la presentó el tratamiento de la combinación de abono orgánico, con químico y Katabión® (25,33%), seguida por el tratamiento de abono orgánico (25,17%), Magnesamón (24,98%), el de abono orgánico y Katabión® (23,93%) y, por último, la combinación de abono orgánico con químico (23,93%). El uso del bioestimulante no fue influyente en la disminución de la FDA.

#### 4.6.2. FDA *C. nlemfuensis*

El Cuadro 21 muestra los porcentajes de FDA obtenidos por medio de estadística descriptiva en los tratamientos utilizados. Los valores obtenidos son similares, estos se concentran entre 25,28 y 26,58%.

**Cuadro 21.** Media general de % FDA para factor Tratamiento en pasto Estrella. Junio 2017. San Carlos, Costa Rica. 2017.

Tratamiento	FDA (%)
AO	26,58
Magnesamón	26,58
AO, Q & K	26,44
AO & K	26,26
AO & Q	25,28

Villalobos y Arce (2014) encontraron en pasto Estrella africana valores de FDA de 34,95 % a una altura de 800 msnm, inclusive se han encontrado valores superiores, de hasta 45,0% en bosque seco tropical, a una altura de 540 msnm (Gaviria *et al.* 2015). Los resultados del Cuadro 21 son recolectados de evaluaciones ejecutadas a 1340 msnm, por lo que puede existir mayor influencia de la altura con respecto al nivel del mar en lugar de efecto de los tratamientos.

#### 4.7. Costos de producción

Se dice que los pastos y forrajes tienen la ventaja de ser cultivos perennes, con bajos costos anuales después del primer año de mantenimiento (Catholic Relief Services 2015). Estudios indican que los costos de fertilización representan entre 40 a 60% del costo total de producción del cultivo (Arévalo y Castellano 2009), por lo que es posible que la biofertilización proporcione ventajas respecto a los costos de producción

(Pinilla y Moreno 2010). En el pasto Kikuyo se ha observado que la alimentación de animales es rentable si la pastura ha sido manejada con correcta fertilización (Sossa y Barahona 2015). En el presente estudio se estimaron los costos de producción por kilogramo de MS y el costo de lactancia de 305 días en la pastura compuesta por Estrella y Kikuyo en Sucre de San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

La pastura del área utilizada no se utiliza para el pastoreo de los animales, sino que se trabaja con cortes de segadora con el fin de repartir el material recolectado entre los animales de la lechería. Para ofrecer las pasturas a los animales se corta todo el pasto con una segadora y se cosecha manualmente. De esta manera, todo el pasto del área es consumido por los animales, a los que se les ofrece una ración de aproximadamente diez kilogramos por animal. Esta práctica permite un 100% de aprovechamiento del pasto, sin embargo, ocasiona que los mayores costos de producción sean por gastos en mano de obra.

Cada año debe destinarse una suma de dinero para el mantenimiento de pasturas de la finca, el cual no debe ser visualizado como un gasto, sino como una inversión con beneficios económicos y con garantía de la sostenibilidad del sistema (Arce *et al.* 2013). En el Cuadro 22 se muestran los costos fijos para la producción de pasto. Cabe mencionar que el costo de mano de obra para la cosecha de pasto es el mismo para todos los tratamientos tomando en consideración que las parcelas son de la misma área, con el supuesto de que el tiempo de cosecha es el mismo. La devaluación de la bomba de espalda se incluye dentro de los costos de los tratamientos que poseen una parte líquida (Katabion®).

**Cuadro 22.** Costos fijos de producción de pasto en Sucre. San Carlos, Costa Rica. Periodo octubre 2016-junio 2017.

Rubro	Costo (colones)
Agroquímicos	¢723,61
Encalado	¢454,31
Mano de obra aplicación herbicidas	¢6820,89
Mano de obra encalado	¢3410,44
Mano de obra corte de pasto	¢10231,33
Mano de obra cosecha de pasto	¢27283,56
Mano de obra aplicación fertilizantes granulares	¢3410,44

Los costos variables de producción, así como el costo por kilogramo de MS y de PC producida en la pastura compuesta se encuentran en el Cuadro 23.

**Cuadro 23.** Costos variables de producción anuales y costo marginal por kilogramo de MS y PC según tratamiento. San Carlos, Costa Rica. 2017

	Costos anuales en colones por producción de MS por tratamiento				
	T1: AO	T2: AO & Q	T3: AO, Q & K	T4: AO & K	T5: Magnesamón
	Dosis Kg ha <sup>-1</sup> : 160	Dosis Kg ha <sup>-1</sup> : 160	Dosis Kg ha <sup>-1</sup> : 160 Dosis Katabión ha <sup>-1</sup> : 1 litro	Dosis Kg ha <sup>-1</sup> : 160 Dosis Katabión ha <sup>-1</sup> : 1 litro	Dosis Kg ha <sup>-1</sup> : 76
MS por ciclo (t ha <sup>-1</sup> )	1,40	1,78	2,05	1,64	2,01
MS anual (t ha <sup>-1</sup> )	16,80	21,36	24,60	19,68	24,12
PC <i>P. clandestinum</i> (Kg ha <sup>-1</sup> )*	19,88	24,85	24,38	24,00	25,00
Mano de obra (aplicación fertilizante líquido)			¢6820,89	¢6820,89	
Total mensual	¢79717,92	¢85051,25	¢107356,86	¢102023,53	¢74741,11
Total anual	¢956615,00	¢1020615,00	¢1288282,33	¢1224282,33	¢896893,26
Costo anual MS producida (t ha <sup>-1</sup> )	¢56941,37	¢47781,60	¢52369,20	¢62209,47	¢37184,63
Costo anual Kg MS (Kg ha <sup>-1</sup> )	¢56,94	¢47,78	¢52,37	¢62,21	¢37,18
Costo PC producida (Kg ha <sup>-1</sup> )*	¢4009,96	¢3422,59	¢4403,48	¢4250,98	¢2989,64

\* Cuantificación realizada en el material recolectado a los 30 días posteriores a siete aplicaciones de los tratamientos.

Cabe mencionar que dentro de los costos se encuentra incluida la devaluación de la segadora y la bomba de espalda, las cuales fueron estimadas para un periodo de treinta y diez años, respectivamente. La devaluación para la segadora se estimó en

¢6050 mensuales, mientras que para la bomba de espalda se estimó una devaluación de ¢484,72 mensuales.

En el Cuadro 24 se muestra el costo por lactancia de 305 días utilizando un total de veinte kilogramos por vaca al día, con el uso de una pastura compuesta por las especies *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis*. Se utilizaron las medias obtenidas del porcentaje de MS por tratamiento debido a que a las vacas lecheras de la finca La Bretañita se les brinda una ración diaria de 20 Kg de PF.

**Cuadro 24.** Cálculo del costo en colones del pasto consumido por vaca en periodo de lactancia. Sucre, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Tratamiento	% MS	Kg MS consumidos por vaca	Costo Kg de MS	Costo por lactancia de 305 días
<b>Magnesamón</b>	21,52	4,304	¢37	¢48. 813
<b>AO &amp; Q</b>	19,24	3,848	¢48	¢56. 078
<b>AO, Q &amp; K</b>	20,77	4,154	¢52	¢66. 350
<b>AO</b>	21,46	4,292	¢57	¢74. 540
<b>AO &amp; K</b>	20,44	4,088	¢62	¢77. 565

El porcentaje de MS y el costo del Kg de MS se utilizaron para estimar el costo de lactancia. La lactancia más económica en términos de producción de MS se obtiene con el tratamiento Magnesamón, mientras el mayor costo se obtiene en el tratamiento de la combinación de abono orgánico y el fertilizante líquido (AO & K).

## 5. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales, condiciones de manejo de la pastura compuesta por *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* y la dosis utilizada en la aplicación de los fertilizantes influyeron en la producción de MS ( $t\ ha^{-1}$ ) en el tiempo.

La interacción Corte\*Tratamiento presenta diferencias significativas debidas a diferencias altamente significativas entre tratamientos y diferencias significativas mostradas entre siete cosechas (cortes) de pasto debido a condiciones climáticas.

La aplicación de abono orgánico no influyó en la producción de pasto, quizás debido a la aplicación de baja dosis, lo que implica un bajo aporte de elementos nutritivos.

La implementación de bioestimulantes y biocatalizadores implican ventajas en la disminución en el porcentaje de FDN y producción de PC en una pastura compuesta por *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis*.

El N fue el elemento de mayor concentración foliar en *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* ante la aplicación del fertilizante Magnesamón® debido a su facilidad de disolución en el suelo.

Mayores concentraciones de N en los fertilizantes aplicados a una pastura compuesta por *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* implican mayor PC.

El fertilizante Magnesamon brinda menores costos de producción de materia seca y menores costos por lactancia de 305 días en comparación a la aplicación de fertilización orgánica y bioestimulantes en un sistema con recolección manual de pasto y un 100% de consumo en una pastura compuesta por *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis*, así como los menores costos de producción de proteína cruda en *P. clandestinum*.

## 6. RECOMENDACIONES

Desarrollar una investigación para determinar la dosis óptima para la aplicación del tratamiento de abono orgánico y el tratamiento de la combinación de abono orgánico con Katabión® en la producción de una pastura compuesta por *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis*.

Investigar el comportamiento productivo de una pastura compuesta por *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* durante todo un año de estudio sin implementación de fertilizantes.

Estudiar la producción y valor nutritivo de una pastura compuesta por *P. clandestinum* y *C. nlemfuensis* equiparando las toneladas por hectárea de N dentro de los tratamientos utilizados.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, DM. 2016. N NEKTON BEHAVIORAL ECOLOGY. Encyclopedia of Estuaries. s. l. , s. e. , p. 453-466.
- Agnusdei, M. 2007. Calidad Nutritiva del Forraje. Buenos Aires, Argentina, Agromercado Temático. no 136. 116-117 pp.
- Agüero, D; Terry, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. La Habana, Cuba, Cultivos Tropicales. 35(4).
- Alayón, N. A. 2014. Evaluación de tres bioabonos sobre el desarrollo vegetativo y productivo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el municipio de La Calera Departamento de Cundinamarca. Manizales, Colombia, Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Universidad de Manizales.
- Alpizar, M. 2017. Plaguicidas y fertilizantes en República Dominicana: oportunidades para su comercialización. Procomer. San José, Costa Rica.
- Alvarado, H. M. 2015. Efecto de bioestimulante enzimático a base de algas marinas sobre el Desarrollo de caña de azúcar en renovación; La Gomera, Escuintla, Universidad Rafael Landívar.
- Anzola, H; Giraldo, V. 2015. Rotación de potreros, herramienta para incrementar la producción. Bogotá, Colombia, Contexto Ganadero. Recuperado en línea el 2 de noviembre de 2016 desde [http://www. contextoganadero. com/reportaje/rotacion-de-potreros-herramienta-para-incrementar-la-produccion](http://www.contextoganadero.com/reportaje/rotacion-de-potreros-herramienta-para-incrementar-la-produccion).
- Apráez, J. E; Gálvez, A; Tapia, E; Jojoa, L; Zambrano, D; Zambrano, H. R; Obando, V; Moreno, A. 2012. Determinación de los factores edafoclimáticos que influyen en la producción y calidad del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en

condiciones de no intervención. *Livestock Research for Rural Development*. 42(24).

AOAC. 2008. AOAC Internacional: Sección Latinoamérica y el Caribe. Recuperado en línea el 17 de julio de 2017 desde: <http://aoaclatina.com.ar>

Arce, J; Villalobos, L; WingChing-Jones, R. 2013. Costos de producción en pastos de piso en fincas de asociados de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R. L. *Ventana Lechera* no. 21.

Arévalo De Gauggel, G; Castellano, M. 2009. Manual Fertilizantes y Enmiendas. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central «PROMIPAC» 2009.

Barrientos, O; Villegas, L. 2010. Sector Agropecuario, Cadena Productiva de Leche, Políticas y Acciones. SEPSA. MAG. San José, Costa Rica.

Barton, L; Wan, GGY; Buck, RP; Colmer, TD. 2009. Does N fertiliser regime influence N leaching and quality of different-aged turfgrass (*Pennisetum clandestinum*) stands? *Plant and Soil* 316(1-2): 81-96.

Berardo, A; Nahuel, R. 2009. PAUTAS PARA EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN EN PASTURAS. *Laboratorio de Suelos Fertilab* 2009: 223-472.

Borges, JA; Barrios, M; Escalona, O. 2012. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). 30(1): 17-25.

Cabral, S. L. 2016. Potencial Produtivo de Urochloa Híbrida Submetida a aplicações de ureia, fertilizantes foliares e bioestimulante na época da seca. Universidade Federal de Uberlândia. 27 p.

Cardona, E; Ríos, L; Peña, J. 2012. Disponibilidad de Variedades de Pastos y Forrajes como Potenciales Materiales Lignocelulósicos para la Producción de Bioetanol en Colombia. *Información Tecnológica*. Vol 23. No 6. 87-96 pp.

- Carrera, I. 2011. «FERTILIZACIÓN DEL KIKUYO *Pennisetum clandestinum* CON TRES FUENTES NITROGENADAS, DOS SÓLIDAS Y UNA LÍQUIDA EN TRES NIVELES Y DOS FRECUENCIAS». s. l. , 79 p.
- Castañeda, M; Duque, M. Galvis, R. Correa, H. J. 2008. Efecto de la fertilización y de la edad de corte sobre la digestibilidad In vitro de la proteína del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Revista Facultad Nacional Agraria. Medellín. 61(2):4646-4653
- Catholic Relief Services. 2015. Pastos y Forrajes. Ed. P Chaput. Managua, Nicaragua, CATHOLIC RELIEF SERVICES, 93.
- Cerdas, R. 2012. Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. Intersedes Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica XIII(24): 144-156.
- Correa, H; Pabón, M; Carulla, J. 2008. Nutritional value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov. ) for milk production in Colombia: A review. I. Chemical composition, ruminal and posruminal digestibility. Livestock Research for Rural Development 20(4).
- Covarrubias, AA. 2007. Sobrevivir al estrés: cómo responden las plantas a la falta de agua. Biotecnología 14: 253-262.
- Di Marco, O. 2011. Estimación de la Calidad de los forrajes. Producir XXI 20(240): 24-30.
- EcoAgrobio. 2013. Pronasin: Producción Natural bajo un Sistema Integral de Nutrición- PRONASIN y los Efectos del Cambio Climático en la Agricultura. Recuperado en línea el 29/5/2017 desde <http://www.ecoagrobio.com/index.php?q=es/node/44>
- EPPO. 2014. PQR database. Paris, Francia, European and Mediterranean Plant Protection Organization.

- Fernández, M. T. 2007. Fósforo: amigo o enemigo. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. No. 2. 51-57 pp.
- Gallegos, R. 2012. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DEL RAY GRASS (*Lolium perenne*) CON LA APLICACIÓN DE DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOLIAR EN LAS CUATRO FASES LUNARES. 2012: 1-166.
- García, W; Pezo, D; San Martín, F, Olazábal, J. P; Franco, F. 2005. Manual Técnico Alpaquero. Lima, Perú. 105 p.
- Gaviria, X; Naranjo, JF; Bolívar, DM; Barahona, Y. 2015. Consumo y digestibilidad en novillos cebuínos en un sistema silvopastoril intensivo. Archivos de Zootecnia 64(245): 21-27.
- Goering, HK; Van Soest, P. 1970. FORAGE FIBER ANALYSES. Agriculture Handbook 1970.
- Gómez, M; Del Carmen, R; Del Valle, J. 2012. Evaluación del rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con tres tipos de abonos orgánicos, bokashi, biol y humus líquido en las instalaciones de la U. P. T. P. «Luis Mariano Rivera», municipio Bermúdez, estado Sucre, año 2012. s. l. , Universidad Politécnica Territorial de Paria «Luis Mariano Rivera». 30 p.
- Gualdrón, E; Padilla, CE. 2007. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN EN DOS ARREGLOS SILVOPASTORILES DE *Acacia decurrens* Y *Alnus acuminata* ASOCIADAS CON PASTO KIKUYO, (*Pennisetum clandestinum*). s. l. , Universidad de La Salle, Bogotá. 124 p.
- Guerrero, J. 2012. Análisis de Suelos y Fertilización en el cultivo de Caña de Azúcar. Oficina académica de extensión y protección social. UNALM. 2012.
- Hernández, E; Mejía, M; Durán, C. 2012. Respuesta fotosintética del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en pisos térmicos contrastantes. Acta agronómica. No. Especial.

- Herrera, Y. 2010. Guía de pastos zacatecas. Distrito Federal, México. Instituto Politécnico Nacional y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Hlophe, SN; Moyo, NAG. 2014. A comparative study on the use of *Pennisetum clandestinum* and *Moringa oleifera* as protein sources in the diet of the herbivorous Tilapia rendalli. *Aquaculture International* 22(4): 1245-1262.
- Huracán Otto (2016, San José, Costa Rica). 2016. Ed. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica,
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales. 1 ed. San José, Costa Rica, Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2017. Promedios Mensuales de Datos Climáticos (estaciones automáticas). Departamento de información. San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2015. Suelos de Costa Rica: Orden Inceptisol. Boletín técnico. San José, Costa Rica.
- Kass, D. 2007. Fertilidad de suelos. 1ed. EUNED. San José, Costa Rica. 272 p.
- Kataplant Bio S. A. s. f. Katabion®. Etiqueta producto comercial.
- Kimitei, R. 2016. Kikuyu grass: green gold revered abroad, underrated at home. *Daily nation*.
- La nutrición y su influencia sobre el comportamiento reproductivo y la calidad de leche en bovinos (2011, Bogotá, Colombia). 2011. Ed. Jiménez, A; Quevedo, LF. Bogotá, Colombia,
- Juárez, A; Cerrillo, MA; Gutiérrez, E; Romero, EM; Colín, J; Bernal, H. 2009. Técnica Pecuaria en México. *Técnica Pecuaria* 47(1): 55-67.
- De La Cruz, J; Moreno, LP; Magnitskiy, S. 2012. Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Una revisión. *6(1)*: 96-109.

- Leeper, G. W. 1970. Six trace elements in soils. Their chemistry as micro-nutrients. Victoria, Australia, Melbourne Univ. Press. 59 p. Citado por Kass, D. 2007. Fertilidad de suelos. 1ed. EUNED. San José, Costa Rica. 272 p.
- Lesmus, G. 2008. Análisis de productividad de pasturas en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de doble propósito en Esparza, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Londoño, M. 2008. Efecto de los Microorganismos Eficientes sobre la calidad del ensilaje de maíz y su utilización en lechería tropical. Bogotá, Colombia. Universidad de La Salle.
- Lucena, JJ. 2009. El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes. Ceres 56(4): 527-535.
- McCutcheon J. 2011. Using Pasture Measurement to Improve Your Management. The Ohio State. University Extension. Ohio, USA. Consultado el 10/08/2016. Disponible en <http://ohioline.osu.edu/anr/fact/pdf/11-HCS-868.pdf>
- Mejía, AC; Ochoa, R; Medina, M. 2014. Efecto de diferentes dosis de fertilizante compuesto en la calidad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst . Ex Chiov . ) Effect of different doses of compound fertilizer on the quality. Pastos y Forrajes 37(1): 31-37.
- Mena, A. 2013. FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*) EN EL SECTOR SALACHE CANTÓN LATACUNGA. s. l. , Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 93 p.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS). 2017. Decreto N° 40022. Gaceta N°230, Alcance N°278.
- Molina, E. 2007. ANÁLISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACIÓN. Centro de Investigaciones Agronómicas. UCR 2007.
- Mojica, J; Castro, E; León, J; Cárdenas, E; A. Pabón, M. L; Carulla, J. E. 2009. Efecto de la oferta de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción y

calidad composicional de la leche bovina. Bogotá, Colombia, Livestock Research for Rural Development, ResearchGate. 1(21).

Molinero, M. J; García, M. L. 2014. Formulación Magistral: Prácticas de laboratorio. 1 ed. Paraninfo. Madrid, España. 263 pp.

Monte, A; Cutiño, B. V; Gonzáles, J. O; Gonzáles, D; Figueroa, V; Cao, R. 2013. Aplicación de enzimas en biocatálisis. Perspectivas de la utilización de nanoarreglos como biocatalizadores. Revista Cubana de Ciencias Biológicas. 2(2):7-23 pp.

Morales, A; León, J; Cárdenas, E; Afanador, G; Carulla, J. 2013. Composición química de la leche, digestibilidad In vitro de la materia seca y producción en vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*.

Muena, V; González, I; Neaman, A. 2010. EFECTOS DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL DESARROLLO DE *Oenothera affinis* EN UN SUELO AFECTADO POR LA MINERÍA DEL COBRE Effects of liming and nitrogen fertilization on the development of *Oenothera affinis* in a soil affected by copper mining. Revista Científica Suelo y Nutrición Vegetal. 10(2): 102-114.

National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7 ed.

Oliva, M; Rojas, D; Morales, A; Oliva, C; Oliva, M. A. 2015. Contenido nutricional, digestibilidad y rendimiento de biomasa de pastos nativos que predominan en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. Scientia Agropecuaria. 6(3): 211-215.

O'neal, K. 2016. CIA actualiza Mapa Digital de Suelos de Costa Rica. Noticias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica.

Ormeño, M. A. Ovalle, A. 2007. Preparación y aplicación de abonos orgánicos. INIA divulga. 29-35 pp.

- Parracia, A. N. 2008. Césped: principales especies, manejo y métodos de propagación usados en parques y jardines. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.
- Perea, E; Ojeda, D; Hernández, A; Ruiz, T; Martínez, J. 2010. Utilización de Quelatos en la Agricultura. Aventuras del Pensamiento 2010.
- Pérez, E. 2009. Fotosíntesis: Aspectos Básicos. Reduca (Biología) 2(3): 1-47.
- Peters, M; Franco, LH; Schmidt, A; Hincapié, B. 2010. Especies Forrajeras Multipropósito Opciones para Productores del Trópico Americano. CIAT 2010.
- Pinilla, JS; Moreno, N. 2010. Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. Rev. Colomb. Biotecnol XII(1): 4-7.
- Quevedo, M. 2008. Efecto de un Sistema Silvopastoril sobre la Calidad de la Leche, comparado con un sistema de producción convencional. Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Ramírez, H. 2011. ¿DE QUÉ HABLAN CUANDO DICEN MATERIA SECA? Sitio Argentino de Producción Animal 2011.
- Ramírez, JL; Herrera, RS; Leonard, I; Verdecia, D; Álvarez, Y. 2010. Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Brachiaria brizantha* x *Brachairia ruziziensis* vc. Mulato en el Valle del Cauto, Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 44(1).
- Rivera, A. 2008. Curvas de absorción de nutrimentos durante el establecimiento de potreros; absorción total de nutrimentos y efecto de las excretas, durante el pastoreo rotacional con ganado lechero, en los pastos Kikuyo (*Kikuyo chloa clandestinum*), Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y Toledo (*Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO). Tesis Magister Scientie, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 89 p.

- Roca, N; Pazos, M. S; Bech, J. 2007. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino. *Ciencia del suelo*. 25(1).
- Rodríguez, F. 2003. Formas de laboreo, prácticas culturales y organización de la producción en la subcuenca del río Javillos. Cartago, Costa Rica, Editorial Tecnológica. *Tecnología en Marcha*. 16(1).
- Rodríguez, N; Simoes, EO; Guimaraes, R. 2007. Uso de Indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(4): 518-525.
- PASTURAS TEMPLADAS Y TROPICALES (2012, Santa Fé, Argentina). 2012. Ed. Romero, L. Santa Fé, Argentina, 60 p.
- Sáenz, J. 2012. La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell. s. l. , Universidad Nacional de Colombia. 60 p.
- Salas, R; Cabalceta, G. 2014. Manejo del sistema suelo-pasto: partida para la producción de forrajes. Costa Rica, Cámara Nacional de Productores de Leche, 15 pp.
- Salazar, S. 2008. Disponibilidad de biomasa y valor nutricional del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos. *Actualidad Zootécnica*. 4(2):18-20.
- Salazar, J. 2009. Los Forrajes y su componente fibroso. *ECAG informa* 49: 40-42.
- Sánchez, W; Hidalgo, C. 2010. Experiencias con Pastos y Forrajes en la Zona Alta Lechera de Costa Rica. Cartago, Costa Rica, Proyecto Plantón Pacayas.
- Sánchez, DB; Pérez, JV; David, H. 2016. Efecto PGPB sobre el crecimiento *Pennisetum clandestinum* Efecto de las PGPB sobre el crecimiento *Pennisetum clandestinum* bajo condiciones de estrés salino PGPB effect on the growth *Pennisetum clandestinum* under salt stress. *Revista Colombiana de Biotecnología* 18(1): 65-72.

UTILIZACIÓN EFICIENTE DE LAS PASTURAS TROPICALES EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO LECHERO (2007, Barquisimeto, Venezuela.). 2007. Ed. Sánchez, J. Barquisimeto, Venezuela. ,

Santos, S. 2014. Sin fertilización no hay forraje y sin pasto no hay producción de leche. Colombia, Reportaje, Contexto Ganadero.

Sossa, CP; Barahona, R. 2015. Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia 62(1): 67-80.

Soto, C; Valencia, A; Galvis, R. D; Correa, H. J. 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. 18(1):18-26 pp.

Starr, C; Taggart, R; Evers, C; Starr, L. 2009. Biología: La unidad y la diversidad de la vida. 12 ed. Cengage Learning. Estados Unidos.

Trejo, H. I; Salazar, E; López, J. D; Vásquez, C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4(5): 727-738.

Trinidad, A. 2007. Abonos Orgánicos. Distrito Federal, México, Sistema de Agronegocios Agrícolas, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sistema de Agronegocios Agrícolas,

Valverde, T; Meave, J; A. Carabias, J; Santana, Z. 2005. Ecología y medio ambiente. Pearson educación. 240 pp.

Van Soest, P; Robertson, J; Lewis, B. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition Original Research Article. 74(10) 3583-3597 pp.

Villalobos, L; Arce, J; WingChing, R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa*

*clandestina*) y Ryegrass Perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. San José, Costa Rica, Agronomía Costarricense. 37(2):91-103.

Villalobos, L; Arce, J. 2014. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. Valor nutricional. Agronomía Costarricense 38(1): 133-145.

Villalobos, L; Arce, J. 2013. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, costa rica. i. disponibilidad de biomasa y fenología. Agronomía Costarricense 37(1): 91-101.

Voisin, A. 2014. Grass Productivity: An introduction to Rational Grazing. Adopted by Worstell, R. Midwest Journal Press. United States.

Zuluaga, JE; Restrepo, LF; Parra, JE. 2009. Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. 7(2).

Zúñiga, H. 2011. Hidrogeología del Sector de San Carlos Alajuela, Costa Rica. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS). Universidad de Costa Rica.

## 8. ANEXOS

### 8.1. Etiqueta de Fertilizante foliar Katabion®

**KATABION®** permite un control más efectivo y seguro de numerosos factores que influyen de forma decisiva en el rendimiento de los cultivos donde se aplica. El agricultor se beneficia entre otros, de la siguiente forma:

- a. Reduciendo los costos de producción.
- b. Aumentando los rendimientos y la producción de los cultivos.
- c. Plantas resistentes a enfermedades y plagas, lo cual reduce los costos por ahorro en pesticidas y tiempo de aplicación.
- d. Obteniendo una cosecha libre de residuos de plaguicidas y otras sustancias tóxicas.
- e. Regeneración de suelos degradados.

La Compañía garantiza la pureza técnica y la calidad del producto. Para mayor información técnica, consulte la etiqueta o a nuestro departamento técnico.

La Compañía **KATAPLANT BIO S.A.** promueve la realización de proyectos y programas de desarrollo sostenible de los recursos naturales.

**REGISTRADO:**  
KATAPLANT BIO, S. A.  
Tel: (506) 2231-1625 • Fax: (506) 2291-8638  
E-mail: info@formuquisa.com • www.formuquisa.com  
Apdo: 280-2050, S.J., C.R. • E-mail: info@kataplantbio.com  
www.kataplantbio.com •  
Apdo: 1416-1200 Pavas, San José, Costa Rica.

**FORMULADO:**  
Formulaciones Químicas, S. A.  
Tel: (506) 2231-1625 • Fax: (506) 2291-8638  
E-mail: info@formuquisa.com • www.formuquisa.com  
Apdo: 280-2050 San José, Costa Rica.



**Figura 13.** Sección delantera Ficha técnica producto Katabion®  
(Kataplant Bio S. A. s. f)

# KATABION®

## Super Nutriente Foliar y Bioestimulante Ecológico \*)

### Producción Natural bajo un Sistema Integral de Nutrición (Pronasin)

**KATABION®** es un super nutriente para aplicación foliar y bioestimulante ecológico\* portador de microelementos, combinados con catalizadores, estabilizadores y bioestimulantes del proceso químico y fisiológico de las plantas.

Ingredientes Activos	p/p:
Cobre (Cu) _____	0.58%
Manganeso (Mn) _____	1.50%
Zinc (Zn) _____	0.60%
Hierro (Fe) _____	0.10%
Boro (B) _____	0.40%
Coadyuvantes (Estabilizadores) _____	8.70%
Otras sustancias (Catalizadores, bio-estimulantes, agente quelatizante) _____	4.30%

**KATABION®** se define como un sistema de efectos integrados sobre el crecimiento, desarrollo, productividad y resistencia potencial de las plantas contra factores adversos en la producción agrícola, generado por micronutrientes quelatados combinados con otras sustancias bioestimulantes, catalizadores y potencializadores, aumentando la resistencia de la planta al ataque de enfermedades y algunas plagas. Hay en consecuencia una reducción de las aplicaciones de plaguicidas, garantizando al mismo tiempo un aumento de la producción agrícola.

En todos los ensayos y análisis que se han realizado, el sistema referido ha demostrado excelentes resultados al mejorar la calidad y cantidad de las cosechas. Se ha logrado también fortalecer el sistema radicular, obtener mayor uniformidad en la floración, maduración y aumento del peso específico de las cosechas.

#### Principales cultivos agrícolas:

**Piña, Banano, Mango, Cítricos, Café, Arroz, Caña de Azúcar, Frutas, Hortalizas, Granos, Raíces, Tubérculos, Forestales, Ornamentales y Flores**

El producto puede aminorar los efectos negativos de los factores exógenos difícilmente controlables con las técnicas normales de cultivo, y al mismo tiempo aprovechar la potencialidad de los factores endógenos que influyen en el desarrollo de la productividad de la planta.

El sistema aplicado está basado en la nueva **agrobiotecnología** de productos que integran la nutrición vegetal foliar con materiales que promueven la resistencia natural de la planta contra el ataque de enfermedades, apoyado adicionalmente por compuestos catalizadores, potencializadores) que entre otras facultades constituyen mecanismos restrictivos para factores adversos en la producción agrícola.

\*) **KATABION®** promueve el desarrollo sostenible de los recursos naturales.

**Figura 14.** Sección trasera Ficha técnica producto Katabion® (Kataplant Bio S. A. s. f)

