

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Validación del sistema de pastoreo bajo el concepto de edad fenológica del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) en la lechería La Guaria, de la Hacienda La Concordia, Alajuela, Costa Rica.

Susana Arlene Cascante Segura

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2018

HOJA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Ph. D. Luis A. Villalobos Villalobos	Director de tesis

M. Sc. Rodolfo WingChing Jones	Miembro del Tribunal

M. Sc. David Mora Valverde	Miembro del Tribunal

M. Sc. Luis C. Noguera Solera	Miembro del Tribunal

Ph D. Catalina Salas Durán	Directora de Escuela

Susana Arlene Cascante Segura	Sustentante

DEDICATORIA

A Dios, de quien he recibido la perseverancia, constancia, y fortaleza espiritual para continuar durante todo momento y lograr cumplir un objetivo más que me he propuesto.

A mis padres, quienes se han sacrificado, esforzado y han hecho de mí una de sus prioridades. Por todo el apoyo y los consejos brindados durante todo este tiempo. Porque es momento que empiecen a cosechar los frutos de la semilla que sembraron y que con tanta paciencia han estado cuidando.

A mi abuelita Ceci, que siempre nos decía: “Estudie, porque el conocimiento es lo único que nadie le va a poder quitar y que se va a llevar a la tumba”. Como toda una educadora, y fiel creyente de la virgencita, siempre y con gran cariño me motivó a estudiar.

AGRADECIMIENTO

A Luis Noguera, por haber propuesto el tema de tesis y ubicar la finca. Por su apoyo incondicional durante la realización de este proyecto y sus consejos que fueron de gran ayuda durante ese período y lo serán durante la vida.

A Luis Villalobos, por haber confiado en mí cuando le propuse el proyecto y en todo momento. Por el gran apoyo brindado desde que el proyecto comenzó a gestarse, hasta el final. Por todos los consejos que fueron de gran utilidad para la realización del trabajo y por estar en los momentos más difíciles de la práctica. Por la paciencia y las horas de explicaciones. Y por todas las oportunidades que me brindó y las experiencias que experimenté en el área de la investigación, lo cual agradezco profundamente.

A Don Anthony Harrington, por su disposición a colaborar en esta investigación, por el apoyo recibido, el respaldo brindado y por estar pendiente en todo momento de que todo estuviera bien.

Al Comité de Educación y Bienestar Social de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. por financiar esta investigación, y brindarme a mí y a este proyecto, la oportunidad de hacer llegar a los socios, información valiosa que podría mejorar los aspectos productivos de sus respectivas fincas.

Al Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, por financiar parte esta investigación. Y a su personal, en especial a Adrián Martínez por su colaboración tan valiosa.

A Maritza Araya, porque los consejos brindados hace tres años fueron cruciales para perseverar con la mejor actitud ante los retos que se presentan en el campo.

A los profesores Rodolfo WingChing, Eduardo Barrantes, Ruth Vargas y a Águeda Serrano por los consejos que me brindaron en el momento más necesitado.

A mis papás y mi hermana Cynthia, quienes me motivaron en todo momento.

A mis compañeros y amigos de la universidad con los que he aprendido y disfrutado estos años. En especial agradecimiento a los que han estado siempre a mi lado.

ÍNDICE

Contenido.....	Página
Portada.....	i
Hoja de aprobación.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Índice de cuadros	viii
Índice de figuras	x
Resumen	xii
I. Introducción.....	14
Objetivos.....	17
1.1. General	17
1.2. Específicos.....	17
II. revisión de literatura	18
2.1. Generalidades del kikuyo	18
2.1.1.Descripción general	18
2.2. Aspectos agronómicos	20
2.2.1.Adaptación	20
2.2.2.Rotación.....	21
2.2.3.Fertilización	21
2.3. Fenología general	24
2.3.1.Fenología en kikuyo	26
2.5. Valor nutricional	33
2.5.1.Materia seca (MS).....	33
2.5.2.Proteína	34

2.5.3. Carbohidratos	36
2.5.3.1. Carbohidratos no estructurales (CNE)	36
2.5.3.2. Componentes de la pared celular	37
2.5.4. Digestibilidad de la materia seca	38
2.5.5. Minerales	39
2.5.6. Energía	39
III. Materiales y métodos	43
3.1. Descripción de la zona y climatología	43
3.2. Descripción de la finca	46
3.3. Determinación de la edad fenológica	48
3.4. Estimación de biomasa (pre y post pastoreo) y valor nutricional	52
3.5. Descripción del análisis estadístico	54
IV. Resultados y discusión	55
4.1. Proceso de uniformización de la pastura	55
4.2. Determinación del estado fenológico óptimo para el pastoreo	58
4.3. Disponibilidad de materia seca	59
4.4. Aprovechamiento de la biomasa disponible	63
4.5. Valor nutricional del pasto kikuyo	67
4.5.1. Contenido de Materia Seca (MS)	67
4.5.2. Contenido de proteína cruda (PC)	69
4.5.3. Contenido de extracto etéreo (EE)	70
4.5.4. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS (DIVMS)	71
4.5.5. Componentes de la pared celular	72
4.5.6. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la FDN (DIVFDN)	77

4.5.7. Contenido energético de la pastura	79
V. Conclusiones y recomendaciones	84
5.1. Determinación del estado fenológico del pasto kikuyo	84
5.2. Disponibilidad de materia seca del pasto kikuyo	84
5.3. Valor nutricional	85
VI. Literatura citada	88
VII. Anexo I.....	98
VIII. Anexo II.....	109

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación taxonómica del pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>).	18
2. Dosis de fertilización reportadas en diferentes investigaciones sobre el pasto kikuyo.	23
3. Contenido de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) en diferentes tejidos de la planta de kikuyo (hoja, tallo y material senescente).	27
4. Producción anual de hojas, tallos, y material senescente a diferentes edades fenológicas (2, 4 y 6 hojas/rebrote) del pasto kikuyo.....	28
5. Producción de materia seca por corte (ton MS ha ⁻¹) reportada por diferentes autores.	32
6. Proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PNDR) en muestras de pasto kikuyo en Antioquia.....	35
7. Fracciones de la proteína cruda de pasto kikuyo.....	35
8. Energía metabolizable (Mcal/kg MS) y proteína cruda (%) contenida en la hoja, tallo y material senescente del pasto kikuyo.	40
9. Contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades de rebrote.....	41
10. Contenido de extracto etéreo (EE), cenizas (Ce), lignina (Lig), carbohidratos no estructurales (CNE) y energía neta de lactancia (EN _L), del pasto kikuyo cosecha a diferentes edades de rebrote.	42
11. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades de rebrote.....	42
12. Dieta ofrecida al ganado de producción y valor nutricional de sus	

	componentes.	47
13.	Relación entre el número de hojas verdes y el número de días necesarios en alcanzar el estado fenológico de 4 hojas verdes durante el experimento.	57
14.	Número de hojas verdes a diferente edad de rebrote según la época del año. ..	59
15.	Disponibilidad de biomasa ofrecida bajo el criterio de edad fenológica óptima según la época del año.....	61
16.	Consumo y aprovechamiento del kikuyo según la época del año.....	65
17.	Consumo total de materia seca (kg) según la época del año durante la etapa experimental.....	67
18.	Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Ce) y digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS) del pasto kikuyo según la época del año en la etapa experimental.....	68
19.	Contenido nutricional de los diferentes componentes de la pared celular, para el pasto kikuyo con un estado fenológico de 4 hojas verdes/rebrote según la época del año.	73
20.	Resumen por período y por época del %FDN de la ración total (%FDN total) y el %FDN de esa ración total que proviene del forraje (%FDN forraje).	75
21.	Valor energético del pasto kikuyo a una etapa fenológica de 4,0 hojas verdes, según la etapa de investigación y la época del año.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Página
1.	Pasto kikuyo con 90 cm de altura a una edad de 30 días de rebrote..... 19
2.	Estolones (A) e inflorescencia (B) del pasto kikuyo.20
3.	Rebrote de una planta de Ryegrass.....26
4.	Conteo correcto del número de hojas del pasto kikuyo (A) y estolón de kikuyo con tres rebrotes laterales y uno apical (B).29
5.	Mapa de la Hacienda La Concordia.43
6.	Mapa de la lechería La Guaria.44
7.	Comportamiento de la temperatura y la precipitación durante el período de investigación.45
8.	Rebrote de pasto kikuyo con 4,0 hojas verdes.48
9.	Rebrotes de pasto kikuyo con hojas verdes y material senescente.49
10.	Rebrotes de pasto kikuyo con 4, 5 y 6 hojas verdes completamente emergidas.49
11.	Capacitación del encargado de la rotación y mantenimiento de los potreros.....50
12.	Ilustración de rebrote de kikuyo en varias etapas fenológicas.51
13.	Ejemplo de un estrato como punto de referencia (A), cosecha del estrato para medir contenido de MS (B), medición de cantidad de forraje de un estrato (C) y muestra para análisis de laboratorio (D).52

14.	Material senescente acumulado del pasto kikuyo durante el período de uniformización.	55
15.	Potrero en pre-pastoreo (A) y post-pastoreo (B) en el ciclo de uniformización de los potreros.	56
16.	Disponibilidad de biomasa en términos de materia seca obtenida durante el desarrollo del estudio.	60
17.	Disponibilidad de MS (t MS.ha-1.ciclo-1) y edad fenológica (número de hojas verdes) durante las etapas de uniformización y experimental.	62
18.	Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Ce) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) durante la etapa de uniformización y la etapa experimental.	69
19.	Contenido de FDA, FDN, Lignina y DIVFDN contenidos en la MS del pasto kikuyo durante la etapa de uniformización y la etapa experimental.....	73
20.	Relación entre el contenido de FDA (%) y la DIVMS durante el período de estudio.	76
21.	Relación entre el porcentaje de lignina en la pastura y el contenido de DIVFDN.	78

RESUMEN

En el presente estudio se implementó el sistema de pastoreo bajo el concepto de edad fenológica en potreros sembrados con pasto kikuyo. El principal objetivo de esta investigación, consistió en validar si la implementación de dicho sistema tiene factibilidad técnica y operacional. La Finca en estudio se localiza entre Carrizal de Alajuela y las faldas del Volcán Barva en Heredia, a una altitud de 1900 m.s.n.m. La zona donde se ubica se clasifica como Bosque Húmedo Montano Bajo, la precipitación anual promedio reportada fue de 2906,5 mm y una humedad relativa promedio de 71,7%. Se reportó una temperatura mínima y máxima de 7°C y 31,5°C, respectivamente. Esta investigación se desarrolló de Julio del 2016 a febrero del 2017, abarcando un período lluvioso y un período seco y se dividió en dos etapas, una de uniformización de potreros y posteriormente la etapa experimental. Se realizó un monitoreo constante del estado fenológico de la pastura por medio del conteo de número de hojas, realizando 50 observaciones en cada potrero. El ganado ingresó a un potrero nuevo cuando la pastura alcanzaba en promedio 4 hojas verdes y se tomó una muestra antes del pastoreo para determinar la calidad nutricional, analizando el contenido de MS, PC, FDN, FDA, lignina, EE, cenizas, DIVMS y DIVFDN. Además, se tomó una muestra posterior al pastoreo para estimar el consumo de pasto y el porcentaje de aprovechamiento consumible de la pastura, por parte de los animales. Se determinó que, durante la época lluviosa, el kikuyo alcanzó, en promedio, 4,0 hojas verdes a los 20-25 días y durante la época seca a los 25-28 días. La disponibilidad promedio de materia seca por ciclo de pastoreo fue $3,71 \pm 1,80$ t MS.ha⁻¹.ciclo⁻¹ durante la etapa de uniformización y de $2,72 \pm 0,48$ y $2,65 \pm 0,84$ t MS.ha⁻¹.ciclo⁻¹ durante la época lluviosa y seca del período experimental, respectivamente; con una dosis de fertilización nitrogenada menor a 100 kg N.ha⁻¹. La mayor producción de biomasa se presentó durante la etapa de uniformización debido al porcentaje tan alto de material senescente presente en la pastura. Durante la época seca la cantidad de biomasa fue menor y se requirió un mayor número de días para alcanzar 4,0 hojas verdes por rebrote, debido a que durante esta época se presentaron las temperaturas más bajas del año, lo cual interfiere negativamente con el crecimiento de la planta. Se obtuvo en promedio un porcentaje de aprovechamiento consumible de biomasa por parte del animal de 44% con un consumo promedio de 8,48 kg MS.vaca⁻¹.día⁻¹. El valor nutricional del pasto kikuyo presentó contenidos promedio de MS, PC, FDN, FDA, lignina, EE, cenizas de 13,22%, 24,84%, 52,10%, 27,64%, 3,28%, 10,69%, respectivamente. Además, se obtuvo en promedio un contenido de 87,47% de DIVMS, 75,84% DIVFDN, 71,11% TND, y un valor energético de 2,70 Mcal EM.kgMS⁻¹ y 1,71 Mcal

EN_L.kgMS⁻¹, los cuales son considerados significativamente superiores a los datos reportados en la literatura para los pastos tropicales. Los resultados obtenidos en esta investigación indican que el sistema de pastoreo rotacional basado en fenología, permite producir forraje de alto valor nutricional durante todo el año, ajustando el manejo en función a la época del año. Debido a que el pasto aporta mayor cantidad de nutrimentos y digestibilidad, se debe realizar un balance de la dieta del ganado, que permita disminuir la inclusión de suplementos en la dieta. La duración promedio de la rotación fue de 25 días, lo cual es menor a la cantidad de días que actualmente y por razones culturales, es pastoreado el kikuyo; lo cual implica que se necesitaría menos área destinada para el pastoreo, dependiendo de la carga animal y la topografía de cada finca. La implementación de este sistema de pastoreo requiere capacitación para los trabajadores en finca y realizar un monitoreo constante de las pasturas.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, según el Censo Nacional Agropecuario realizado en el año 2014 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC 2015), se determina una disminución del 8,7% en la cantidad de fincas agropecuarias en el territorio nacional, lo cual implica un mayor aporte por parte de los sistemas productivos para cubrir la demanda de productos de origen animal. Peters (2008) expone que las empresas deben construir “una ventaja competitiva sostenible disminuyendo los costos de producción y ejerciendo una diferenciación en el mercado. De esta manera, se obtiene una mayor productividad que la de los competidores y un retorno mayor de los recursos invertidos”. Es por esta razón que los productores agropecuarios deben buscar alternativas en sus sistemas productivos que contribuyan a disminuir los costos de producción y obtener una mayor tasa de retorno.

A la vez, el INEC (2015) determinó que el 43,4% de las tierras contenidas en las fincas agropecuarias, son destinadas a la producción de pasturas, lo cual significa casi la mitad del área destinada a nivel nacional para la actividad agropecuaria. La producción de forrajes es de suma importancia para la actividad ganadera debido a que la alimentación del ganado está compuesta principalmente de pastos. Debido a su composición nutricional, los forrajes no llenan los requerimientos energéticos del ganado, por lo que resulta necesario complementar la dieta con granos y en ocasiones suplementos agroindustriales. Estos, al no ser producidos a nivel nacional, son importados y sujetos a situaciones de escasez en los mercados mundiales, lo que aumenta los costos de alimentación. Por ello se debe prestar especial atención al adecuado manejo y utilización de los pastos, con el objetivo de aprovechar al máximo su aporte nutricional, ya que éstos constituyen el ingrediente de menor costo en la dieta del ganado (Peters 2008 y Villalobos *et al.* 2013). Morales (2014) afirma que los sistemas de producción bajo pastoreo serán la mejor opción para competir en los mercados internos y externos.

Un aumento en la inclusión de forraje en la alimentación de los animales no sólo beneficia la productividad de una explotación pecuaria al disminuir los costos de producción, sino que constituye una fuente importante de fibra, la cual es de vital importancia para la salud ruminal de los animales (Cruz y Sánchez 2000, Peters 2008, Villalobos *et al.* 2013). Sin embargo, es necesario vigilar la calidad del material forrajero que se le brinda al ganado, debido a que entre mayor madurez presente la pastura, menor será la digestibilidad de la misma y menos nutrientes estarán disponibles para el

aprovechamiento por parte del animal (Cruz y Sánchez 2000, Andrade 2006). A su vez, altos niveles de fibra disminuyen el consumo voluntario de alimento por parte del ganado, lo que significa que no podrá llenar sus necesidades nutricionales para poder expresar su potencial productivo (Peters 2008, Andrade 2006).

Reeves y Fulkerson (1996) mencionan que es más importante la calidad de la oferta forrajera que la cantidad de la misma, para obtener una producción razonable de leche a partir del kikuyo. Reeves *et al.* (1996), determinaron que el momento óptimo en el cual el pasto kikuyo se encuentra en una etapa de alta calidad es cuando presenta 4 hojas verdes por rebrote. Este método es conocido como edad fenológica y considera incorrecto definir un número de días fijos en los cuales se alcanza dicha cantidad de hojas, debido a que la tasa de crecimiento de la planta y su composición nutricional difiere según la época del año y las condiciones climáticas. Por lo que se hace necesario monitorear los pastizales de forma continua y así definir el momento en el cual el ganado debe ingresar a pastorear los potreros.

La edad fenológica de una pastura se puede medir mediante la técnica de conteo de hojas vivas. Cada especie de pasto tiene una edad fenológica diferente, pues se relaciona con el ciclo de vida de la primera hoja que emergió luego del último pastoreo (Donaghy y Fulkerson 2001). Cuando la primera hoja comienza a morir (senescencia), se considera el momento máximo al cual se debe pastorear para evitar que dicha biomasa no sea aprovechada.

Con este estudio se busca solucionar algunas interrogantes que han surgido entre los productores lecheros de nuestro país, posterior a la participación de diferentes expositores extranjeros en los congresos nacionales efectuados recientemente. Dichas inquietudes se relacionan con realizar un uso eficiente del recurso forrajero en las fincas.

Al cosechar las pasturas en el momento óptimo, se disminuye el desperdicio en los potreros y la incidencia de plagas, al tiempo que se mejora la calidad nutricional del forraje. Un aumento del valor nutricional de los pastos se traduce en que se brinda un mayor aporte de nutrientes por medio de este insumo, lo cual repercute directamente en una disminución en los suplementos alimenticios (Guzmán 2015, Pomareda 2016, Scheuch 2016). La sobre-utilización de alimento balanceado en la dieta, reduce el consumo y la digestibilidad del forraje y aumenta los costos de producción (Weiss 1994).

El objetivo de sustituir un insumo de alto costo por uno de menor costo, es incrementar la rentabilidad del sistema (Rojas 2016, Villalobos *et al.* 2013). No obstante,

la sustitución no debe de ser en su totalidad. Weiss y Shockey (1994) explican que al proveer el ganado con un forraje de alta calidad se disminuye la necesidad de brindar alimento balanceado, pero siempre va a ser necesario cierta cantidad de suplemento para alcanzar altos niveles de producción de leche.

La presente investigación pretende validar la factibilidad técnica y operativa del pastoreo, bajo el uso de un estado fenológico predeterminado para para su implementación en fincas lecheras.

OBJETIVOS

1.1. General

Validar el establecimiento del sistema de pastoreo bajo el concepto de edad fenológica para el pasto kikuyo en la finca lechera “La Concordia”.

1.2. Específicos

1.2.1. Determinar la edad fenológica de la pastura en dicha finca.

1.2.2. Establecer el nuevo sistema de pastoreo bajo el concepto de edad fenológica

1.2.3. Estimar la producción y aprovechamiento de biomasa.

1.2.4. Evaluar el valor nutricional del pasto kikuyo manejado bajo el concepto de edad fenológica.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del kikuyo

2.1.1. Descripción general

El pasto *Kikuyuocloa clandestina*, cuyo nombre común es kikuyo, es originario de la localidad Kikuyu, en Kenia, África. Fue establecido con éxito en el sur de África, Australia y Nueva Zelanda, por medio de sus rizomas (Watt 1921) e introducido en Costa Rica entre los años 1911 y 1922 según Peters (2008).

La clasificación taxonómica de la pastura obedece el siguiente orden:

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*).

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionte
Súper división	Espermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Kikuyuocloa
Especie	Clandestina

Fuente: Peters 2008.

El kikuyo es una gramínea de clima tropical y se clasifica según su metabolismo como una planta C₄, conocida así debido a que el primer producto estable en su fotosíntesis es una molécula que posee 4 carbonos. En esta categoría se incluyen las plantas que son nativas de los trópicos, comunes en climas cálidos, con elevadas intensidades de luz y altas temperaturas, sin embargo el Kikuyo es una especie que abunda en zonas templadas. Las plantas que poseen esta vía metabólica muestran altas velocidades de crecimiento y fotosíntesis, debido a su uso eficiente del agua, carbono y nitrógeno en comparación con las plantas C₃ (González y Chueca 2010 y Marais 2001).

Según Giraldo (2014), las plantas C₄ son más ricas y dominantes en tierras bajas y medias (0 – 1500 m.s.n.m), y su riqueza y representatividad disminuye con la altitud. Esta premisa convierte al kikuyo en una excepción, debido a que la pastura crece en alturas comprendidas entre 1950 – 2700 m.s.n.m. (Peters 2008) y en Costa Rica se logra encontrar entre los 1750 m.s.n.m. (Sánchez y Mesén 2010) y 2900 m.s.n.m. (Rivera 2008).

El pasto kikuyo se caracteriza por ser una planta perenne, vigorosa y posee un hábito de crecimiento rastrero y agresivo, con algunos tallos erectos o semi-erectos (Andrade 2006). Según el manejo que se le brinde, puede llegar a alcanzar hasta 60 – 80 cm de altura (Figura. 1) (Sánchez y Mesén 2010). Es una pastura tolerante a la salinidad, pisoteo y a la sequía, pero susceptible a la sombra, encharcamiento, las heladas y la escarcha producida por las bajas temperaturas (Guaña 2014). Su propagación es de forma vegetativa por medio de estolones, los cuales se forman sobre la superficie del suelo con entrenudos cortos, de los nudos surgen raíces que sirven de fijación al suelo y por ser un órgano de absorción de nutrientes contribuyen a la nutrición de la planta (Soto *et al.* 2005, Peters 2008).



Figura 1. Pasto kikuyo con 90 cm de altura a una edad de 30 días de rebrote.

Fuente: Sánchez y Mesén (2010).

Las hojas pueden alcanzar longitudes entre 10 – 45 cm de largo y 8 – 15 mm de ancho, la superficie foliar posee vellos escasos y suaves y la lígula contiene un anillo de vellos y un collar con una prominente coloración amarillo pálido. Los rizomas y estolones (Figura 2,A) logran elongarse desde 1 – 3 metros y se enraízan fácilmente, sus raíces llegan a profundizar incluso a 5,5 metros, sin embargo la mayor proporción de la masa radicular se encuentra dentro de los primeros 70 cm del suelo. Su inflorescencia se conforma de 1 – 4 espiguillas sésiles, cortas y de color blanquecino, la cual se encuentra oculta parcialmente por medio de la vaina, debido a que se producen en las axilas de las hojas; de allí proviene el término “*clandestina*” que lleva su nombre (Figura 2,B). (Muscolo *et al.* 2013, Sánchez y Mesén 2010, Rivera 2008, Peters 2008, Andrade 2006.)



Figura 2. Estolones (A) e inflorescencia (B) del pasto kikuyo. Fuente: (A) Fukumoto y Lee (2003), (B) Sánchez y Mesén (2010).

2.2. Aspectos agronómicos

2.2.1. Adaptación

El kikuyo es una de las gramíneas más comunes y bien adaptadas a zonas que presentan condiciones tropicales y subtropicales, se reportan buenos rendimientos cuando se establece a una altitud entre los 1600 - 2800 m.s.n.m. y a temperaturas entre los 16 – 21 °C. Esta pastura es susceptible a heladas, por lo que durante los primeros meses de la época seca, en las zonas más altas del país, se pueden observar áreas de pasto quemadas por la escarcha, la cual es producida como consecuencia de las bajas temperaturas. Adicionalmente, su poca tolerancia a la sombra es un factor que incide de

forma directa y negativa sobre su rendimiento (Bernal 1991, Sánchez y Mesén 2010, Marais 2001, Guaña 2014).

Esta pastura tiene un buen crecimiento en suelos profundos, bien drenados y con una mediana a alta fertilidad, no se obtiene una respuesta favorable en suelos infértiles y superficiales. El kikuyo es tolerante a la sequía siempre y cuando se obtenga una precipitación superior a 900 – 1000 mm anuales y es capaz de tolerar suelos moderadamente anegados. Posee una buena adaptación a suelos volcánicos de origen franco arenoso e incluso en suelos arenosos húmedos, posterior a un incremento en su fertilidad por medio de fertilización o excretas de animales (Guaña 2014, Sánchez y Mesén 2010, Peters 2008, Herrero *et al.* 1995).

2.2.2. Rotación

Entre los usos que se le da al kikuyo como forraje, se encuentran el pastoreo por parte de los animales dentro de áreas definidas; la producción de pasto para su corta y acarreo con el objetivo de brindarlo a los animales como forraje verde; o bien, como material para la elaboración heno o ensilado (Andrade 2006, Barners *et al.* 2007 citado por Guaña 2014)

Según datos encontrados en la literatura se recomienda realizar la cosecha del kikuyo a una edad de rebrote de 30 – 40 días (Sánchez 2007), 30 – 45 días (Fukumoto y Lee 2003), 25 – 35 días (Pezo y Jiménez 2003 citados por Peters 2008), 39 – 78 días (Bernal y Espinosa 2003), 30 – 60 (Soto *et al.* 2005). Sin embargo, estudios recientes definen una etapa óptima para el pastoreo utilizando el criterio de número de hojas por rebrote en lugar de número de días fijos, lo cual se conoce bajo el concepto de edad fenológica. Estos estudios realizados en Costa Rica, encontraron que el momento adecuado del pastoreo debe de ser cuando el rebrote alcance las 4,5 hojas verdes (Guaña 2014) y 4,5 – 5,0 hojas verdes (Peters 2008).

2.2.3. Fertilización

La erosión de los suelos y los cultivos, son las principales razones por las cuales, a través del tiempo, los suelos pierden fertilidad. Debido a que las plantas extraen del suelo, por medio de las raíces, elementos nutritivos para su crecimiento y fructificación, es

necesario realizar un programa de nutrición del suelo por medio del cual se devuelvan los nutrientes extraídos. La fertilización consiste en aplicar productos orgánicos o inorgánicos, naturales o sintéticos, para devolver al suelo los elementos perdidos por las cosechas realizadas, el lavado y/o erosión de los suelos. Sin embargo, es de suma importancia realizar una correcta y oportuna fertilización para recuperar, de forma correcta, la fertilidad de los mismos (Nisperuza y Osorio 1985, Espinosa y Molina 1999, Meléndez y Molina 2003).

Molina (2008a) indica que la importancia de la fertilización radica en que por medio de ésta se suple las deficiencias nutricionales de los cultivos, se repone los nutrientes extraídos por la cosecha, se mantiene o mejora la fertilidad del suelo, se mejora la resistencia de los cultivos a enfermedades, se mejora la calidad de la cosecha, se incrementa los rendimientos y se aumenta la rentabilidad del cultivo. Por lo tanto, esta práctica resulta necesaria, no sólo para mantener una adecuada nutrición de los suelos, sino porque cuando se presenta cierto grado de deficiencia mineral en los mismos, el desarrollo y crecimiento de las plantas se ve limitado, afectando de forma negativa el rendimiento y la calidad de las pasturas, así como la rentabilidad del sistema (Salas 2003).

Para realizar una adecuada fertilización es necesario tomar en cuenta los requerimientos y características del suelo, requerimientos del cultivo, el clima, los rendimientos deseados, el tipo de fertilizante a utilizar y su efecto en el suelo, y el factor económico (Salas 2003). Un análisis de suelos es una herramienta que permite conocer cuáles son las deficiencias minerales o problemas de acidez que son necesarios corregir, y así estimar los requerimientos del suelo. Una vez definido qué productos aplicar y el método a utilizar, es necesario determinar el momento adecuado para su aplicación, debido a que la tasa de absorción de nutrientes es variable según el estado fenológico del cultivo. Es decir, hay épocas de mayor demanda de nutrientes por parte de la planta, lo que implica que la eficiencia de absorción de nutrientes es variable. Se ha determinado, por medio de curvas de absorción de nutrientes, que en las pasturas, la fertilización es recomendable realizarla entre el tercer y quinto día posterior a la cosecha (Rivera 2008).

Entre los elementos más importantes requeridos en la fertilización de las pasturas, se encuentran el nitrógeno (N), fósforo (P) y el potasio (K) como macro-elementos (Molina 2008b). El calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) corresponden a los elementos secundarios relevantes, según Molina y Henríquez (2008a). Y respecto a los microelementos, Molina y Henríquez (2008b) indican que los pastos tienen una baja respuesta a la aplicación de boro (B), cobre (Cu) y manganeso (Mn), y una mediana

respuesta al aporte de zinc (Zn) y hierro (Fe). Sin embargo, Marais (2001) indica en su estudio que el kikuyo es sensible a la deficiencia de Mg, P, K, S, Fe, Cu y Mn; y menos sensible a la falta de Ca, B, Mo y Zn. Rivera (1995) señala que los cuatro elementos nutritivos principales para la producción de pastos son: nitrógeno, fósforo, potasio y calcio.

En el Cuadro 2, se muestra las dosis de fertilización mencionadas por diferentes autores en diferentes regiones para la obtención de una adecuada cantidad y/o calidad de kikuyo.

Cuadro 2. Dosis de fertilización reportadas en diferentes investigaciones sobre el pasto kikuyo.

Lugar	Dosis (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)	Rendimiento (t MS.ha ⁻¹)	Referencia
	P: 30 – 40 kg		
Australia	N: 50kgN ureico/2-3 pastoreos K: 30 kg K.ha ⁻¹	6 - 11	Fulkerson <i>et al.</i> (2010)
	0 kg N.	1,32	
	125 kg N	1,42	
Costa Rica	250 kg N	1,63	Castillo <i>et al.</i> (1983)
	375 kg N	1,56	
	500 kg N	1,84	
	117 kg N	4,8	
	291 kg N	7,6	
Estados Unidos	795 kg N	29,4	Whitney (1974)
	874 kg N	28,1	
	117 kg N	10,2	
	291 kg N	17,3	
Estados Unidos	795 kg N	32,5	
	874 kg N	35,3	
	60-150 kg N	5-8	
Estados Unidos	175-250 kg N	9-13	Mason <i>et al.</i> (2000)
	275-375 kgN	14-16	

2.3. Fenología general

El término fenología hace referencia al estudio de las fases o fenómenos biológicos que se presentan durante el ciclo de vida de las plantas a lo largo del año y que tiene relación con el clima, debido a que las condiciones meteorológicas provocan cambios en la morfo-fisiología de la planta. En la vegetación, las fases fenológicas se determinan según la producción de diversos órganos de la planta: germinación de la semilla, brote de yemas, foliación, floración, senescencia de las hojas, maduración de frutos o bien formación de espiguillas, según corresponda el cultivo (Cano 1994, De Cara 2006, Pérez *et al.* 2012).

A la identificación de cada etapa fenológica de las plantas se le atribuye mucha importancia, debido a que al verse afectada la morfología y fisiología de los cultivos en función del clima, se pueden tomar datos con fines operativos o administrativos sobre las labores agrícolas. Sánchez (2007), afirma que es de suma importancia determinar el óptimo estado fisiológico al que debe ser cosechado el pasto debido a que es una herramienta que permite lograr un balance entre la producción de materia seca y el valor nutricional de la planta.

Al utilizar el criterio de fenología como la herramienta decisiva para pastorear una respectiva pastura, se hace referencia al momento en el cual la misma alcanza una alta calidad nutricional con una adecuada producción de biomasa. Cada especie de pasto, sumado a sus condiciones agroecológicas tiene una edad fenológica diferente, pues se relaciona con el ciclo de vida de la primera hoja que emergió luego del último pastoreo. Cuando la primera hoja comienza a morir (senescencia), se considera el momento máximo al cual se debe pastorear para evitar que dicha biomasa sea desperdiciada (Donaghy y Fulkerson 2001).

Villalobos (2006), indica que determinar el pastoreo bajo el criterio del conteo de número de hojas verdes, es una práctica que se realiza en Nueva Zelanda y Australia desde hace unos 22 años aproximadamente. El tiempo que transcurre entre la aparición de la primera hoja y la siguiente, está influenciado directamente por el clima. Razón por la cual, Reeves y Fulkerson (1996) y Fulkerson *et al.* (1998), hacen ver la importancia de pastorear bajo este criterio, debido a que el hecho de determinar un número fijo de días no toma en cuenta las variaciones en la tasa de crecimiento del pasto debido a las fluctuaciones del clima. Por tanto, la edad fenológica se mide en número de hojas verdes, en lugar de número de días y, en consecuencia, esta práctica conlleva a realizar un frecuente monitoreo de las pasturas.

Peters (2008), señala que la edad fenológica “óptima” para cada especie, es específica, pues un pasto como el ryegrass tendrá una edad fenológica distinta a la de un pasto kikuyo, pues ambos generan cantidades de hojas diferentes antes de que la primera hoja entre en senescencia. Esto se debe a que el crecimiento de la planta es consecuencia de dos factores primordiales: el tiempo requerido para recuperar las reservas de carbohidratos hidrosolubles (CHOS) y el tiempo en el cual se comienza a dar dicha senescencia de la primera hoja, según explica Villalobos (2006).

Donaghy y Fulkerson (2001) explican claramente el concepto de edad fenológica apoyándose en un gráfico de cuatro fases sobre el pasto ryegrass (Ver Figura 3).

Fase 1: Después de efectuado el pastoreo, la planta utiliza los carbohidratos hidrosolubles almacenados en diferentes órganos para que se inicie el rebrote de las hojas nuevas. Conforme va creciendo la primera hoja nueva, se comienzan a producir CHOS a partir de la fotosíntesis que ésta poco a poco empieza a realizar. Sin embargo, los CHOS no son almacenados debido a que se utilizan principalmente para que finalice el crecimiento de la primera hoja.

Fase 2: Una vez que emergió completamente la primera hoja nueva, comienza la aparición de la segunda hoja. En este momento comienza el almacenamiento de una parte de los CHOS, lo cual es un estímulo para que se reanude el crecimiento de las raíces. En esta fase el pasto es altamente vulnerable a un nuevo pastoreo, debido a que los niveles de CHOS almacenados son bajos y las raíces están comenzando a crecer. La remoción de las hojas provocaría que se corte la fuente de producción de energía necesaria para el crecimiento de la planta y los bajos niveles de CHOS son insuficientes para permitir una nueva germinación.

Fase 3: Emergida completamente la segunda hoja, hay suficientes reservas de CHOS para permitir la aparición de brotes, lo cual lleva a la formación de macollas. El nivel de CHOS almacenados es adecuado para que las plantas sean sometidas a un nuevo pastoreo. Al emerger la tercera hoja y encontrarse completamente expandida, el macollamiento y el crecimiento de la raíz están completamente activos y el crecimiento general es máximo debido a que los niveles de CHOS se han reestablecido aún más.

Fase 4: Conforme emerge la cuarta hoja, la primera comienza a morir, de modo que la planta sólo mantiene 3 hojas verdes por tallo. En esta etapa la calidad nutricional de la pastura empieza a decaer y comienza a presentarse un desperdicio

del material forrajero. Por tanto, en esta pastura la etapa fenológica de 3 hojas verdes es considerada el intervalo máximo de pastoreo.

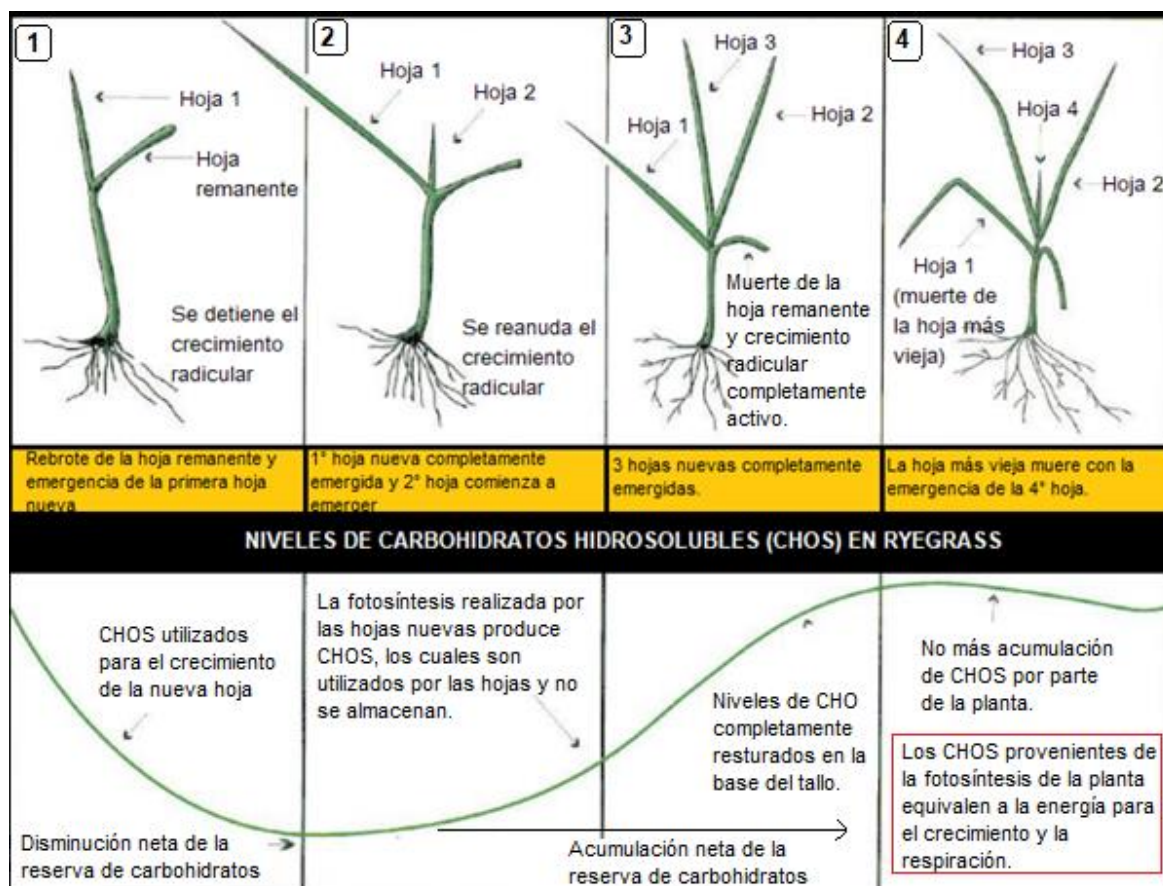


Figura 3. Rebrote de una planta de ryegrass. Fuente: Adaptado de Villalobos y Cascante (2017).

2.3.1. Fenología en kikuyo

Fulkerson (2007) indica que la energía metabolizable es el nutriente limitante para las vacas lecheras que se encuentran bajo un sistema de pastoreo. Por tanto, a diferencia del ryegrass, el objetivo del manejo del kikuyo es maximizar la calidad nutricional, específicamente maximizar la densidad energética. La estrategia para maximizar tanto la energía metabolizable como la proteína cruda es manejar la pastura de forma tal que se maximice la disponibilidad de nutrientes provenientes de la hoja, por ser el tejido con mayor contenido de nutrientes (Cuadro 3). Por ende, afirma que el momento apropiado de pastorear el kikuyo es cuando se encuentra disponible la máxima cantidad de hojas de buena calidad.

Cuadro 3. Contenido de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) en diferentes tejidos de la planta de kikuyo (hoja, tallo y material senescente).

Tejido	Energía Metabolizable (Mcal/kg MS)	Proteína Cruda (%)
Hoja	2,2	21
Tallo	1,8	17
Material Senescente	1,4	9

Fuente: Adaptado de Fulkerson (2007)

El momento óptimo del pastoreo del kikuyo se presenta cuando la pastura alcanza un estado fenológico de 4,5 hojas verdes; es decir, 4 hojas completamente expandidas y una nueva hoja en desarrollo. En el kikuyo, el período de vida de una hoja individual es equivalente al tiempo necesario para que se dé el crecimiento de 4 hojas por tallo. Cada vez que emerge una nueva hoja después de haber alcanzado el “estado de 4 hojas”, la hoja más vieja muere. Sin embargo, en ocasiones podría resultar beneficioso pastorear el kikuyo cuando éste presente un estado de 2 hojas nuevas por tallo. Esta estrategia está enfocada principalmente en evitar la acumulación de enfermedades fúngicas en las hojas lo que ocasiona una disminución en la palatabilidad y la calidad del forraje (Reeves y Fulkerson 1996, Fulkerson *et al.* 1999, Fulkerson y Donaghy 2001, Fulkerson 2007, Andrade 2006, Peters 2008, Fulkerson *et al.* 2010).

Una vez que la planta ha alcanzado el estado fenológico de cuatro hojas verdes por rebrote, empieza la disminución de la digestibilidad de la materia orgánica, de la concentración de proteína cruda y la energía metabolizable (EM). Esto se debe a que disminuye la proporción hoja:tallo y aumenta la cantidad de material senescente. (Fulkerson *et al.* 1999). Lo anterior se observa en el Cuadro 4, el cual presenta como a medida que aumenta el número de hojas por rebrote, disminuye la proporción de hoja y a

Cuadro 4. Producción anual de hojas, tallos, y material senescente a diferentes edades fenológicas (2, 4 y 6 hojas/rebrote) del pasto kikuyo.

Intervalo de corte		Rendimiento de Materia Seca (kg.ha ⁻¹)								
Hojas/rebrote	Altura (cm)	Hojas	%	Tallo	%	Material vivo total	%	Material muerto total	%	Material total
2	3	11 284	90	850	6,8	12 134	97	372	3	12 506
	6	8 707	88	831	8,4	9 538	97	350	3,5	9 888
	12	6 623	84	1 016	13	7 639	96	292	3,7	7 931
4	3	11 080	79	1 324	9,4	12 404	88	1 620	12	14 024
	6	10 399	77	1 521	11	11 920	88	1 659	12	13 579
	12	7 001	73	1 459	15	8 460	88	1 175	12	9 635
6	3	9 977	72	2 122	15	12 099	87	1 822	13	13 921
	6	9 336	64	2 502	17	11 838	81	2 708	19	14 546
	12	6 258	64	1 580	16	7 838	80	1 940	20	9 778

Fuente: Peters (2008)

su vez, aumenta tanto la proporción de tallo como la cantidad de material senescente.

Según Fulkerson (2007), para utilizar de forma efectiva el criterio de edad fenológica bajo el concepto de número de hojas verdes, es necesario considerar:

1. La hoja remanente: se identifica por medio del extremo de la hoja, la cual no tiene punta, debido a que fue consumida de forma parcial por el ganado, durante el pastoreo anterior. Si la hoja remanente crece hasta alcanzar un tamaño equivalente o mayor a la mitad de una hoja normal, debe ser contabilizada como la primera hoja nueva del rebrote (Figura 4A).
2. En el kikuyo hay más tallos laterales que apicales: Los tallos apicales generalmente tienen mayor tasa de aparición de hojas, por lo que habrá más hojas en un momento dado. Por lo que se recomienda realizar el conteo en 8–10 tallos al azar para obtener una estimación precisa de la etapa en la que se encuentra la pastura (Figura 4,B).

La tasa de emergencia de las hojas depende principalmente de la temperatura, por lo que se recomienda aumentar el intervalo de pastoreo en número de días, según aumente el intervalo de “aparición de una hoja” (número de días que tarda en aparecer una hoja nueva).

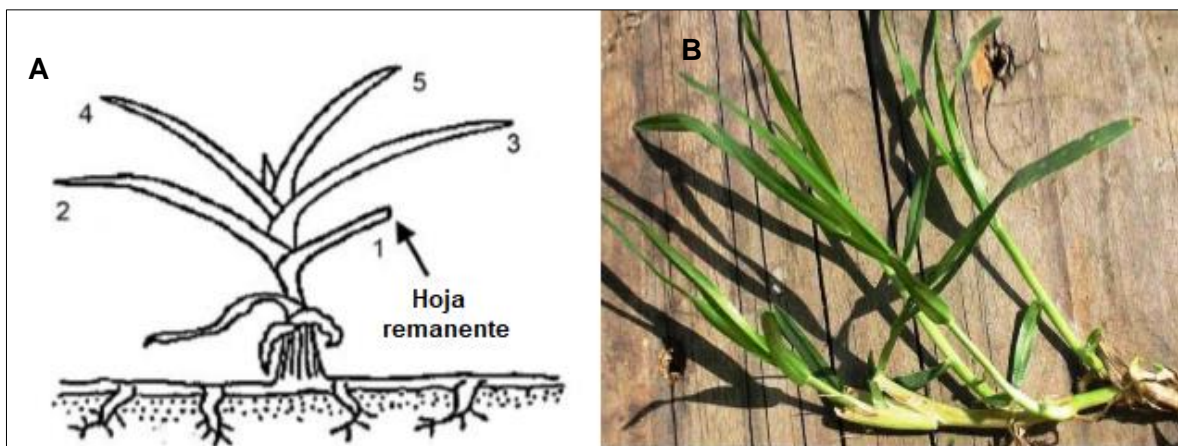


Figura 4. Conteo correcto del número de hojas del pasto kikuyo (A) y estolón de kikuyo con tres rebrotes laterales y uno apical (B). Adaptado de Fulkerson *et al.* 2010.

El kikuyo puede ser pastoreado antes de alcanzar las 4 hojas verdes/rebrote con una ligera disminución en su crecimiento (Fulkerson *et al.* 2010), sin embargo es importante tomar en cuenta varios factores:

1. Ofrecer menos cantidad de material forrajero al ganado implica tener disponible una mayor área de pastura para cubrir su requerimiento. A la vez, se presenta un mayor gasto energético por parte del animal al verse en la necesidad de caminar más.
2. El kikuyo es bajo en sodio, magnesio, fósforo y calcio y en rebrotes más jóvenes el contenido de estos minerales es aún menor; con excepción del fósforo, cuyos niveles aumentan con la madurez del kikuyo (al pasar el estado de 4,5 hojas verdes).
3. El nivel de potasio antes de que el pasto alcance un estado de 4 hojas verdes/rebrote, es demasiado alto para el ganado, disminuyendo conforme se incrementa la madurez de la hoja.
4. El contenido de nitrato es demasiado alto en rebrotes tempranos.

2.4. Producción de biomasa

La producción de biomasa es la cantidad de pasto producida en un área determinada, en un momento dado y usualmente es expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha). La cantidad de biomasa que se produce en los potreros varía según el tipo de pasto, la época del año, las condiciones climáticas, la fertilidad del suelo, el manejo de la pastura y la carga animal. (Arguedas 2014 y Sánchez 2007).

La medición de la disponibilidad forrajera es útil para calcular la eficiencia de la cosecha, lo que facilita tomar decisiones sobre la distribución y tamaño de los apartos. De esta forma, es posible ajustar la carga animal al buscar proveer a los animales de una buena cantidad de forraje que permita estimar el consumo de materia seca proveniente del pasto (Arguedas 2014).

En condiciones de subtrópico-trópico la producción láctea y forrajera es continua durante el año, a diferencia de algunos países ubicados en latitudes templadas donde la producción láctea tiende a ser estacional. Debido a los cambios meteorológicos que se presentan en cada estación climática, los pastos tienen una distribución estacional de la producción a lo largo del año. Por ello, es de gran importancia conocer los períodos de excedente y escasez forrajera, lo cual permitirá planificar el pastoreo y diseñar sistemas de suplementación (Arguedas 2014 y Villalobos 2006).

En el Cuadro 5 se presentan valores promedio de producción de biomasa del pasto kikuyo en términos de toneladas (ton) de materia seca (MS) por hectárea por corte, reportados por diferentes autores.

Dentro de los factores que explican la variación en los datos sobre el rendimiento reportados por diferentes autores se encuentran la ubicación geográfica, la dosis de fertilización, la fuente de fertilizante, la altura y la edad de corte, la época del año, la compactación y acidez del suelo. En la literatura, también se encuentran valores sobre disponibilidad de biomasa anual, reportando valores desde 8 ton MS.ha⁻¹.año⁻¹ según Fulkerson *et al.* (2010) mientras Fulkerson y Reeves (1996) reportan 11,37 t.ha⁻¹.año⁻¹ y Villalobos *et al.* (2013) indican en su estudio 38,73 t.ha⁻¹.año⁻¹.

Cuadro 5. Producción de materia seca por corte (ton MS ha⁻¹) reportada por diferentes autores.

País	Disponibilidad ton MS. ha ⁻¹ .corte ⁻¹	Condiciones	Fuente
		28 días de rebrote	
Costa Rica	2,38 ¹	500 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹	Sánchez et. al (1985)
	3,7 – 5,8 ¹	2 hojas verdes por rebrote	
Australia	3,3 – 4,3 ¹	4 hojas verdes por rebrote	Fulkerson <i>et al.</i> (1999)
	2,6 – 4,0 ¹	6 hojas verdes por rebrote	
Costa Rica	2,0 – 2,38	28 días de rebrote, verano 0-500 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹	Andrade (2006)
Costa Rica	1,2 – 2,3 ¹	30 días de rotación	Sánchez e Hidalgo (2009)
	4 – 7 ¹	75 días de rotación	
Costa Rica	1,55 ¹		Castillo <i>et al.</i> (1983)
Costa Rica	7,11 ¹		Andrade (2006)
Costa Rica	3,52 ¹	31 días de rebrote, 518 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹	Villalobos <i>et al.</i> (2013)
Ecuador	5,17 ¹	20 cm, 600 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹	Guaña (2014)
	8,95 ¹	40 cm, 600 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹	
Costa Rica	1,65 – 1,84	28 días de rebrote, invierno 0-500 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹	Vargas (1981) ¹
	1,98 – 2,09	28 días de rebrote, verano 0-500 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹	
Hawaii	0,69 – 1,16 ¹	28 días de rebrote	
	1,65 – 2,11 ¹	56 días de rebrote	
	2,35 – 2,91 ¹	84 días de rebrote	Fukumoto y Lee (2003)

¹ Sin referencia estacional.

2.5. Valor nutricional

En la nutrición animal se presenta una gran necesidad de satisfacer la demanda de nutrientes de forma uniforme a través del año, según la meta de productividad definida en cada finca (Boschini y Pineda 2016). La morfología, fisiología y la composición nutricional de las pasturas varían en mayor o menor medida de acuerdo con la etapa de crecimiento de la planta y las condiciones ambientales (Marais 2001). Los factores que afectan la calidad, pueden ser reducidos por medio de la optimización de las condiciones de pastoreo así como mejorando las prácticas de manejo de las pasturas. En contraste con el pasto ryegrass, el objetivo del manejo del pasto kikuyo es maximizar su valor nutricional (Fulkerson *et al.* 2010).

El consumo de materia seca establece la cantidad de nutrientes que se encuentran disponibles para el animal. Conocer la composición nutricional de los alimentos que son ofrecidos al ganado es de gran importancia, debido a que funciona como herramienta para formular la dieta adecuada según los requerimientos nutricionales de cada etapa fisiológica de las vacas. La meta de esta práctica es obtener una mejora en el uso eficiente de los nutrientes para prevenir tanto la sub-alimentación, la cual restringe la producción y la sobre-alimentación; la cual por su parte, incrementa los costos de alimentación y la excreción de nutrientes al ambiente y, eventualmente, podría ocasionar problemas de salud provocados por efectos tóxicos (NRC 2001).

El pasto kikuyo es conocido por tener un mediano–bajo valor nutritivo, por ser una pastura de clima tropical; algunos investigadores mencionan que esto se debe a que su productividad está orientada a la producción de biomasa para soportar alta carga animal en detrimento de la calidad nutricional (Sánchez *et al.* 1985, Sánchez 2001, Kamstra *et al.* 1966).

2.5.1. Materia seca (MS)

Andrade (2006), menciona que entre el 70% y 85% de la materia seca que consume un animal es utilizada para generar energía, la cual es consumida para mantener la temperatura corporal, el crecimiento, la actividad, la producción y reproducción. El contenido de materia seca de los pastos tropicales, se ve afectada de forma directa por la época del año debido a las condiciones ambientales. Los valores más altos de materia seca, se obtienen durante los meses de menor precipitación, temperaturas más altas y más

horas de brillo solar (Salazar 2007). Según Villalobos (2006), el contenido de materia seca de los forrajes debe ser de al menos 18–20 % para que no se vea afectado el consumo.

El consumo de materia seca se ve limitado por diversos factores, se destaca principalmente la baja digestibilidad, las condiciones ambientales, el bajo contenido de materia seca del pasto, el alto contenido (>50%) de fibra detergente neutro (FDN), el bajo contenido de carbohidratos no estructurales (CNE), la baja palatabilidad debido a la presencia de nitratos, bajo contenido de azúcares y el llenado físico del retículo-rumen (Correa *et al.* 2008b, NRC 2001, Fulkerson 2007).

Existe una alta correlación positiva entre el consumo de materia seca del pasto kikuyo y la producción de leche ($r=0,86$); así como una alta correlación positiva entre el consumo de materia seca y el peso vivo de los animales ($r=0,84$). Por consiguiente, entre más pesada la vaca, mayor capacidad de consumo de forraje y mayor capacidad de producción láctea. Correa *et al.* (2008b), reportan para el pasto kikuyo, datos de consumo de materia seca por animal por día en 10,49 – 19,40 kg, bajo condiciones de estabulación; o bien 3–7 kg MS.vaca⁻¹.día⁻¹ en condiciones de pastoreo. En Costa Rica, Andrade (2006) menciona consumos de 4,90 – 8,75 kg MS durante la época lluviosa y 9,20 kg MS para la época seca, mientras que Villalobos *et al.* (2013) reportan en promedio 4,07 kg MS.vaca⁻¹.día⁻¹.

2.5.2. Proteína

La proteína cruda (PC) de un alimento, está compuesta por la proteína degradable en rumen (PDR) y la proteína no degradable en rumen (PNDR). La calidad de las proteínas se encuentra clasificada en tres fracciones: la fracción A es aquella que se degrada fácilmente en rumen, incluye el nitrógeno no proteico y una pequeña fracción de proteínas de alta solubilidad. La fracción B corresponde a las proteínas potencialmente degradables además de un porcentaje que logra escapar del rumen. Por último, se cuenta con la fracción C, la cual hace referencia a la proteína cruda que se encuentra ligada a la fibra detergente ácido (a la lignina o a los taninos); es considerada insoluble y no degradable en el rumen y por ende termina siendo excretada (NRC 2001, Correa *et al.* 2008a, Andrade 2006).

En consecuencia, valores altos de PC no implica valores altos de solubilidad; en el caso del kikuyo, se caracteriza por ser una pastura tropical con niveles proteicos altos, pero

valores intermedios de solubilidad (Reeves 1997). En el Cuadro 6 se muestra los valores de PDR y PNDR que se reporta para el pasto kikuyo y en el Cuadro 7 se muestra el porcentaje de las tres fracciones de la proteína del kikuyo.

Cuadro 6. Proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PNDR) en muestras de pasto kikuyo en Antioquia.

Valor	PC	PDR	PNDR
Máximo	21,5	63,2	57,1
Mínimo	16,6	42,9	36,8
Promedio	19,0	54,6	45,4

Fuente: Correa *et al.* (2008a)

Cuadro 7. Fracciones de la proteína cruda de pasto kikuyo.

	Fracciones de la PC			Referencias
	A	B	C	
Promedio	31,20	62,50	12,7	Correa <i>et al.</i> (2008a)
	38,96	53,69	7,59	Andrade (2006)
Máximo	42,9	72,2	19,5	Correa <i>et al.</i> (2008a)
Mínimo	18,9	44,9	7,07	Correa <i>et al.</i> (2008a)

Fulkerson (2007) indica que cuando la proteína supera valores de 23%, los nitratos se comienzan a acumular. Dichos compuestos nitrogenados, se convierten en amonio en el rumen, formando nitritos como compuesto intermediario, los cuales son tóxicos para algunos microorganismos celulolíticos, ocasionando una disminución en la digestibilidad de la fibra; no obstante altos niveles de nitratos (>1500 ppm) pueden resultar tóxicos (Fulkerson *et al.* 2010).

El pastoreo del kikuyo durante una etapa fenológica de 4,5 hojas verdes por rebrote, es una práctica acertada, debido a que los niveles de PC han disminuido por motivo de la progresiva maduración de las hojas. (Reeves 1997) Sin embargo, Caro y Correa (2006) y Correa (2006) estiman que la digestibilidad promedio total de la PC del pasto kikuyo oscila entre un 80-82%.

2.5.3. Carbohidratos

Los carbohidratos tienen como función principal, proveer energía a los microorganismos del rumen así como mantener la salud del tracto gastrointestinal, en el caso de ciertos carbohidratos en específico. Se clasifican en carbohidratos estructurales (lo que conforma la pared celular) y carbohidratos no estructurales (CNE). Estos últimos se encuentran dentro de las células de las plantas y generalmente son más digestibles en comparación a los primeros (NRC 2001).

2.5.3.1. Carbohidratos no estructurales (CNE)

Los carbohidratos no estructurales que se encuentran en los pastos, principalmente son los solubles en agua: fructosanos, azúcares y almidón. La tasa fotosintética de la planta es la que dicta la concentración de estos componentes dentro del pasto (Reeves 1997). Fulkerson *et al.* (1996) indican que los CNE aumentan durante el día debido a la tasa fotosintética y disminuyen durante la noche al ser utilizados durante la respiración. Esto ocasiona una variación en el contenido de nutrientes del pasto el cual debe ser considerado para el ganado que se mantiene en pastoreo.

La pectina y los carbohidratos no estructurales son altamente digestibles, la tasa de fermentación de los CNE varía según la fuente de alimentación así como los métodos de conservación y procesamiento. Generalmente, se suele utilizar el término de CNE como sinónimo de carbohidratos no fibrosos (CNF), sin embargo son conceptos diferentes. La pectina, es un compuesto que se incluye en la estimación de los niveles de CNF, mas no en los de CNE (NRC 2001). Bajas cantidades de CNF aportadas por la dieta, limitan la síntesis de propionato, lo cual ocasiona una disminución de la glucosa para la producción de lactosa y de energía para la síntesis láctea, lo que conlleva a una reducción de la producción (Sánchez y Soto 1998).

A pesar de que los carbohidratos son una fuente energética, un exceso en los niveles de inclusión en la dieta podría ocasionar acidosis y otros problemas metabólicos.

Se recomienda manejar una máxima concentración de CNE entre 30-40% de la ración con base en la MS. (NRC 2001)

2.5.3.2. Componentes de la pared celular

La fibra juega un papel muy importante en la dieta del ganado lechero, debido a que por medio de la digestión de la misma, se producen los precursores de la grasa láctea. A la vez, el consumo voluntario se ve afectado según la calidad y cantidad de fibra que consume un animal. (Cruz y Sánchez 2000, Marais 2001).

El NRC (2001) indica que los carbohidratos son la mayor fuente de energía en las dietas del ganado lechero, los cuales generalmente constituyen entre 60 – 70 % de la dieta total. La principal función de los carbohidratos es brindar energía a los microorganismos del rumen y al animal hospedero. Sin embargo, ciertos tipos de carbohidratos tienen también la función de mantener la salud del tracto gastrointestinal.

La fibra detergente neutra (FDN) comprende la mayoría de los componentes estructurales en las células de las plantas. La composición química de la FDN incluye celulosa, hemicelulosa y lignina, los cuales son componentes que afectan la digestibilidad de la fracción de la FDN. Generalmente, la FDN es menos digestible que los carbohidratos no fibrosos, por lo tanto la concentración de FDN está correlacionada negativamente con la concentración energética. (NRC 2001).

Esta fracción mantiene la funcionalidad ruminal y estimula tanto el masticado como la rumia, lo que permite mantener un pH ruminal adecuado (>6,0-6,2) para que el ganado tenga buena salud ruminal y digestión (Cruz y Sánchez 2000), por lo que la mínima cantidad de FDN de la dieta que es requerido, se basa en la salud de la vaca y su salud ruminal. La concentración de FDN es inversamente proporcional al pH ruminal porque la FDN se fermenta más despacio que los CNE. Dietas con un contenido de FDN menor a 25% del FDN total y menos del 16% del FDN proveniente del forraje disminuye la producción del porcentaje de grasa en leche (NRC 2001).

El contenido de FDN se asocia negativamente con el consumo de materia seca (CMS) debido a que esta fracción está correlacionada con la densidad del forraje y el llenado del rumen, así un mayor contenido de FDN implica un menor CMS. Es por ello que existe un límite para el CMS el cual es dependiente de la concentración de FDN en la dietas de las vacas lecheras (Correa et al 2008b).

La fibra detergente ácida (FDA) está constituida por lignina, celulosa, proteína indigestible y cenizas. Esta fracción está asociada al valor indigestible de los carbohidratos. La lignina es el componente que tiene mayor correlación negativa con la digestibilidad de la materia seca. Posee un efecto tóxico sobre los microorganismos del rumen, afecta el valor energético de los pastos y disminuye el consumo voluntario del pasto por parte del ganado (Marais 2001, NRC 2001, Andrade 2006). Zartman (1987) resalta que las concentraciones de FDA recomendadas para las gramíneas forrajeras deben oscilar entre 35 - 40%.

2.5.4. Digestibilidad de la materia seca

La energía que aporta la dieta, es utilizada para actividades básicas como respirar, caminar, pastorear y regular la temperatura corporal; sin embargo, también es usada para la preñez, producción láctea, crecimiento y ganancia de peso. No toda la energía contenida en el alimento es metabolizada por los animales, la fracción aprovechable por el animal depende de la digestibilidad del alimento. Se considera que un alimento posee una alta digestibilidad cuando ésta es igual o mayor a 70%, por su parte, una baja digestibilidad corresponde a valores entre 50 - 60%.

La digestibilidad de la materia seca posee una correlación negativa con la fibra detergente ácida (FDA), debido a que es la fracción que indica la proporción no digerible de la fibra, por parte del animal. Sin embargo, también existe una correlación negativa entre la fibra detergente neutro (FDN) y la digestibilidad de la materia seca (NRC 2001, Correa *et al.* 2008b).

Caro y Correa (2006) observaron que conforme aumenta la edad de corte del kikuyo y a medida que aumenta la concentración de FDN, disminuye la digestibilidad del pasto; mostrando una alta correlación negativa ($r=-0,95$; $p=0,003$) entre ambas variables.

La lignina es otro factor que influye sobre la digestibilidad de la MS, su relación es inversamente proporcional, con correlaciones negativas de $r=-0,25$ y $r=-0,94$ según lo reportado por Caro y Correa (2006) y Soto *et al.* (1980), respectivamente. Al disminuir el contenido de lignina con la edad de rebrote, se obtiene una correlación positiva entre la FDN y la digestibilidad de la MS (Correa *et al.* 2008b).

2.5.5. Minerales

Las pasturas tropicales usualmente son deficientes en sodio, azufre, cobre y cobalto. Algunas especies como *Setaria sphacelata*, *Brachiaria humidicola*, *Digitaria decumbes*, *Panicum maximum*, *Pennisetum clandestinum* y *Pennisetum purpureum*, tienen la habilidad de acumular ácido oxálico (oxalatos de calcio) lo que reduce aún más la calidad del forraje (González y Coward 1997, Lobo y Díaz 2001, Díaz 2010). La mayoría de los oxalatos en las especies *Cenchrus* y *Setaria* son en forma soluble, sin embargo en la mayoría de los *Pennisetum* se forman en oxalato de calcio insoluble, lo cual convierte la suplementación de minerales en una práctica esencial para animales en pastoreo (Holliday 2007).

En el caso del fósforo (P), éste se encuentra con una muy alta disponibilidad dentro del rumen. Esto se explica debido a que en las gramíneas hay baja formación de ácido fítico, y aunque éste es de baja disponibilidad para los rumiantes, la alta actividad de fitasas en el rumen, contribuye a incrementar la disponibilidad del fósforo (Correa 2006).

El pH ruminal tiene un efecto sobre la solubilidad del magnesio (Mg), en la medida que el pH ruminal aumenta por encima de 6,5, disminuye la solubilidad del Mg (NRC 2001). Forrajes con un alto contenido de PC generalmente poseen un bajo contenido de CNE, lo que incrementa la concentración de amonio generado durante la fermentación. El ión amonio junto con el potasio (K), aumentan el pH ruminal y reducen la solubilidad y liberación inicial del Mg (Correa 2006).

Respecto al potasio, existe una relación lineal positiva entre el contenido de nitrógeno y de K; por lo que, pasturas fertilizadas con fuentes de nitrógeno presentan altos valores de K. La importancia de vigilar los niveles de potasio en las pasturas, radica principalmente en que altos contenidos afectan de forma directa y negativa la absorción de Mg. Niveles altos de potasio son comunes cuando el rebrote se encuentra en un estadio menor a 4 hojas verdes por tallo (Correa *et al.* 2008, Fulkerson *et al.* 2010).

2.5.6. Energía

La energía es el factor limitante en la composición nutricional de los forrajes que se utilizan en la producción lechera cuando ésta se basa en un sistema de pastoreo. Los nutrientes se encuentran en mayor concentración en la hoja, cuando estos valores se comparan con los del tallo y el material senescente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Energía metabolizable (Mcal/kg MS) y proteína cruda (%) contenida en la hoja, tallo y material senescente del pasto kikuyo.

Estructura del rebrote	Energía Metabolizable (Mcal/kg MS)	Proteína Cruda (%)
Hoja	2,2	21
Tallo	1,8	17
Material senescente	1,4	9

Fuente: Fulkerson *et al.* (2010)

El Cuadro 8, demuestra que para maximizar la energía metabolizable así como el valor proteico del kikuyo, el manejo del pastoreo debe estar orientado a maximizar la proporción de la hoja y reducir la del tallo (aumentar la relación hoja:tallo del pasto) y evitar la formación de material senescente.

Los cuadros 9, 10 y 11, muestran la composición nutricional del pasto kikuyo según diferentes edades de rebrote, como resultado de diversos estudios realizados por diferentes investigadores.

Cuadro 9. Contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades de rebrote.

Edad de rebrote (días)	% de la Materia Seca			Referencia
	PC	FDN	FDA	
16-20	25,3	50,0	26,0	Fulkerson <i>et al.</i> (2010)
24	24,2	64,0	26,0	Fulkerson (2007)
18 - 25	20,8	60,3	23,1	Reeves y Fulkerson (1996)
28	17,1	62,6	33,9	Fukumoto y Lee (2003)
28	13,5	69,9	-	Sánchez <i>et al.</i> (1985)
29	18,7	63,0	29,7	Peters (2008)
30	18,5	57,5	31,0	Soto <i>et al.</i> (2005)
30	20,1	54,2	30,5	Soto <i>et al.</i> (2005)
30	20,8	64,4	31,2	Sánchez <i>et al.</i> (2014)
30	20,5	59,5	27,2	Sánchez <i>et al.</i> (2014)
30	18,3	74,1	37,8	Peters (2008)
32	21,5	55,1	-	Caro y Correa (2006)
35-45	22,7	60,0	-	Sánchez (2001)
49	13,3	69,6	31,0	Peters (2008)
56	10,8	70,7	33,9	Fukumoto y Lee (2003)
58	16,6	62,9	-	Caro y Correa (2006)
60	19,6	57,3	29,3	Soto <i>et al.</i> (2005)
60	18,0	57,3	30,8	Soto <i>et al.</i> (2005)
60-70	9,4	71,7	34,0	Boschini y Pineda (2016)
84	8,3	74,4	35,8	Fukumoto y Lee (2003)

Cuadro 10. Contenido de extracto etéreo (EE), cenizas (Ce), lignina (Lig), carbohidratos no estructurales (CNE) y energía neta de lactancia (EN_L), del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades de rebrote.

Edad de rebrote (días)	%				EN _L Mcal/kg	Referencia
	EE	Ce	Lig	CNE		
30	3,86	9,92	5,00	10,18	1,11	Soto <i>et al.</i> (2005)
30	4,46	9,28	6,00	11,97	1,15	Soto <i>et al.</i> (2005)
32	4,10	13,10	5,10	11,8	1,41	Caro y Correa (2006)
58	3,20	12,80	7,90	9,10	1,19	Caro y Correa (2006)
60	3,96	10,13	7,10	9,05	0,97	Soto <i>et al.</i> (2005)
60	3,93	8,77	7,40	11,98	1,04	Soto <i>et al.</i> (2005)
60-70	2,11	10,46	6,59	10,94	-	Boschini y Pineda (2016)

Cuadro 11. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades de rebrote.

Edad de rebrote (días)	% DIVMS	Referencia
28	75,4	Andrade (2006)
28	78,9	Andrade (2006)
29	84,3	Peters (2008)
32	71,7	Caro y Correa 2006
49	82,0	Peters (2008)
58	66,5	Caro y Correa 2006

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona y climatología

El presente trabajo de investigación se realizó durante el período de julio del 2016 a marzo del 2017, en una de las tres lecherías que conforman la Hacienda La Concordia, la cual se localiza dentro de la zona de Los Cartagos de Alajuela, Cinco Esquinas de Carrizal de Alajuela y Santa Bárbara de Heredia (Figura. 5). La unidad de estudio fue la finca La Guaria, la cual se localiza principalmente en Santa Bárbara de Heredia y Cinco Esquinas de Carrizal ($10,122^\circ$ latitud norte y $84,155^\circ$ longitud oeste) a una altitud de 1900 m.s.n.m. (Figura 6).

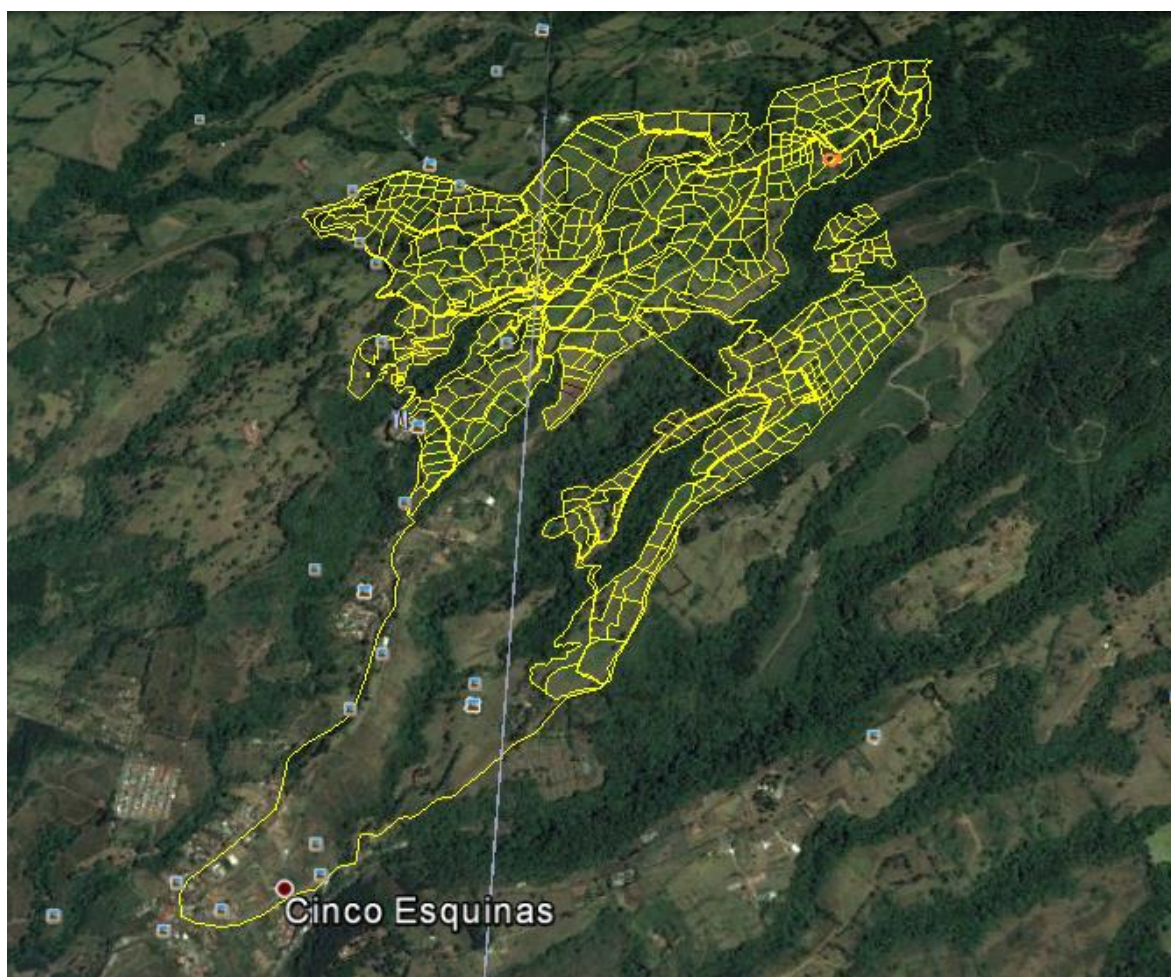


Figura 5. Mapa de la Hacienda La Concordia.

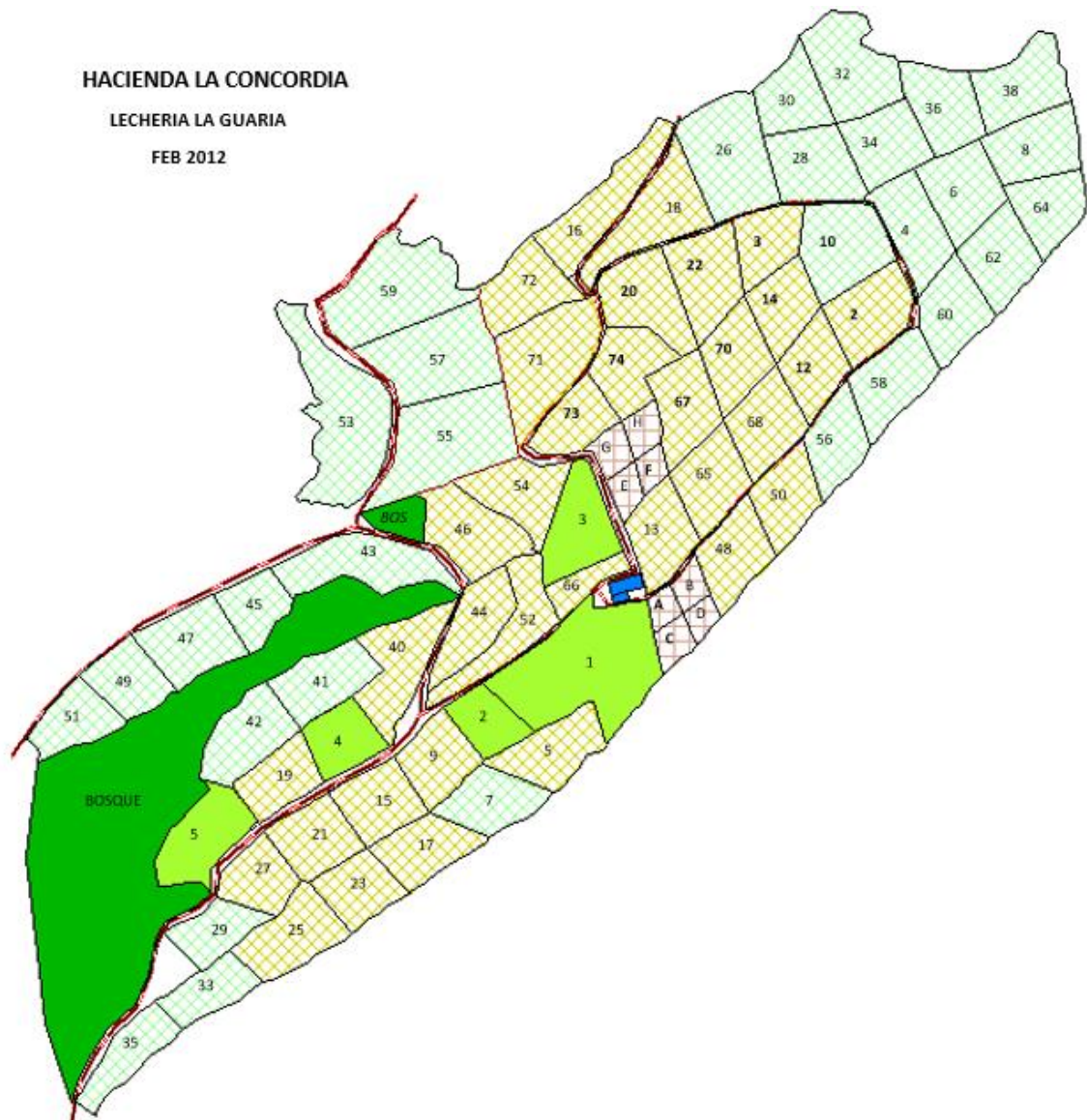
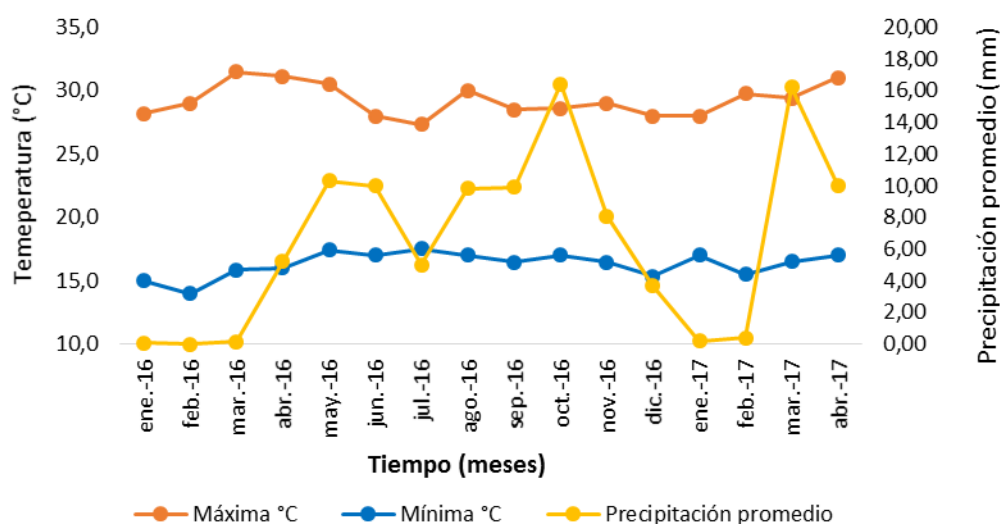


Figura 6. Mapa de la lechería La Guaria.

La finca pertenece a la región geográfico-climática de La Zona Norte, subregión Norte 2 y se caracteriza por tener un clima lluvioso de altura (Solano y Villalobos 2001). Debido a sus características climatológicas, pertenece a la zona de vida del bosque húmedo montano bajo (Holdridge 1967).

El Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN) reportó una precipitación anual acumulada aproximada de 2906,5 mm y una humedad relativa promedio de 71,7% (Retana 2017¹),

Considerando los parámetros de temperatura expresada en grados Celsius, y milímetros de precipitación, el período durante el cual se desarrolló el presente estudio se clasifica en dos épocas. La Figura 7 corresponde a una distribución de la temperatura y precipitación que evidencia que el período lluvioso comprende los meses desde abril hasta noviembre del año 2016, interrumpido por un veranillo durante el mes de julio del 2016 y el período seco se presenta del mes de diciembre del 2016 hasta el mes de marzo del 2017.



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN).

Figura 7. Comportamiento de la temperatura y la precipitación durante el período de investigación.

¹ Retana 2017. Comunicación personal. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN).

3.2. Descripción de la finca

La pastura presente en la finca donde se realizó la investigación se compone de pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y el sistema de pastoreo utilizado para la alimentación del ganado consistía en una rotación basada en la cantidad de potreros disponibles y días fijos durante el año. En algunos apartos se realiza corte-acarreo para la producción de ensilaje, el cual es utilizado durante la época seca principalmente.

La finca consta de 40 hectáreas en total, 26 ha están destinadas a potreros, 13 ha corresponden a bosque y las restantes 0,8 ha pertenecen a las instalaciones. En total, se contó con 82 potreros, de los cuales 5 fueron destinados para el pasto kikuyo de corta, 14 para el ganado recién parido y las vacas rencas; y los restantes 63 potreros se utilizaron para el pastoreo del hato de producción y las vacas prontas como seguidoras. En promedio, el tamaño de los potreros de pasto de corta, pasto de piso y, ganado rencos y recién parido fue de 24867 m², 4110 m² y 11920 m² respectivamente.

En promedio, se ordeñaban 107 vacas por día de la raza Jersey y diferentes grados de encaste de Jersey cruzado con Holstein (chumecas).

El sistema de pastoreo utilizado en la finca es rotacional. Debido al tamaño del hato y el tamaño promedio de los potreros (4110 m²), se pastorearon dos apartos por día, utilizando una rotación durante la mañana y una distinta durante la noche. Los potreros cuya topografía era quebrada respecto a los demás y los que se encontraban a la orilla de la zona boscosa, fueron destinados para el pastoreo durante la mañana; mientras que los que tenían una topografía con una pendiente menor al 5% se utilizaron durante el pastoreo de la noche. El período de ocupación de los potreros fue de 10 horas para el pastoreo durante la noche y de 8 horas para los utilizados durante la mañana, manejando una rotación entre 31-33 días para cada uno.

La alimentación del ganado se basó en el consumo de pasto kikuyo en los potreros, 100 g de minerales y la suplementación energética a través del suministro de alimento balanceado y subproducto de naranja peletizado, el cual se realizó dos veces al día, antes de que los animales ingresaran a la sala de ordeño (Cuadro 12).

Cuadro 12. Dieta ofrecida al ganado de producción y valor nutricional de sus componentes.

Alimento	Alimento balanceado	Citropulpa	Enerlac ²	Ensilaje de kikuyo ³
Cantidad (kg)	7,5-8,0 ¹	1,0	0,3	10,0
% MS	87,0	90,0	90,0	21,7
% PC	16,0	12,0	-	9,5
% EE	3,0	3,5	80,0	0,2
% FDN	21,0	19,0	-	63,5
% FDA	11,0	18,0	-	36,0
% Lignina	2,5	0,9	-	6,7
% Cenizas	17,0	9,0	-	5,4
pH	-	-	-	4,5
Afla (ug/kg)	-	-	-	8,2
Zea (ug/kg)	-	-	-	75,6

¹Es una cantidad aproximada debido a que se utiliza una relación alimento balanceado:leche igual a 2,8:1.

²Se brindó durante los primeros 90 días de lactancia.

³Edad del material ensilado >120 días. Se aportó ensilaje durante los momentos de escasez y las altas precipitaciones que se presentaron antes, durante y después del huracán Otto.

La nutrición del suelo durante la época que en que se llevó a cabo el estudio consistió en el programa de fertilización con el que contaba la finca en ese momento (Anexo A2). Por lo tanto, se realizó una enmienda con Carbonato de Calcio durante los primeros meses del presente estudio, y posterior a ello, se fertilizó con una fórmula química aplicando una dosis anual estimada menor a 100 kg N/ha.

3.3. Determinación de la edad fenológica

Con base en información generada en estudios realizados con pasto kikuyo en Costa Rica (Andrade 2006 y Peters 2008), se estableció una edad fenológica de 4 hojas verdes por rebrote como meta del pastoreo con el nuevo sistema (Figura 8). Para ello, se contó el número de hojas verdes por rebrote en potreros con 15-30 días de recuperación con el objetivo de abarcar la variabilidad esperada en la recuperación del pasto a lo largo del año.



Figura 8. Rebrote de pasto kikuyo con 4,0 hojas verdes.

En cada potrero se realizaron 50 observaciones aleatorias y se estimó el número de hojas promedio. Para el conteo, se consideraron las hojas verdes, es decir, las hojas senescentes no se contabilizaron en cada rebrote (Figura 9). Asimismo, para la estimación de edad fenológica se consideraron las hojas verdes que han emergido completamente del culmo en el último ciclo de rotación, lo que quiere decir que las hojas verdes que fueron consumidas en pastoreos previos, no se contabilizaron (Figura 10). Las hojas que no han

emergido completamente no fueron consideradas debido a que aún no se encuentran fotosintéticamente activas (Taiz y Zeiger 1991).

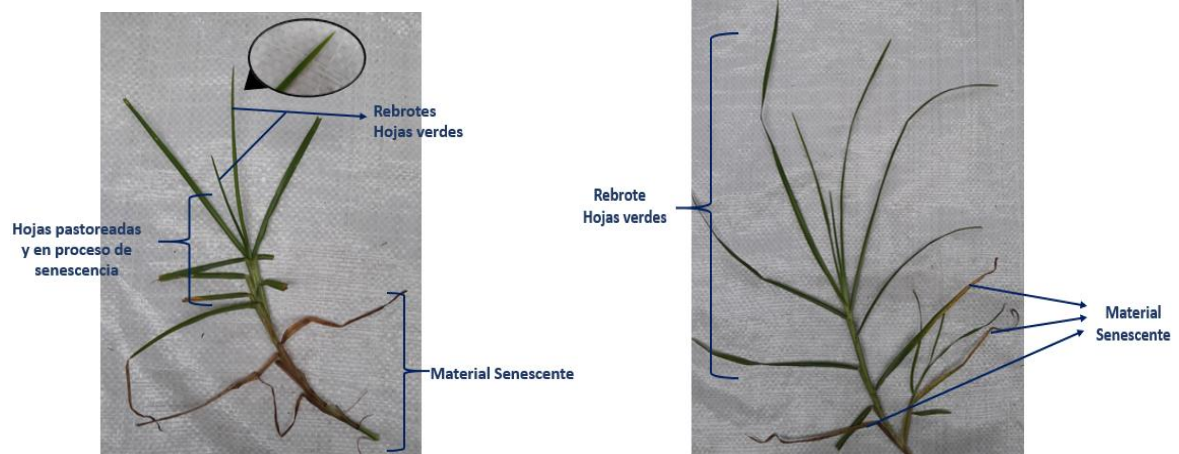


Figura 9. Rebrotos de pasto kikuyo con hojas verdes y material senescente.

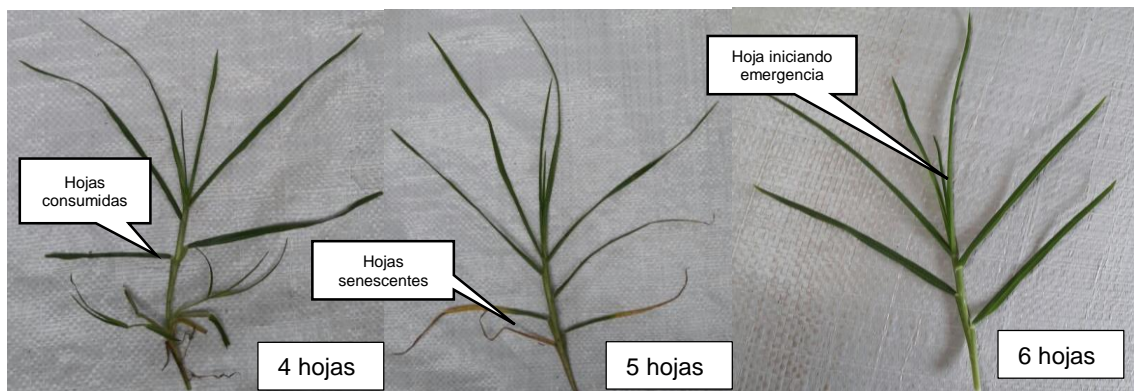


Figura 10. Rebrotos de pasto kikuyo con 4, 5 y 6 hojas verdes completamente emergidas.

Para cada uno de los 50 rebrotes escogido al azar, se procedió a identificar, en primer lugar, las hojas remanentes, es decir las que fueron consumidas parcialmente por el ganado durante el último pastoreo. Esas hojas no se tomaron en cuenta porque no son parte del nuevo rebrote. Seguidamente se contabilizó el número de hojas que habían emergido en su totalidad y que aún no habían comenzado el proceso de senescencia. Estas hojas son las que emergieron como nuevos rebrotes y las que iban a ser consumidas por las vacas en la siguiente rotación. Y por último, se calculó el promedio de las 50 observaciones.

Se realizó un catálogo (Anexo II) en el cual se indica los pasos a seguir para realizar de forma correcta el conteo del número de hojas con el objetivo de identificar el estado fenológico óptimo para el pastoreo del pasto kikuyo. De igual manera, la Figura 12 es una ilustración de rebrotes de kikuyo, la misma explica de forma gráfica las etapas de desarrollo de un rebrote desde la germinación de la primera hoja hasta la aparición de la sexta hoja.

Se capacitó al trabajador encargado del mantenimiento de los potreros, con el objetivo que se familiarizara con el nuevo sistema de pastoreo, comprendiera la importancia de la investigación y fuese capaz de ejecutarlo (Figura 11).



Figura 11. Capacitación del encargado de la rotación y mantenimiento de los potreros.

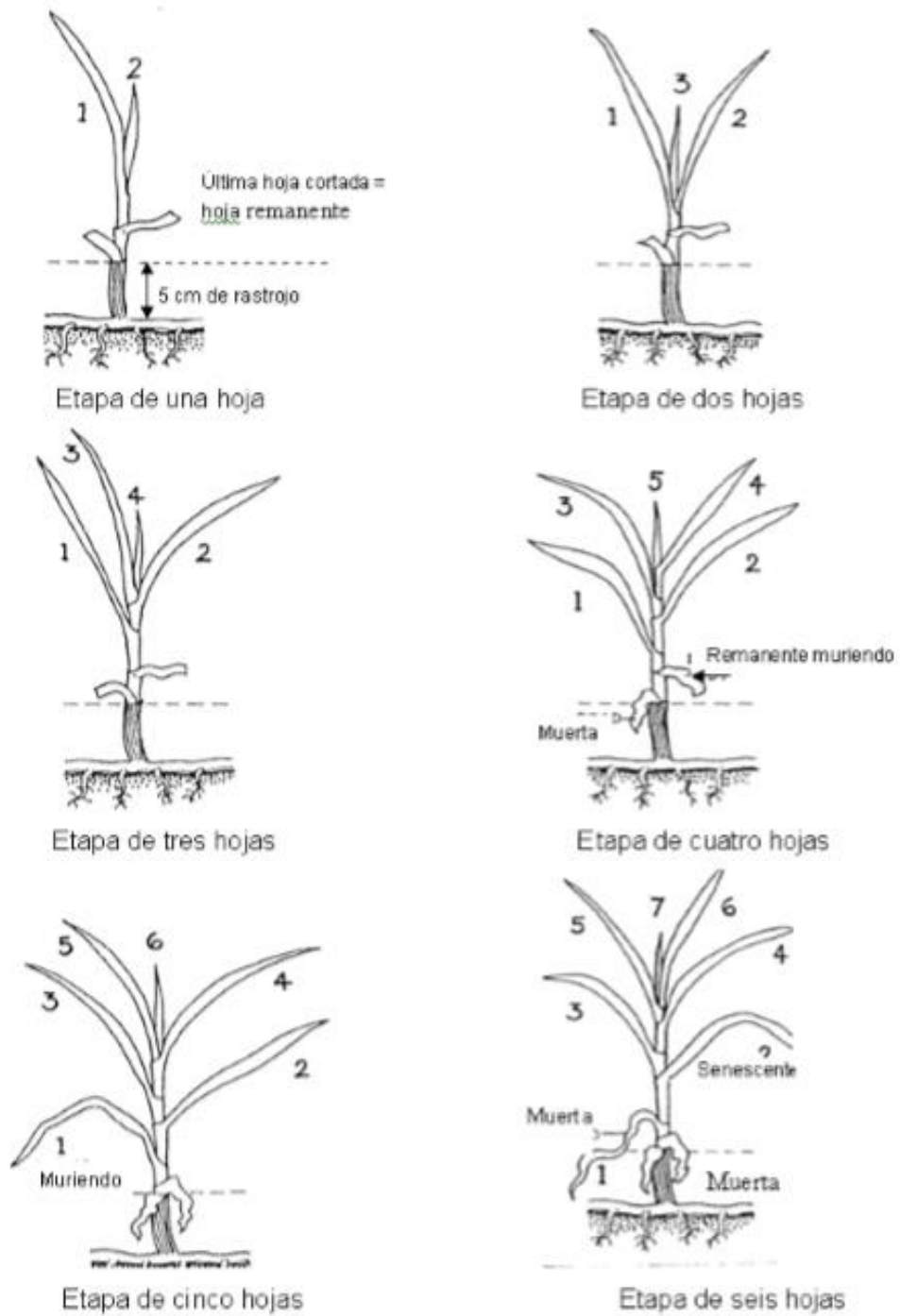


Figura 12. Ilustración de rebrote de kikuyo en varias etapas fenológicas. Fuente: Andrade 2006.

3.4. Estimación de biomasa (pre y post pastoreo) y valor nutricional

La estimación de producción se realizó por medio de la técnica del Botanal® el día previo al ingreso de los animales a pastorear y se repitió el muestreo una vez que los animales salieron con el objetivo de estimar el porcentaje de aprovechamiento en la pastura.

La técnica del Botanal ® consiste en recorrer todo el aparcadero a muestrear y determinar tres puntos de referencia, los cuales obedecen el siguiente orden: 1= cantidad baja de biomasa, 2= cantidad media de biomasa, 3= cantidad alta de biomasa. Se pesó cada estrato para conocer su peso en fresco y se cosechó para luego determinar su contenido de materia seca (MS) a 60°C (Figura 13).



Figura 13. Ejemplo de un estrato como punto de referencia (A), cosecha del estrato para medir contenido de MS (B), medición de cantidad de forraje de un estrato (C) y muestra para análisis de laboratorio (D).

Posterior a ello, se realizaron 50 observaciones al azar, recorriendo el potrero en zig-zag. En cada observación, se asignó un valor de los 3 estratos anteriores, se contabilizó el número de hojas en un rebrote y se definió la composición botánica de dicho punto de muestreo (proporción de diferentes especies de plantas en el marco de muestreo).

Para determinar el resultado de la producción de biomasa se utilizó una hoja electrónica, la cual calcula los resultados por medio de una ecuación de regresión que pondera el peso de cada estrato seco con el número de observaciones de cada uno. La técnica del Botanal® se puede hacer con 5 estratos, sin embargo en el presente estudio se definió utilizar 3, con el objetivo de disminuir la subjetividad y sesgos en la escogencia de las muestras reales y visuales. Debido a que el Botanal® es una regresión lineal, permite ajustarse a la condición particular de los potreros. Asimismo, una vez iniciada la etapa experimental, se hubiese dificultado ejecutar la técnica con la utilización de más estratos debido a que las pasturas no alcanzaron una variabilidad que permitiera encontrar 5 estratos de forma representativa en los potreros.

En los potreros muestreados de forma semanal, se recolectó una muestra compuesta que fue dividida en dos partes: para ser enviada al Laboratorio de Dos Pinos para su análisis proximal: MS, PC, FDN y lignina y la otra parte al Centro de Investigaciones en Nutrición Animal (CINA) para estimar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y la digestibilidad de la fibra (DIVFDN), (Figura 13D).

La estimación del valor nutricional del pasto kikuyo en ambos laboratorios se determinó mediante las metodologías de la AOAC (1990) para el contenido de MS y PC; para el extracto etéreo (EE) y cenizas (AOAC 2000) y las fracciones de la pared celular (FDN, FDA, lignina) (Van Soest y Robertson 1985 y Van Soest *et al.* 1991). Se determinó la DIVMS por medio de la metodología de Van Soest y Robertson (1979).

La estimación del TND, EM y EN_L se realizó mediante dos metodologías, las fórmulas del NRC (2001), las cuales se presentan a continuación

- $TDN_{1x} (\%) = dvCNE + dvPC + (dvEE \times 2,25) + dv\alpha FDN - 7$
- $ED(\text{Mcal/kg}) = (dvCNF/100) \times 4,2 + (dvFDN/100) \times 4,2 + (dvPC/100) \times 5,6 + (EE/100) \times 9,4 - 0,3$
- $EDc = ED \times F$
- $EM (\text{Mcal/kg de MS}) = [1,01 \times (EDc) - 0,45] + 0,0046 \times (EE - 3)$
- $EN_L = [0,703 \times EM] - 0,19 + \{[(0,097 \times EM + 0,19) / 97] \times [EE - 3]\}$

Y el segundo método utilizado fue el programa de cómputo del NRC (2001), utilizando los datos reales de la finca en estudio.

3.5. Descripción del análisis estadístico

Los datos obtenidos como resultado de los muestreos de disponibilidad de materia seca, edad fenológica y calidad nutricional del pasto kikuyo se incluyeron en un análisis de varianza (ANOVA), el cual se realizó mediante el procedimiento PROC GLIMMIX del programa estadístico SAS® 9,3 (SAS-Institute 2011).

Este procedimiento estadístico permitió evaluar los efectos de la época de muestreo (lluviosa y seca) y de los períodos de evaluación (uniformización y experimental) sobre las variables de respuesta (número de hojas, número de días en alcanzar el estado fenológico óptimo para el pastoreo, el valor nutricional del pasto ofertado y la disponibilidad forrajera ofertada en potrero).

Se estimó el coeficiente de correlación de acuerdo a las épocas y períodos de muestreo para las variables número de hojas y número de días. Y para las variables de valor nutricional y disponibilidad de biomasa, se evaluó diferencias entre medias de acuerdo a las épocas y entre períodos de evaluación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre la edad fenológica, la disponibilidad de materia seca, la composición nutricional de la pastura y la composición botánica de los potreros del pasto kikuyo, se discutirán a partir de estudios publicados previamente. Esta discusión tiene por objetivo generar información que contribuya a mejorar las prácticas de manejo y utilización de las pasturas en los diferentes sistemas de producción forrajera y ganadera.

4.1. Proceso de uniformización de la pastura

Al inicio del estudio, se observó la presencia de gran cantidad de material senescente acumulado (“colchón”) en los potreros (Figura 14), lo cual dificultaba el conteo de número de hojas y por consiguiente, una adecuada determinación del momento óptimo de pastoreo. Se procedió a aumentar la presión de pastoreo, aumentando el período de ocupación de la pastura. El primer grupo (hato en producción) era el primero en ingresar a la pastura, para que consumiera las secciones de mejor calidad del forraje y posteriormente, se manejó un segundo grupo (hato de vacas prontas), las cuales cosechaban la biomasa remanente en los potreros (Figura 15). Fulkerson *et al.* (2010), recomiendan este método para disminuir la proporción de material senescente, como alternativa a una remoción mecánica. Debido a la topografía quebrada de la finca, no se pudo cosechar por medio de una poda mecánica (manual, segadora).



Figura 14. Material senescente acumulado del pasto kikuyo durante el período de uniformización.



Figura 15. Potrero en pre-pastoreo (A) y post-pastoreo (B) en el ciclo de uniformización de los potreros.

Este proceso de reducción de material senescente tomó dos ciclos de rotación, con una duración de 30 días cada ciclo. Se tuvo la necesidad de realizar esta uniformización de los potreros, debido a que la gran cantidad de material senescente acumulado como resultado de subpastoreo en años previos, limitaba un adecuado crecimiento de los rebrotes. Fulkerson *et al.* (2010), explican que el “colchón” que forman los pastos con hábito de crecimiento rastro, como es el caso del kikuyo, debe ser removido. La práctica de no eliminar los tallos del kikuyo, provoca que éstos aumenten durante la temporada de crecimiento, desarrollando menos hojas, lo que implica que disminuya la relación hoja : tallo. A su vez, al permitir un mayor crecimiento de los tallos, se eliminan muchos de los puntos de crecimiento, resultando en una emergencia de cada rebrote cada vez más lento. Andrade (2006) realizó en su estudio la práctica denominada “Mulch”, o “desmenuzado”, el cual es similar a la uniformización realizada en las pasturas del presente estudio. Dicha autora, demostró que la cantidad de material senescente y de tallo disminuyó en 29% y 23%, respectivamente; mientras que la cantidad de hojas verdes aumentó en 36%.

En el Cuadro 13, se evidencia que fue imposible alcanzar una cantidad mayor a 4,0–4,5 hojas verdes por rebrote durante el primer mes, debido a que la senescencia se presentaba de forma temprana. Cuando los rebrotes alcanzaban 3,5 hojas verdes, se iniciaba el proceso de muerte de la primera hoja en haber emergido (la hoja más vieja).

Cuadro 13. Relación entre el número de hojas verdes y el número de días necesarios en alcanzar el estado fenológico de 4 hojas verdes durante el experimento.

Edad de rebrote (días)	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
15	-	-	-	-	3,3	-	-
20	2,6	2,7	3,3	3,9	4,0	3,6	3,6
25	3,2	3,2	3,7	3,8	4,6	4,3	4,1
28	-	-	-	5,9	-	-	4,4
30	3,5	4,0	-	-	-	-	-

Si bien es cierto, se podría asumir que un estado vegetativo de 3,5 hojas nuevas por rebrote, era el estado óptimo en el que se debía cosechar el forraje y no a las 4,0 – 4,5 hojas recomendado por diversos autores (Reeves y Fulkerson 1996, Fulkerson *et al.* 1999, Fulkerson 2007, Andrade 2006, Peters 2008, Fulkerson *et al.* 2010), se tomó la decisión de no pastorear bajo las condiciones mencionadas debido a que la cantidad de material senescente, interfería con un proceso adecuado de conteo y que la calidad del forraje se vería afectada, disminuyendo así el contenido proteico, su digestibilidad y contenido energético. (Fulkerson *et al.* 2010).

Durante el proceso de estandarización o uniformización de los potreros, se observó que al finalizar el segundo mes (agosto) se comenzó a alcanzar el estado fenológico de 4 hojas verdes, razón por la cual se dio por completada la etapa de uniformización y se inició con la etapa experimental; esta a su vez se divide en época lluviosa y época seca.

En el Cuadro 13 se observa que durante la época lluviosa, el tiempo necesario para que la pastura alcanzara el estado fenológico óptimo para el pastoreo fue disminuyendo de 20-25 días en octubre a 20 días en noviembre y fue aumentando a medida que comenzaba la época seca, 25 días en diciembre y 25-28 días en enero. Esta disminución en los días de recuperación de los potreros implica que al cosechar la pastura bajo el concepto de

estado fenológico óptimo para el pastoreo aumenta el ciclo de uso que se le da a los potreros durante el año; es decir, se está incrementando la eficiencia en el aprovechamiento tanto del recurso forrajero de la finca como del valor nutricional que puede aportar el mismo. Por tanto, no se vio en la necesidad de utilizar todos los potreros de la finca para la rotación durante la época lluviosa, lo cual permite almacenar forraje para su posterior cosecha y conservación con el fin de utilizarlo en épocas de escasez forrajera.

Por razones de tradición cultural, los productores tienden a preferir potreros con una gran cantidad de biomasa, en los que el pasto incluso se vuelca, como criterio para asegurar un adecuado suministro de materia seca para satisfacer las necesidades nutricionales del ganado. Sin embargo, dicho criterio no toma en cuenta los cambios en la calidad nutricional que sufre la pastura durante todo este crecimiento. Cuando hay hojas que ocasionan sombra sobre otras, provocan que estas últimas tengan menores tasas fotosintéticas; por lo tanto, remover los residuos post-pastoreo elimina el pasto de muy baja calidad y permite una mayor incidencia de luz la cual estimula el rebrote (Reeves 1994, Taiz y Zeiger 2002, Andrade 2006).

4.2. Determinación del estado fenológico óptimo para el pastoreo

En la finca que fue sujeta a estudio, se utilizaba como método de pastoreo una rotación con días fijos. Una vez el ganado había cosechado el último de los potreros destinados al pastoreo, regresaba al que pastorearon de primero y así sucesivamente. La relación que se presenta entre la cantidad de días y la producción de hojas nuevas, es información importante, previendo que habría diferencias en la recuperación de la pastura según las diferentes épocas del año. Motivo por el cual es necesario tomar en consideración dicha relación al momento de establecer una rotación.

Como resultado de la información sintetizada en los Cuadros 13 y 14, se obtuvo para la época lluviosa un coeficiente de correlación medio, con diferencias estadísticamente significativas ($r=0,49$; $p<0,0001$) entre la cantidad de días y el número de hojas verdes por rebrote. Produciéndose en promedio 3,5 hojas nuevas por rebrote cada 22 días. Durante la época seca se obtuvo una alta correlación e igualmente con diferencias estadísticamente significativas ($r=0,77$; $p=0,0014$). En promedio, a los 24 días se generó un rebrote de 4,0 hojas nuevas.

Fulkerson *et al.* (2010) reportan una cantidad de días diferente, para alcanzar la edad fenológica, a las obtenidas en este estudio realizado bajo condiciones de subtrópico;

señalando que el estado fenológico de 2, 4 y 6 hojas por tallo se alcanza a los 6, 12 y 18 días respectivamente. En el Cuadro 14 se observa que durante la época lluviosa el estado fenológico óptimo para el pastoreo del kikuyo se presentó entre los 20 y 25 días de recuperación, mientras que durante la época seca, la edad fenológica se alcanzó entre los 25 y 28 días de recuperación del pasto. Por consiguiente, durante el período seco aumentó la cantidad de días necesarios para la producción de hojas nuevas. Peters (2008) encontró en su estudio que la edad fenológica de la pastura también se ve afectada de forma significativa por el efecto de la época de muestreo, obteniendo durante la época seca un menor número de hojas nuevas promedio que en la época lluviosa.

Cuadro 14. Número de hojas verdes a diferente edad de rebrote según la época del año.

Época	Edad de rebrote (días)				
	15	20	25	28	30
Uniformización	-	2,7	3,2	-	3,7
Lluviosa	3,2	3,9	3,9	5,9	-
Seca	-	3,6	4,2	4,4	-
Promedio	3,2	3,4	3,8	5,2	3,7

Según Herrero *et al.* (2000a), a medida que aumenta la temperatura ambiental, disminuye el tiempo necesario para el crecimiento del pasto, es decir, el intervalo requerido para que se produzca una hoja nueva aumenta conforme disminuye la temperatura. En este estudio durante la época seca se tuvo las temperaturas mínimas más bajas en todo el experimento (11 °C) durante el mes de enero. Este efecto que tiene la temperatura sobre el crecimiento de la pastura, señala la necesidad de realizar estrategias de manejo flexibles, dependiendo de la época del año y las condiciones ambientales de la región.

4.3. Disponibilidad de materia seca

En la Figura 16, se observa la disponibilidad de biomasa promedio con los valores máximos y mínimos de producción de biomasa que se obtuvo en cada mes durante el desarrollo del estudio. El mes de agosto, comprende el segundo ciclo de uniformización, razón por la cual se presenta una disponibilidad de biomasa tan alta. Durante el mes de septiembre, se evidencia una disminución en la producción de biomasa, debido a que se

eliminó gran parte del material senescente presente en los potreros. Del mes de septiembre al mes de noviembre (época lluviosa), se obtuvo mayor producción forrajera. Sin embargo, durante el mes de noviembre se observa una disminución en la producción de forraje posiblemente como consecuencia de las altas precipitaciones que se generaron (188 mm) debido a la depresión tropical #16 y al paso del huracán "Otto" sobre el país, fenómenos que se presentaron del 15 al 25 de noviembre del 2016. Por último, los meses de diciembre, enero y febrero (época seca), tuvieron una menor cantidad de precipitación y se presentaron las temperaturas más bajas del año, lo cual retardó el crecimiento del forraje.

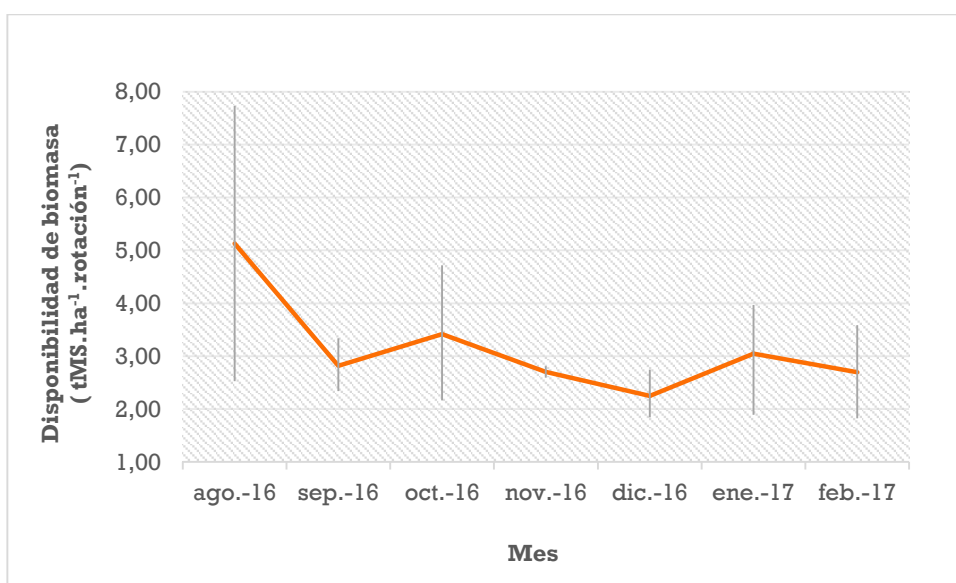


Figura 16. Disponibilidad de biomasa en términos de materia seca obtenida durante el desarrollo del estudio.

En el Cuadro 15, se muestra la estimación de biomasa disponible para el pastoreo por parte del ganado según la época del año. Durante la época lluviosa, los potreros tardaron menos días en alcanzar la etapa fenológica establecida para el pastoreo obteniendo a su vez una mayor cantidad de producción forrajera, sin embargo no se obtuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la época seca y lluviosa. Esto significó una reducción en biomasa de 70 kg MS por hectárea de pasto kikuyo, lo cual aunque parece despreciable, se tradujo en la adición de potreros a la rotación del ganado (lo cual requiere tener un área disponible para pastoreo durante el verano), la necesidad de brindar

suplementación forrajera (lo que significa un aumento en los costos de producción) o bien, disminuir la carga animal (lo cual implica la disminución de la cantidad de leche producida).

La Figura 17 muestra que durante la etapa de uniformización se produjo un menor número de hojas por rebrote con una producción de biomasa mayor. En la etapa experimental; (después de realizada la uniformización), disminuyó la producción de biomasa con un mayor número de hojas por rebrote. A pesar de que la producción de biomasa disminuyó 27,8%, entre la etapa de uniformización y la etapa experimental, se hace necesario recordar que gran parte de ese material, correspondía a material senescente y de menor valor nutricional, el cual no era consumido por el ganado. Por lo que se produjo menos cantidad de forraje, pero con un mayor valor nutricional, lo cual incrementó el consumo de pasto por parte del ganado; es decir, se aumentó la eficiencia del sistema, datos que se presentan más adelante. Esto se logró manteniendo una edad fenológica y días de recuperación similares en ambas épocas; sin embargo no hubo diferencias significativas entre la producción de biomasa y la época de muestreo ($p=0,06$).

Cuadro 15. Disponibilidad de biomasa ofrecida bajo el criterio de edad fenológica óptima según la época del año.

Época	Recuperación (días)	Fenología (hojas verdes/rebrote)	Disponibilidad t MS.ha ⁻¹ .ciclo ⁻¹
Lluviosa	24	4,2	2,72 ± 0,48
Seca	25	4,0	2,65 ± 0,84
Promedio	25	4,1	2,69 ± 0,66

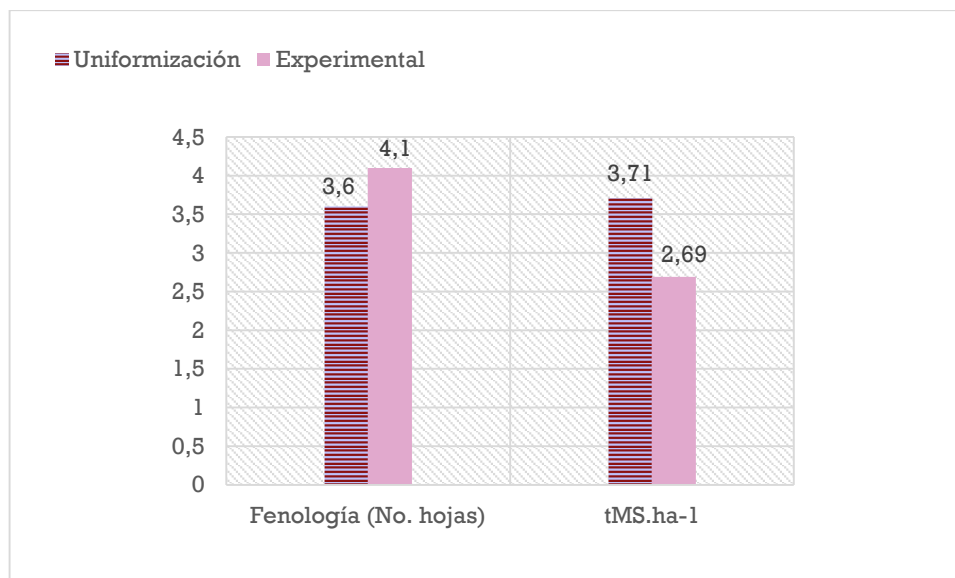


Figura 17. Disponibilidad de MS ($t\ MS.ha^{-1}.ciclo^{-1}$) y edad fenológica (número de hojas verdes) durante las etapas de uniformización y experimental.

La diferencia en la producción de biomasa que se obtuvo debido al tratamiento de uniformización, coincide con lo reportado por Andrade (2006), quien observó una disminución de 34% en la disponibilidad de biomasa luego de implementar la técnica “Mulch”, lo que sucedió debido a la disminución de tallos gruesos y senescencia así como las características de los nuevos rebrotes, los cuales emergían con tallos delgados. Además, en su estudio obtuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la época “semi-seca” y la época lluviosa obteniendo 9,58 y 4,67 $t\ MS.ha^{-1}$ respectivamente, para potreros con 28 días de recuperación. Dicho rendimiento fue superior al presente estudio, 2,72 y 2,65 $t\ MS.ha^{-1}$ durante el período lluvioso y seco respectivamente, sin embargo el sistema de pastoreo utilizado en el estudio de Andrade (2006) era rotacional de días fijos.

Peters (2008) reporta un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$) en la época de muestreo sobre la disponibilidad de biomasa, obteniendo durante la época seca mejores rendimientos respecto a la época lluviosa. A pesar de que no indica los valores medios sobre el rendimiento para cada época, reporta una disponibilidad mínima y máxima obtenida durante todo el estudio de 3,43 y 18,26 $t\ MS.ha^{-1}.rotación^{-1}$ respectivamente.

Villalobos *et al.* (2013) estimaron una producción promedio de biomasa de 3,52 $t\ MS.ha^{-1}.ciclo^{-1}$, bajo un sistema de pastoreo rotacional de 31 días de recuperación y utilizando en promedio un programa de fertilización nitrogenada de 518 $kg\ N.ha^{-1}.año^{-1}$.

Este valor se asemeja al obtenido durante el período de uniformización ($3,71 \pm 1,80$ t MS.ha⁻¹.ciclo⁻¹), cuya rotación fue 25 días con una dosis de fertilizante nitrogenado mucho menor (<100 kg N.ha⁻¹.año⁻¹).

Herrero *et al.* (2000b) mencionan que cuando no se aplica un programa de fertilización, el kikuyo podría alcanzar un número de hojas cercano a 7, sin embargo, cuando se realiza una fertilización nitrogenada por encima de 100 kgN.ha⁻¹, se produce menos hojas con la ventaja de que aumenta el tamaño de las mismas, lo cual repercute en la cantidad de forraje producido. En este estudio, debido a razones administrativas, no se aplicó un programa de fertilización completa, utilizando una dosis menor a 100 kgN.ha⁻¹.año⁻¹. Esta condición, además de la diferencia en la edad de cosecha de la pastura en ambos estudios (28 y 31-33 días en la investigación de Andrade 2006 y Peters 2008 respectivamente), puede explicar la disponibilidad de biomasa menor. Además se debe tomar en cuenta que en dichos estudios se estimó la producción de biomasa en pasturas manejadas bajo un sistema de número de días fijos de recuperación.

Los valores de producción de biomasa en este estudio, son similares a los reportados por Sánchez *et al.* (1985) y mayores a los obtenidos por Castillo *et al.* (1983) con 2,20 y 1,55 t MS.ha⁻¹.corte⁻¹, respectivamente, con edades de recuperación de 28 días en ambos estudios. Sánchez e Hidalgo (2009) reportan un rendimiento para el pasto kikuyo en la zona alta lechera de Costa Rica (2500 m.s.n.m) de 1,72 y 0,78 t MS.ha⁻¹.corte⁻¹ durante las épocas lluviosa y seca respectivamente, con 30 días de recuperación. Estos valores son más bajos que los reportados en este estudio, por lo tanto se podría suponer que la oferta forrajera obtenida en esta investigación se encuentra dentro del rango esperado para esta pastura y que podría llegar a valores mayores con un programa de fertilización completo.

4.4. Aprovechamiento de la biomasa disponible

Jiménez (2003) explica que el balance forrajero consiste en mantener un equilibrio entre la cantidad de biomasa que los animales requieren consumir y la cantidad de biomasa disponible en los pastizales. La producción de forraje varía según la época por efecto del clima, presentando épocas de superávit en la disponibilidad forrajera, por lo que no siempre se logra aprovechar el total del pasto producido. Lo anterior fue observado por Villalobos *et al.* (2013) en su estudio; durante las épocas en las que la producción de biomasa aumenta, el aprovechamiento tiende a disminuir, probablemente debido a que no se realizan ajustes en la carga animal en pastoreo.

Como se mencionó anteriormente, los remanentes de forraje post-pastoreo, afectan la calidad nutricional del pasto e impiden un adecuado crecimiento y desarrollo de las hojas; por lo que se debe promover un adecuado aprovechamiento de los pastizales o bien es necesario recurrir a la remoción mecánica del material no aprovechado.

Villalobos *et al.* (2013), estimaron un aprovechamiento consumible por parte del ganado sobre el pasto kikuyo igual a 31,95%, mientras que en pastizales de estrella africana y el ryegrass fueron de 44,96% y 34,15%, respectivamente. Herrero *et al.* (2000b) mencionan que generalmente se estima para el kikuyo un porcentaje de aprovechamiento consumible en el potrero de 15-30%, probablemente como consecuencia de la gran cantidad de suplemento adicionado en la dieta del ganado lechero.

Andrade (2006) reporta un aprovechamiento de 19% para la época lluviosa del primer año, un 26% para la misma época durante el segundo año y 19% durante la época "semi-seca". Si se aplica estos porcentajes de aprovechamiento, a la producción de biomasa reportada, se obtiene que durante la época "semi-seca" el ganado aprovechó solamente 1,82 t MS de 9,58 t MS.ha⁻¹.rotación⁻¹ producido y en la época lluviosa 0,89 t MS de 4,67 t MS.ha⁻¹.rotación⁻¹ producido, y 1,84 t MS de 7,08 t MS.ha⁻¹.rotación⁻¹, para el primer y segundo año respectivamente. Esto demuestra que producciones altas de biomasa no necesariamente se reflejan en un mayor consumo de MS por parte del ganado pues en varios estudios se reporta valores de aprovechamiento bajos debido a una deficiente utilización de las pasturas.

En este trabajo, se obtuvo un 44% de aprovechamiento durante la época lluviosa y un 43% durante la época seca (Cuadro 16). No se observó diferencias estadísticamente significativas ($p=0,43$) en cuanto al aprovechamiento del kikuyo durante el pastoreo según la época del año. Sin embargo, se observó que con este sistema de pastoreo, se obtiene un porcentaje de aprovechamiento, mayor en comparación a otros sistemas de pastoreo rotacionales tal como lo han evidenciado otras investigaciones. Aunque no se estimó el aprovechamiento en la etapa de uniformización debido a razones de manejo en el ajuste del sistema, dicha etapa pudo tener valores menores presumiblemente ocasionados por la cantidad de material senescente y por lo observado en campo (Figura 14).

Cuadro 16. Consumo y aprovechamiento del kikuyo según la época del año.

Época	Disponibilidad (tMS.ha ⁻¹ .ciclo ⁻¹)	Aprovechamiento (%)	Consumo (kgMS.vaca ⁻¹ .d ⁻¹)
Uniformización	3,71	-	-
Lluviosa	2,72	44%	8,2
Seca	2,65	43%	9,2
Promedio	3,03	44%	8,7

Se estimó el consumo de pasto por vaca por día, por medio de la diferencia entre la disponibilidad total de pasto y el rechazo total presente en los potreros. Villalobos *et al.* (2013), estimaron un consumo de 4,07 kg MS.vaca⁻¹.día⁻¹ para el kikuyo; por su parte, Andrade (2006) reporta consumos de 4,90 y 8,75 kg MS.vaca⁻¹.día⁻¹ para la época lluviosa del año 2004 y 2005 respectivamente, y 9,20 kg MS.vaca⁻¹.día⁻¹ durante la época “semi-seca”. Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con los reportados por Andrade (2006), se observa que el consumo por animal por día fue similar, a pesar de que la cantidad de forraje disponible para consumo del ganado en los potreros que fue reportado en su trabajo fue superior. Aunado a lo anterior, el consumo por animal por día reportado en este trabajo es el doble del estimado por Villalobos *et al.* (2013), por lo que se concluye que en este estudio el sistema de pastoreo bajo el criterio de edad fenológica aumentó la eficiencia en la utilización de las pasturas.

La dieta suministrada al ganado en el presente estudio, no se modificó según fuese cambiando el valor nutricional del forraje en cada época; esto se debió principalmente por razones administrativas. Por tanto, según lo expuesto en el Cuadro 17, la cantidad de alimento suministrado como suplemento energético (alimento balanceado y citropulpa) no varió a lo largo del año. Como se mencionó en la sección 14.3.3, las altas precipitaciones provocadas por los fenómenos naturales mencionados, hicieron que se brindara ensilado de kikuyo como parte de la dieta. Esta modificación se mantuvo durante siete semanas, (las cuales comprenden el final de la época lluviosa y el inicio de la época seca) a pesar de que las condiciones de humedad en los potreros fueron críticas solamente durante 3 semanas.

En el Cuadro 17 se muestra que el consumo total de MS disminuyó durante el período que se brindó silo. Esto se debió a un efecto sustitutivo del silo por el pasto en potrero y por este motivo, según las estimaciones realizadas por el método del Botanal®,

las vacas de producción disminuyeron el consumo de pasto en los potreros en 53,6% y 41,1% durante la época lluviosa y seca, respectivamente. Esta disminución del consumo se puede explicar porque el contenido de FDN se asocia negativamente con el CMS, debido al efecto de llenado del rumen que esta fracción ejerce en el animal (Correa *et al.* 2008b). En este estudio el FDN del silo que se ofreció fue superior al valor promedio del pasto (63,5% y 51,94%, respectivamente).

Mertens (1985) indica que el CMS máximo de las dietas de las vacas lecheras relacionado al %FDN, oscila entre 1,1–1,2 % del peso vivo del animal. Por su parte, Fulkerson *et al.* (2006) estimaron un CMS de 1,6-2,2% del peso vivo, utilizando un kikuyo pastoreado según la etapa fenológica de 4,5 hojas verdes. En el presente estudio, se estimó que durante el período que no se les brindó silo, el CMS fue de 2,1% y 2,2% del peso vivo durante las épocas lluviosa y seca respectivamente. Estos valores mayores en el consumo de materia seca, se pueden explicar por lo expuesto por Allen (1997) quien indica que el incremento en 1 unidad de digestibilidad de la FDN aumenta en 0,37 lb (168 g) el CMS

El Cuadro 12 muestra que el valor nutricional del silo de kikuyo es mucho menor que el del pasto de piso, por lo tanto durante dicho período el ganado sustituyó un material de alto valor nutricional (pasto en potrero) por uno de menor valor nutricional (silo ofrecido en canoa). Por lo tanto, el hato en producción consumió menos cantidad de nutrimentos debido a la disminución de consumo de materia seca y al menor valor nutricional de la misma, lo que impactó la producción láctea, la cual se redujo en promedio 2,6 kg leche.vaca⁻¹.d⁻¹.

Cuadro 17. Consumo total de materia seca (kg) según la época del año durante la etapa experimental.

Componente	Cantidad de MS (kg)			
	Época lluviosa	Época lluviosa + silo	Época seca + silo	Época seca
Alimento balanceado	6,53	6,53	6,53	6,53
Citropulpa	0,90	0,90	0,90	0,90
Minerales	0,09	0,09	0,09	0,09
Grasa de sobrepaso	0,27	0,27	0,27	0,27
Pasto kikuyo	11,2	5,2	6,6	11,2
Ensilaje de kikuyo	0,00	2,17	2,17	0,00
CMS total (kgMS.d⁻¹)	18,99	15,16	16,56	18,99

Los datos de consumo de MS, sin el aporte de silo de kikuyo, (18,99 kgMS) obtenidos en este estudio concuerdan con lo publicado por Elizondo en el 2005, quien estima que una vaca que produzca 20 – 22 kg de leche diarios debe consumir 18,88 – 19,53 kg MS. Sin embargo, según el NRC (2001) una vaca que produzca aproximadamente 20 kg leche.d⁻¹, con 4% de grasa y 3,5% de proteína, tiene un requerimiento diario de consumo de materia seca de 16,0 kg. Se concluye que la dieta ofrecida satisface los requerimientos de materia seca.

4.5. Valor nutricional del pasto kikuyo

4.5.1. Contenido de materia seca (MS)

Se presentaron diferencias significativas ($p=0,0086$) entre el contenido de materia seca de la pastura y la época de muestreo (Cuadro 18). Durante la época seca, el

contenido de MS del pasto fue mayor que durante la época lluviosa. Sánchez *et al.* (1985) explican que esto ocurre debido a la mayor acumulación de agua en el suelo, como resultado de una mayor precipitación, lo cual promueve el crecimiento del pasto y una dilución de la MS. Sánchez y Soto (1996) sugieren que los bajos contenidos de MS durante la época lluviosa podrían ocasionar un descenso en el consumo de pasto provocados por el mismo efecto. En el período experimental aumentó en general la proporción de nutrimentos de la MS respecto al período de uniformización (Figura 18), sin embargo, no se presentaron diferencias significativas en el contenido de MS en los muestreos durante la época de uniformización y toda la época experimental ($p=0,2990$).

Cuadro 18. Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Ce) y digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS) del pasto kikuyo según la época del año en la etapa experimental.

Época	MS	PC	EE	Ce	DIVMS
Lluviosa	11,58	26,66	3,40	10,67	89,23
Seca	15,15	25,11	3,28	10,86	87,88
Promedio	13,36	25,89	3,34	10,77	88,55

($p=0,0086$)

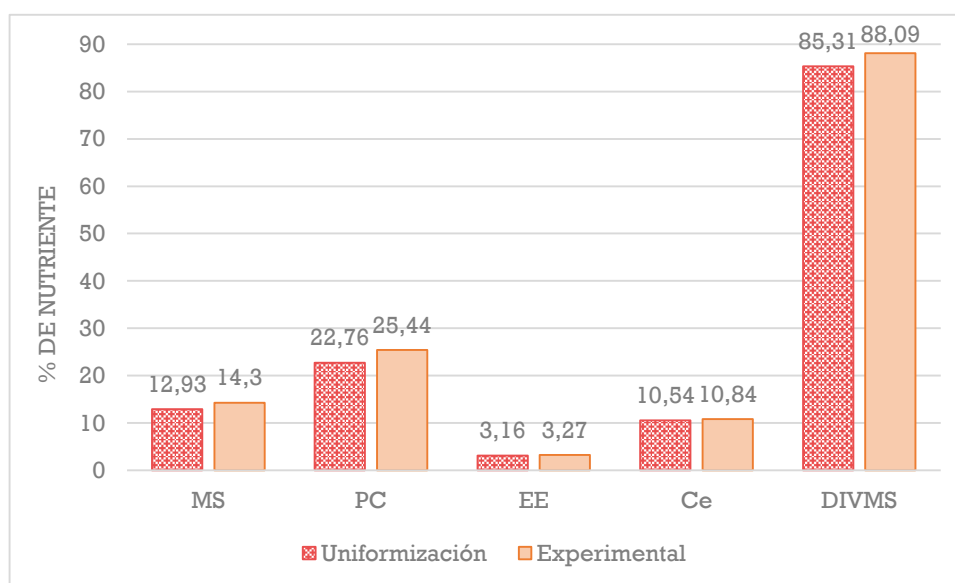


Figura 18. Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Ce) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) durante la etapa de uniformización y la etapa experimental.

Andrade (2006), encontró un contenido de MS de 17,16% y 24,77% para las épocas lluviosa y semi-seca, respectivamente. Sánchez y Soto (1996) reportan valores de 14,5% y 17,1% durante la época lluviosa y seca respectivamente. Castillo *et al.* (1983) reportan un contenido de MS de 10,8% para la época lluviosa mientras que Peters (2008) obtuvo un valor promedio de 14,81% de MS, por lo que los valores obtenidos en este estudio están dentro del rango esperado.

4.5.2. Contenido de proteína cruda (PC)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0056$) en el contenido de proteína cruda del pasto durante la etapa de uniformización y la etapa experimental (Figura 18). Una vez realizada la uniformización de los potreros, no se encontró diferencias significativas ($p=0,3280$) en el valor proteico del pasto durante la época lluviosa y la época seca (Cuadro 18). Esto podría explicarse debido a que se pastoreó el kikuyo cuando éste alcanzó un estado fenológico de 4 hojas verdes en promedio, sin importar la cantidad de días que fueron necesarios para llegar a dicho estado,

lo cual se relaciona con el objetivo de pastoreo con fenología y consumo en el momento óptimo.

Sánchez y Soto (1996) tampoco observaron diferencias significativas entre épocas climáticas, sin embargo Peters (2008) sí obtuvo diferencias significativas ($p=0,0321$) entre el contenido proteico y la época de muestreo. Ramírez *et al.* (2002) explican esta diferencia debido a la dilución de nutrientes que ocurre durante la época lluviosa; atribuido por dichos autores a la mayor cantidad de carbohidratos estructurales que genera una dilución del contenido celular incluyendo la proteína. Castillo *et al.* (1983) reportan un contenido de proteína del pasto kikuyo de 17,10%, mientras que Sánchez *et al.* (1985) obtuvieron un valor promedio de 13,53% y Peters (2008) reporta un contenido de 18,61%. Andrade (2006) obtuvo para la época seca un valor de 20,63% y durante la época lluviosa 22,80% de proteína cruda.

Sánchez *et al.* (1985) reportan que los valores más altos de proteína cruda (15,62%) obtenidos en su estudio corresponden a los meses con mayor pluviosidad, y los menores valores (12,75%) se presentaron en los meses más secos. Este comportamiento se debe a que la época lluviosa es un período de alta solubilidad del nitrógeno, misma que disminuye durante la época seca. Es decir, los valores más altos de PC se presentan cuando aumenta la solubilidad de nitrógeno, la cual está determinada por la precipitación pluvial y la actividad microbiológica del suelo (Sánchez *et al.* 1985).

En este estudio, el valor máximo y mínimo de proteína durante la época seca fueron: 22,70% y 28,30% respectivamente y durante la época lluviosa 25,63% y 28,20% respectivamente. Villalobos y Sánchez (2010), reportan valores mínimos y máximos de proteína cruda para el pasto ryegrass de 24,42% y 26,30% respectivamente. Se observa nuevamente, que la calidad del pasto kikuyo bajo este manejo de pastoreo se compara con la calidad de un pasto de clima templado, como el ryegrass, el cual se considera de muy alta calidad nutricional.

4.5.3. Contenido de extracto etéreo (EE)

El contenido de EE no varió de forma significativa, según la época de muestreo ($p=0,9400$) (Figura 14). Se obtuvo valores de 3,4% y 3,23% para las épocas lluviosa y seca, respectivamente. Peters (2008) reporta una variación altamente significativa en EE, encontrando valores mayores durante la época seca en comparación a la época lluviosa, siendo el promedio de 1,17%. Así mismo, se presentó en el estudio de Sánchez y Soto

(1996), obteniendo valores de 2,17% y 2,71% de EE para las épocas lluviosa y seca respectivamente.

Andrade (2006), reportó valores para la época lluviosa del 2004 de 3,41% y 2,62% para el año 2005; para la época semi-seca reporta un valor de 2,77%, e indica que sí hubo diferencias significativas entre la época del año.

A pesar de que en este estudio no se encontraron diferencias significativas entre el efecto de la época del año y el contenido de EE en la pastura, se observa que los valores son más altos que los que se han reportado para esta misma especie de pasto. Sánchez y Soto (1996) mencionan que del total del contenido de porcentaje de EE en una pastura, solamente el 40-60% está formado de ácidos grasos, los cuales son los compuestos de esta fracción que sí aportan energía al animal; por ende al contener un porcentaje mayor de EE, se obtiene una mayor cantidad de ácidos grasos que podrían ser aportados por el pasto.

4.5.4. Digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS)

La digestibilidad de un pasto indica la proporción en que se encuentran los nutrientes digestibles y la utilización respecto al total del alimento ingerido. Se considera que un forraje con una digestibilidad del 65%, posee un valor nutritivo bueno y con un potencial de adecuado consumo de energía (Peters 2008). Davidson *et al.* (1981) y Cowan y Lowe (1998) indican que la combinación de una rotación intensiva y la remoción de residuos después del pastoreo, puede aumentar la digestibilidad de las hojas en 4 unidades porcentuales debido a que se aumenta el porcentaje de las hojas y se reduce el nivel de fibra de las mismas.

En el presente estudio, se obtuvo valores de DIVMS mayores que en otros estudios, sin embargo, no se obtuvo diferencias significativas entre la etapa de uniformización y la etapa experimental ($p=0,5600$), ni entre la época lluviosa y la época seca ($p=0,3200$, Cuadro 18). Los valores de DIVMS no descendieron del 85% lo que indica que se produjo un pasto de muy alta digestibilidad. Además se observa que aunque en la época lluviosa se presentó un menor contenido de MS (Figura 18), se obtuvo una mayor DIVMS. En la época seca al aumentar el contenido de MS disminuyó la DIVMS, sin embargo, se mantuvo valores de digestibilidad por encima de 85%.

Andrade (2006) reporta valores de 63,60% y 69,75% en la DIVMS durante la época lluviosa y la época seca respectivamente. Peters (2008) obtuvo un valor promedio de 63,69%, Álvarez *et al.* (2008) estimaron valores de 72,3% y 74,7% durante el invierno y el verano respectivamente. Por su parte, Castillo *et al.* (1983) y Sánchez *et al.* (1985) obtuvieron valores de 77,38% y 75,37% respectivamente. Estos datos reportados son parte de diversos estudios que no utilizaron el método de edad fenológica como criterio de muestro para su respectivo análisis, motivo por el cual se explican las altas variaciones numéricas con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Sánchez (2007) indica que los forrajes tropicales poseen aproximadamente 15 unidades porcentuales menos, de digestibilidad respecto a los forrajes de clima templado, esto se debe a que poseen una mayor cantidad de pared celular y una cantidad menor de carbohidratos no fibrosos. Villalobos y Sánchez (2010) reportan para el pasto ryegrass un valor promedio de 77,95% de DIVMS y mencionan que las variaciones mostraron una relación inversa con respecto al contenido de la pared celular. En este estudio, se logró alcanzar una digestibilidad de la MS similar e inclusive mayor a los reportados para pastos producidos en zonas altas del trópico, lo cual se puede atribuir al manejo del pastoreo por medio de la edad fenológica.

4.5.5. Componentes de la pared celular

El Cuadro 19, resume el contenido encontrado en este estudio, sobre los diferentes componentes de la pared celular según la época del año en que se realizaron los muestreos. En la figura 19 se muestra el porcentaje de los componentes de la pared celular contenidos en la MS durante la etapa de uniformización y la etapa experimental.

Cuadro 19. Componentes de la pared celular, para el pasto kikuyo con un estado fenológico de 4 hojas verdes/rebrote según la época del año.

Época	FDN	FDA	Lignina	DIVFDN
Lluviosa	50,73	27,11	0,65	78,70
Seca	53,28	27,41	0,99	76,94
Promedio	52,00	27,26	0,82	77,82

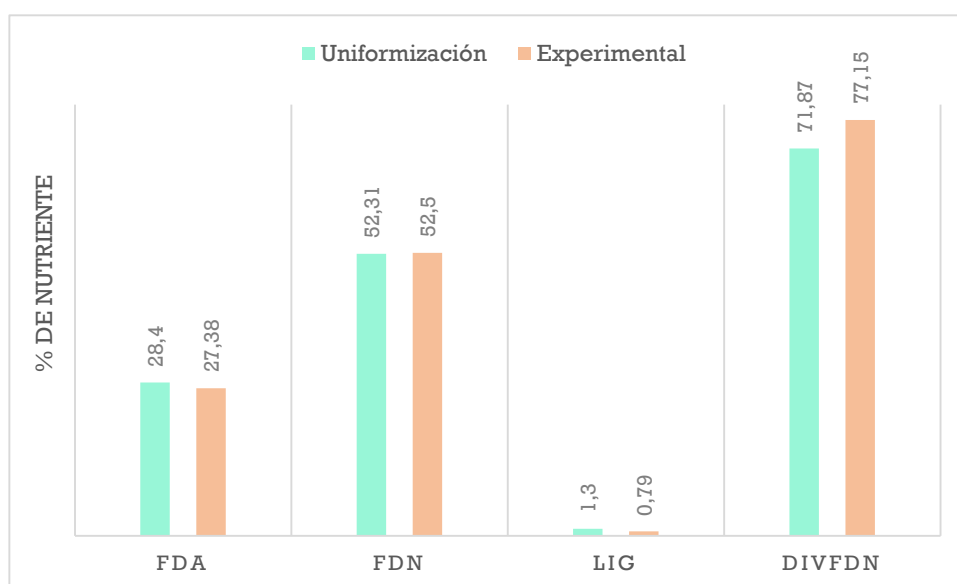


Figura 19. Contenido de FDA, FDN, Lignina y DIVFDN contenidos en la MS del pasto kikuyo durante la etapa de uniformización y la etapa experimental.

4.5.5.1. Contenido de fibra detergente neutro (FDN)

No se obtuvo diferencias significativas en el contenido de FDN entre la época seca y la época lluviosa ($p=0,8600$), ni entre la etapa de uniformización y la experimental ($p=0,1422$).

Correa *et al.* (2008a) reportan, un contenido promedio de FDN en el kikuyo igual a 58,1% reportando un valor mínimo y máximo de 51,7% y 66,9%, respectivamente. Marais (2001) reporta concentraciones entre 58,1 - 74,1%, Sánchez *et al.* (1985) obtuvieron un valor promedio de 69,95% y Sánchez y Soto (1998) reportan para la época seca 64,6% y para la época lluviosa 68,3%. Andrade (2006) obtuvo por su parte, durante la época lluviosa un valor de 57% y para la época seca un 59%. En este trabajo, las concentraciones de FDN obtenidas, estuvieron dentro de los valores anteriormente citados, sin embargo los valores promedio fueron menores que los reportados por otros investigadores.

Marais (2001) indica que el contenido de la FDN del pasto kikuyo es uno de los factores más limitantes para la producción de leche debido a su relación negativa con la digestibilidad de la MS y por ende con la energía disponible. Además, dietas altas en FDN reducen el consumo de MS lo que disminuye la producción de leche (Cruz y Sánchez 2000)

Peters (2008) menciona que este es un parámetro importante a tomar en cuenta debido a que al presentarse mayores concentraciones de FDN durante la época de menor aprovechamiento de pasto, el consumo de materia seca puede verse afectado. Sin embargo, los datos anteriores muestran, que durante la época seca se aprovecha menos pasto en los potreros debido a que aumenta la concentración de FDN, lo cual provoca una disminución en el consumo.

Debido a que los valores de FDN obtenidos en la presente investigación fueron menores a los reportados en los estudios citados, se espera que el contenido de FDN de la ración total también va a disminuir. Cruz y Sánchez (2000) indican que una ración con un nivel por debajo de 26–28% FDN para el ganado lechero de alta producción puede causar problemas metabólicos. Los valores de FDN que los autores recomiendan para vacas de alta producción y vacas secas deben oscilar entre 25-35% respectivamente. A su vez, el 75% de ese valor de FDN de la ración total debe provenir del forraje, incluso podría reducirse a niveles de 60 – 65% cuando la dieta posee aproximadamente un 30% de FDN de ración total.

Se estimaron estos indicadores por medio del modelo NRC (2001) (Cuadro 20) y los valores se encuentran dentro de los recomendados por los autores. Se observa que durante el período que se brindó silo, el promedio total de %FDN disminuyó respecto al promedio de las semanas que no se dio silo. Esta variación se puede explicar debido a que si bien es cierto que el silo tiene un mayor %FDN que el pasto, el consumo total de MS disminuyó durante ese período.

Cuadro 20. Resumen por período y por época del %FDN de la ración total (%FDN total) y el %FDN de esa ración total proveniente del forraje (%FDN forraje).

Etapa	Período	%FDN total	%FDN forraje
Uniformización	-	38,5	76,4
	Lluvioso ¹	36,8	73,9
Experimental	Lluvioso sin silo	39,1	79,3
	Seco ¹	39,0	76,9
	Seco sin silo ¹	40,6	80,1

¹Incluye valores de las semanas que se agregó silo a la dieta

4.5.5.2. Contenido de fibra detergente ácido (FDA)

En este estudio, no se presentaron diferencias significativas en el contenido de FDA y su relación con la época seca y lluviosa ($p=0,622$), así como tampoco en el contenido de esta fracción y la relación entre la etapa de uniformización y la experimental ($p=0,1606$). En promedio, se obtuvo un valor de $27,26\% \pm 1,63$ (Cuadro 18).

Peters (2008) obtuvo un valor promedio de 32,14% para la FDA, por su parte Andrade (2006) reporta un valor de 31% durante la época seca y 29% y 27% para las épocas lluviosas del primer y segundo año en estudio respectivamente. Sánchez y Soto (1998) encontraron valores de 34,3% y 34,4% para la época seca y lluviosa respectivamente. Los valores encontrados en este estudio fueron en promedio menores a los reportados por estos autores.

Pirela (2005) menciona que las altas temperaturas favorecen la acumulación de FDA debido a que los pastos acumulan contenido de pared celular como mecanismo para reducir los efectos del estrés. Dietas altas en FDA disminuyen la producción de leche debido a la correlación negativa que presenta esta fracción con la digestibilidad de la MS y por ende con el aporte energético (Cruz y Sánchez 2000). Por lo tanto, es deseable un contenido de la pared celular que no limite la producción láctea, objetivo que se cumplió con el pastoreo por medio de fenología, al comparar los datos obtenidos contra los reportados por los diversos autores previamente citados.

En la Figura 20, se observa la relación inversa entre la FDA y la DIVMS. Durante los meses de mayor precipitación disminuyó el contenido de FDA y aumentó la DIVMS, teniendo el mes de diciembre valores mayores de FDA con lo que disminuyó la DIVMS.

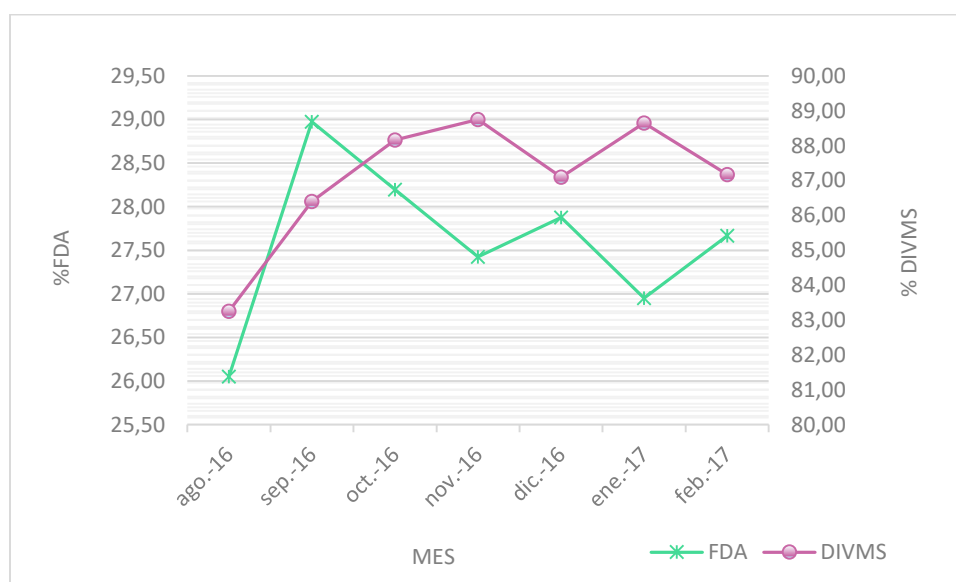


Figura 20. Relación entre el contenido de FDA (%) y la DIVMS durante el período de estudio.

4.5.5.3. Contenido de lignina

En el presente estudio no se presentaron diferencias significativas en el contenido de lignina entre las etapas de uniformización y experimental ($p=0,0600$) (Figura 19), a pesar del porcentaje de material senescente presente en los potreros. Tampoco hubo diferencias entre las épocas lluviosa y seca ($p=0,143$) (Cuadro 19).

A pesar de que el cambio no fue significativo, se observa que disminuyó numéricamente el contenido de lignina posterior al proceso de uniformización. Marais (2001) obtuvo en su estudio un contenido de lignina de 2,9-6,0%; Correa *et al.* (2008a) reportan valores entre 4,5-7,0%; Apraez y Moncayo (2000) reportan porcentajes de 5,77-8,80% y Kamstra *et al.* (1966) obtuvieron valores de 3,4-5,9%.

Correa *et al.* (2008a) mencionan que la lignina es el factor más limitante en la digestibilidad de los forrajes. Kamstra (1996) afirma que el contenido de lignina se incrementa con la edad de rebrote; sin embargo, tanto Caro y Correa (2006) como Soto *et al.* (2005) indican que el contenido de lignina no se modifica significativamente. No obstante, Correa *et al.* (2008a) exponen que cuando se presenta una alta relación hoja: tallo, el contenido de lignina no se modifica sustancialmente con la edad, por lo que a medida que se incrementa la fertilización nitrogenada se reduce la concentración de lignina en el kikuyo. Lo anterior puede explicar, los bajos niveles de lignina obtenidos en este estudio, debido a que al cosechar el forraje cuando alcanzaba su momento óptimo, no se permitía que continuara su crecimiento ocasionando una elongación de los tallos, disminuyendo así la relación hoja: tallo.

4.5.6. Digestibilidad *in vitro* de la FDN (DIVFDN)

Los valores promedio para la digestibilidad de la FDN se mantuvieron por encima del 70%, mostrando un valor mínimo de 55% correspondiente a la etapa de uniformización (Figura 19). Durante la etapa experimental los valores mínimo y máximo de la digestibilidad de la FDN fueron de 69,3% y 89,6% respectivamente (Cuadro 18). Estadísticamente, no se presentaron diferencias significativas ($p=0,3145$) entre la época lluviosa y la época seca, así como tampoco entre la etapa de uniformización y la etapa experimental ($p=0,689$), sin embargo se encontró un rango amplio en dichos valores.

Al igual que en el estudio realizado por Peters (2008), hubo una tendencia a aumentar el contenido de DIVFDN durante la época en la que disminuyó el porcentaje de lignina en el pasto, con la salvedad de que en el presente trabajo sucedió durante la época seca, opuesto a lo reportado por dicha autora. La misma obtuvo valores entre 34,56% y 42,84%, mientras que Mertens (2002) reporta un valor medio de FDN de 63% y una DIVFDN de 39,1%. Álvarez *et al.* (2008) obtuvieron un valor de 66,4% y 68,8% para la DIVFDN del kikuyo en verano e invierno, respectivamente y un valor de 75,2% para el ryegrass. Campos *et al.* (2015), reportan en su estudio que a medida que aumenta la

cantidad de número de hojas por rebrote, se incrementa el contenido de FDN y disminuye el porcentaje de DIVFND. Para un estado de 4,5 hojas verdes, se obtuvo 54,5% FDN y 63,68% DIVFND a 29 días de rebrote, mientras que para un estado fenológico de 3,5 hojas verdes obtuvo valores de FDN y DIVFND de 53,8% y 68,75% respectivamente, con 25 días de rebrote.

Peters (2008) indica que pastos con un contenido de digestibilidad de la FDN menor a 35% son considerados de pobre o baja calidad de FDN, valores entre 35 y 45% se consideran buena calidad de FDN y superior a 45% se considera excelente. Comparando los datos reportados por los investigadores, se observa que la digestibilidad del pasto obtenida en este estudio presenta valores muy altos, y se considera una fibra de alta calidad.

En la Figura 17, se logra observar la relación entre el contenido de lignina y la DIVFND del pasto, esta última aumentó conforme disminuyó la lignina esto con excepción del último mes de estudio.

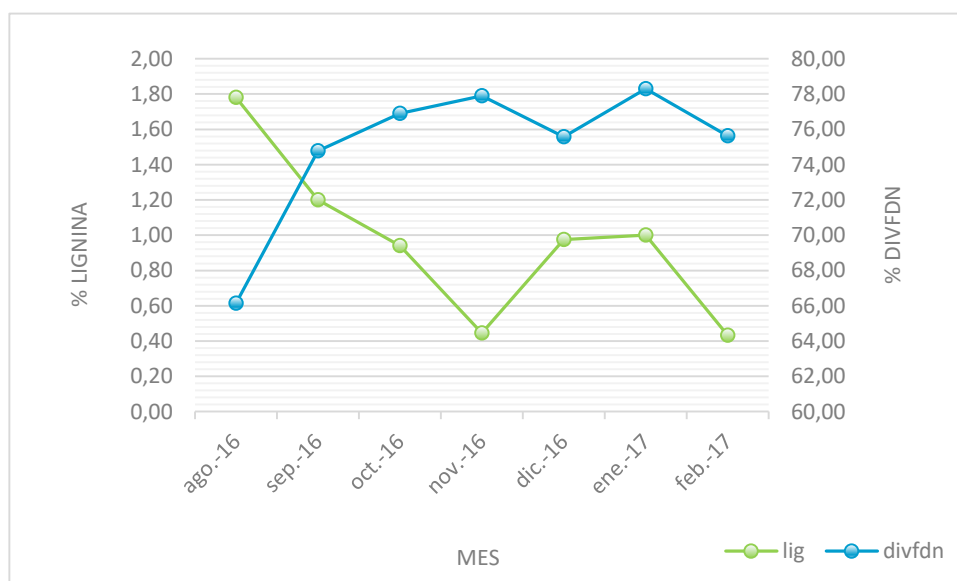


Figura 21. Relación entre el porcentaje de lignina en la pastura y la DIVFND.

Campos *et al.* (2015) demostraron que la edad de cosecha influye sobre el aprovechamiento de la pared celular. En el presente estudio, el contenido energético del forraje fue afectado, lo cual puede tener un efecto directo sobre la producción de leche.

Esto coincide con Hoffman *et al.* (2006), quienes indican que la importancia de la consideración de la DIVFDN radica en que esté utilizado en la estimación de la energía, debido a que al aumentar en el valor de DIVFDN también aumenta el TND, lo cual aumenta a su vez en contenido de energía y por ende, el potencial de producción de leche.

4.5.7. Contenido energético de la pastura

El contenido energético de las muestras de pasto kikuyo se estimó utilizando dos metodologías, las fórmulas del NRC (2001) y el software del NRC (2001). En el cuadro 21 se muestra los resultados obtenidos de la estimación realizada por medio de ambas metodologías según la etapa de la investigación y la época de muestreo.

4.5.7.1. Total de nutrimentos digestibles (TND)

El TND resultó ser numéricamente mayor cuando se estimó utilizando el software en comparación a los resultados al aplicar las fórmulas. Esto se puede explicar debido a que estas últimas, no consideran la digestibilidad de la FDN en el cálculo a diferencia del programa de cómputo.

En el presente estudio, al obtener altos valores de la digestibilidad de los componentes de la pared celular, resulta necesario estimar el impacto de esta variación sobre el valor energético de la pastura. La producción de leche a base de pasturas, se ve limitada por la energía, motivo por el cual resulta imprescindible estimar el contenido energético del forraje disponible para consumo animal con el propósito de realizar un adecuado balance nutricional de la dieta (Sánchez 2000, Cruz y Sánchez 2000, Peters 2008). Las características por las cuales, el pasto limita la producción de leche son el contenido bajo de carbohidratos no estructurales (CNE) fácilmente digestibles y la baja digestibilidad de los componentes de la pared celular (Marais 2001).

En promedio se obtuvo un mayor TND durante la etapa experimental en comparación con la etapa de uniformización, lo cual se puede explicar porque en esta última, los potreros contaban con mayor presencia de material senescente, lo cual disminuye la digestibilidad de la pastura (Cruz y Sánchez 2000, Peters 2008, Andrade 2006). Estos resultados coinciden con el estudio de Andrade (2006) quien obtuvo valores más altos de TND en los potreros desmenuzados sobre los no desmenuzados, en la época lluviosa (65,39% vs 64,82%) y la época semiseca (62,64% vs 62,22%).

Cuadro 21. Valor energético del pasto kikuyo a una etapa fenológica de 4,0 hojas verdes, según la etapa de investigación y la época del año.

Metodología	Etapa de uniformización			Etapa Experimental					
				Época lluviosa			Época seca		
	TND	EM	EN _L	TND	EM	EN _L	TND	EM	EN _L
	%	Mcal.kgMS ⁻¹		%	Mcal.kgMS ⁻¹		%	Mcal.kgMS ⁻¹	
Fórmulas del NRC ¹	66,80	2,68	1,69	68,10	2,78	1,76	66,70	2,70	1,71
Período total ⁴	70,02	2,60	1,64	74,07	2,79	1,77	72,09	2,69	1,70
Período con silo ²	-	-	-	74,08	2,86	1,83	72,09	2,74	1,74
Período sin silo ³	-	-	-	74,07	2,70	1,71	72,08	2,64	1,66
Promedio	68,41	2,64	1,67	72,58	2,78	1,77	70,74	2,69	1,70

¹Corresponde al valor estimado por medio de las fórmulas del NRC (2001)

^{2,3,4} Corresponde a los valores estimados por medio del programa de balance de raciones NRC 2001 ®.

² Corresponde al período durante el cual aumentó la cantidad de pasto remanente en los potreros.

³ Corresponde al período durante el cual no hubo exceso de pasto remanente en los potreros.

⁴ Corresponde al promedio de los valores totales de la época del año sin considerar las diferencias en consumo.

Utilizando las fórmulas del NRC se obtuvo una mayor producción de TND durante la época lluviosa respecto a la época seca (68,10% y 66,70%, respectivamente), lo cual fue consistente al utilizar el software (74,07% y 72,08%, respectivamente). Lo cual coincide con el período durante el cual se obtuvo mayor DIVFDN. Estos resultados concuerdan con los de Andrade (2006) quien reporta para el pasto kikuyo 64,35% y 62,64% para la época lluviosa y semiseca, respectivamente; y Villalobos (2006) quien obtuvo para el pasto ryegrass valores de 62,43% y 60,03% para las épocas lluviosa y semiseca, respectivamente.

Peters (2008) obtuvo valores mayores de TND durante la época seca que durante la lluviosa (58,25% y 55,67%, respectivamente); lo mismo que el estudio de Sánchez y Soto (1999) quienes reportan 57,8% y 56,1% para la época semiseca y lluviosa, respectivamente. Estos últimos llevaron a cabo su estudio en la zona norte del país, región que cuenta con un régimen de precipitación distinto al del presente estudio, por lo cual este comportamiento inverso se puede atribuir a las diferencias en las condiciones climatológicas que imperan en dichas zonas.

Los valores de TND obtenidos en este estudio son mayores a los reportados por los autores anteriormente citados. Los resultados reportados por Peters (2008) y Sánchez y Soto (1999) son valores obtenidos bajo un sistema de pastoreo de rotación a días fijos, y son los valores que se encuentran más distantes de los obtenidos en la presente investigación.

No obstante, los resultados que tienen valores cercanos a los obtenidos en este estudio, son los reportados por Andrade (2006), al mejorar el valor nutricional del kikuyo bajo la técnica de desmenuzado. Así como los de Villalobos (2006), quien estudió el pasto ryegrass, el cual se caracteriza por ser una especie de clima templado y de valor nutricional superior a las pasturas tropicales.

4.5.7.2. Contenido de energía en términos calóricos

Se puede observar en el Cuadro 21, que las dos metodologías utilizadas para la estimación de la Energía Metabolizable (EM) y la Energía Neta de Lactancia (EN_L) calcularon valores muy cercanos entre sí. Durante la etapa experimental, el pasto tuvo un mayor contenido de EM que durante la etapa de uniformización (2,74 y 2,64 Mcal EM.kgMS⁻¹, respectivamente). En la etapa experimental, el mayor contenido de EM del pasto kikuyo

se presentó durante la época lluviosa, (2,78 vs 2,69 Mcal.kgMS⁻¹ en la época seca). Estos datos coinciden con el período durante el cual el pasto presentó los valores más altos de TND y de digestibilidad.

Estos resultados demuestran ser superiores a los encontrados en otras investigaciones publicadas sobre el pasto kikuyo. Sánchez y Soto (1999) reportan un valor promedio para la EM de 2,13 Mcal.kgMS⁻¹, Andrade (2006) obtuvo un valor de 2,36 Mcal.kgMS⁻¹, Peters (2008) registró un valor promedio de 2,08 Mcal.kgMS⁻¹. En Sudáfrica, Dugmore (1998) reportó valores entre 2,1-2,2 Mcal.kgMS⁻¹; por su parte Gaitán y Pabón (2003) obtuvieron un valor promedio de 1,91 Mcal.kgMS⁻¹ en Colombia. Incluso, Villalobos (2006) reporta un valor promedio igual a 2,45 Mcal.kgMS⁻¹, valor que se encuentra por debajo del obtenido en el presente estudio.

El valor promedio estimado para la EN_L en la etapa de uniformización presentó una variación numérica con respecto al valor estimado para la etapa experimental, obteniendo 1,67 y 1,74 Mcal.kgMS⁻¹, respectivamente. Andrade (2006) no obtuvo una mayor variación en el contenido de EN_L, a pesar de haber aplicado la técnica de desmenuzado en los potreros, pues reporta en su estudio un valor de 1,48 y 1,47 Mcal.kgMS⁻¹ para los potreros en los que no se realizó el desmenuzado y a los que sí, respectivamente.

En promedio se obtuvo un contenido de 1,77 y 1,70 Mcal.kgMS⁻¹ para la época lluviosa y seca, respectivamente. Estos valores coinciden con el período durante el cual el pasto tuvo valores mayores de TND, DIVMS y DIVFDN. Andrade (2006) también reporta un mayor contenido de EN_L durante la época lluviosa que durante la semiseca (1,5 y 1,43, respectivamente).

En otras investigaciones se encontró que Peters (2008) reportó valores de 1,31 y 1,23 Mcal.kgMS⁻¹ para la época seca y lluviosa, respectivamente mientras Sánchez y Soto (1999) reportaron 1,29 y 1,32 Mcal.kgMS⁻¹ de EN_L para la época lluviosa y semiseca, respectivamente. Villalobos (2006) reportó para el ryegrass un contenido de 1,53 Mcal.kgMS⁻¹ y Salazar (2007) en su estudio del pasto estrella obtuvo un contenido promedio de 1,20 Mcal.kgMS⁻¹. Se puede observar en el presente estudio el contenido de EN_L fue superior al del pasto estrella, kikuyo y ryegrass, todos utilizados en sistemas de pastoreo en lecherías de nuestro país.

Por su parte, Soto *et al.* (2005) obtuvieron valores entre 1,11 y 1,15 Mcal.kgMS⁻¹ en un kikuyo de 30 días con y sin fertilización (50 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹), respectivamente y 0,97 y 1,04 en un kikuyo de 60 días con y sin fertilización (50 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹), respectivamente. Esto concuerda con lo expuesto por Weiss y Shockey (1994), quienes afirman que el valor nutricional de los forrajes disminuye conforme la planta va madurando, indicando que las concentraciones de la energía digestible, proteína y vitaminas son substancialmente menores en una planta madura que en plantas inmaduras.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Determinación del estado fenológico del pasto kikuyo

La uniformización de potreros es una práctica que debe llevarse a cabo antes de comenzar el establecimiento del sistema de pastoreo bajo el criterio de edad fenológica. La cantidad de material senescente, afectó inicialmente un adecuado conteo del número de hojas por el crecimiento del forraje que impide que las hojas más viejas capturen la cantidad de luz necesaria para realizar la fotosíntesis, en consecuencia se produce la senescencia.

Al presentarse una senescencia temprana, el pasto no logró alcanzar su estado fenológico de 4 hojas verdes por rebrote. A los 30 días de recuperación la pastura no produjo más de 3,5 hojas verdes por rebrote. La uniformización de los potreros se puede realizar de forma mecánica, por medio de machete, segadora o bien aumentando la intensidad de pastoreo, tal como se hizo en este estudio, sin embargo, la técnica a utilizar depende de la topografía de la finca.

Durante la época lluviosa el pasto kikuyo presentó una mayor tasa de crecimiento alcanzando su estado fenológico óptimo entre 20-25 días de recuperación, en promedio y durante la época seca entre 25-28 días. Estas diferencias obedecen a los cambios de temperatura y las precipitaciones propias de cada época. Por lo tanto, es recomendable cambiar el sistema de pastoreo bajo un número fijo de días de rotación por un sistema más flexible que tome en cuenta la completa recuperación del pasto, evitando que inicie la senescencia.

5.2. Disponibilidad de materia seca del pasto kikuyo

La disponibilidad de MS disminuyó en 26,7% en la época lluviosa y 28,6% en la época seca, luego de implementar el sistema de pastoreo bajo el concepto de edad fenológica. Esto resultó ser consecuencia de tres factores esenciales:

1. La eliminación del material senescente
2. El pastoreo se realizó a un menor número de días. 3-13 días menos de lo usado en la finca.
3. El bajo nivel de fertilización 100 kg N.ha^{-1} que se manejó durante el período de estudio, lo cual afecta negativamente la producción de biomasa.

El porcentaje de aprovechamiento promedio en las pasturas de kikuyo fue de 44%; valor mayor a lo reportado en la literatura para sistemas rotacionales de días fijos. El consumo promedio de materia seca fue de 8,48 kg MS.vaca⁻¹.día⁻¹, cantidades mayores a lo reportado por estudios realizados en el país con el pasto kikuyo.

El CMS como porcentaje del peso vivo del animal fue superior al valor utilizado convencionalmente (2,1-2,2 % vs 1,2%), por lo que se concluye que es necesario tomar en consideración el valor de digestibilidad de la fibra proveniente del forraje para realizar las estimaciones de CMS en los balances nutricionales de la dieta. A la vez, esto implica que el ganado sigue satisfaciendo sus requerimientos respecto al consumo forrajero y resulta innecesario esperar a que el pasto se vuelque en los potreros para permitir que el ganado ingrese a cosecharlo. El aprovechamiento y el consumo de pasto no tuvieron variaciones significativas entre épocas ni tampoco entre la etapa de uniformización y la etapa experimental.

Brindar un período de descanso a los potreros es necesario debido a que éstos deben recuperar: las reservas energéticas que utilizan para iniciar su crecimiento, y producir suficiente biomasa para satisfacer los requerimientos nutricionales del ganado. Sin embargo, si se alarga el período necesario para la adecuada recuperación de cada pastura, disminuye su calidad nutricional lo cual afecta negativamente la producción láctea debido a que disminuye el consumo de forraje y la digestibilidad del material ofrecido.

El suministro de ensilaje de pasto kikuyo durante siete semanas del estudio, provocó disminuciones en el porcentaje de aprovechamiento (12-17%) y consumo de materia seca (0,6-1,7 kgMS.ha⁻¹.vaca⁻¹.día⁻¹) ensilaje de pasto kikuyo, el cual tenía una calidad nutricional menor al pasto.

5.3. Valor nutricional

El contenido de materia seca se vio influenciado por la época de muestreo, presentando valores mayores durante la época seca (15,15%) con respecto a la época lluviosa (11,58%) debido a la cantidad de agua acumulada en el suelo y su efecto de dilución de la MS.

El contenido de proteína cruda tuvo diferencias significativas entre la etapa de uniformización y la etapa experimental, debido al bajo contenido proteico que aporta la

fracción senescente a la pastura. El contenido proteico encontrado en este fue similar al de especies como el ryegrass que se caracteriza por tener una alta calidad

El contenido de EE no tuvo variaciones significativas, en promedio se obtuvo un contenido de 3,28%. El contenido de las cenizas en el pasto, tampoco presentó variaciones, se reportó en promedio un valor de 10,69%.

Las fracciones de FDA y FDN no presentaron variaciones significativas en este estudio, teniendo valores menores en la época lluviosa por efecto de dilución de la MS, sin embargo sus valores fueron menores a los encontrados en sistemas de rotación de días fijos. Debido a que la FDN afecta el consumo de MS debido a su baja – media digestibilidad y llenado ruminal de la vaca, sería importante conocer el efecto en el nivel de consumo de MS que tendría el aporte de una fibra de tan alta digestibilidad como el del presente estudio.

El contenido de lignina en este estudio fue mucho menor a los reportados en sistemas rotacionales de días fijos, asimismo la uniformización permitió que el pasto tuviese valores aún menores por la remoción del material senescente. En promedio, en la etapa experimental el contenido de lignina fue de 0,82% y durante la etapa de uniformización fue de 1,30%. Los valores más bajos de lignina se presentaron durante la época lluviosa 0,0-0,1%

El valor promedio de DIVMS fue de 87,47% y los valores más altos se presentaron durante la época lluviosa (93,3%), en esta época se obtuvo los valores menores de FDN, FDA y lignina, los cuales incidieron directamente sobre la digestibilidad de la materia seca. La DIVFDN se mantuvo por encima del 70%. Los valores de DIVFDN encontrados en este estudio fueron superiores a los encontrados en otras investigaciones (34,56-42,84% Peters (2008), 39,1% Campos *et al.* (2013) y 63% Mertens (2002) con pasto kikuyo bajo rotaciones de días fijos.

Las diferentes fracciones de energía del pasto kikuyo (TND, EM y EN_L) fueron numéricamente superiores en la etapa experimental como resultado de la remoción del material senescente y los días menores de pastoreo; lo cual resalta la importancia de realizar un adecuado manejo de las pasturas, con el fin de aprovechar al máximo su potencial productivo. Asimismo, estos valores fueron numéricamente superiores a los reportados por diversos autores, por lo que la presente investigación hace un aporte de información valiosa para ser analizada en posteriores estudios.

El kikuyo pastoreado a 4 hojas verdes.rebrote⁻¹ se considera un valor nutricional muy alto debido al contenido de nutrimentos, digestibilidad (de la MS y la FDN) y contenido energético que posee. Al haber menos variaciones significativas en el contenido nutricional del pasto, se considera que el pastoreo bajo fenología permite disminuir la variabilidad normal encontrada en sistemas rotacionales de días fijos.

6. LITERATURA CITADA

- Andrade M. 2006. Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov) en la producción de ganado lechero de Costa Rica. Tesis Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 226 p.
- Álvarez E., Rodríguez J., Rodríguez R., Carrillo G., Avery R., Plascencia A., Montaña M., González V., Espinoza S., Aguilar U. 2008. Valor alimenticio comparativo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, var. Whittet) en dos estaciones de crecimiento con ryegrass (*Lolium multiflorum*) y sudán (*Sorghum sudanense*) ofrecido a novillos Holstein. *Interciencia*. 33(2):135-139.
- Association of official agricultural chemists. 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Washington, D.C. 1008p.
- Association of oficial agricultural chemists. 2000. Official methods of analysis 16 ed. Washington, D.C.
- Araya M. 2015. Comunicación personal. Programa de Transferencia Tecnológica (PTT) Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Costa Rica.
- Arguedas S. 2014. Práctica dirigida en la finca de ganado lechero de la Asociación Roblealto Pro-Bienestar del Niño. San Jospe de la Montaña, Barva de Heredia. Práctica dirigida Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 125 p.
- Bernal J. 1991. Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. 2 ed. Banco Ganadero. Colombia.
- Bernal J., Espinosa J. 2003. Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Quito, Ecuador. 94 p.
- Boschini C., Pineda L. 2016. Ensilaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* o *Kikuyuocloa clandestina*) Fermentado con tres aditivos. *Agronomía Mesoamericana*. 27(1):49-60.
- Cabalceta G. 2012. Comunicación personal. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

- Cano J. 1994. ¿Qué es y para qué sirve la fenología? Revista Tiempo y Clima de la Asociación Meteorológica Española. 4(15):18-19.
- Caro F., Correa H. 2006. Digestibilidad post-ruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macrominerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechados a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. 18(10). 13p.
- Castillo E., Coward J., Sánchez J., Jiménez C., López C. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre productividad, composición química y digestibilidad *in vitro* del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. Agronomía costarricense 7(1): 9-15.
- Correa H. 2006. Cinética de la liberación ruminal de macrominerales en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. 18(2).13 p.
- Correa H., Carulla J., Pabón M. 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): II. Contenido de energía, consumo, producción y eficiencia nutricional. Livestock Research for Rural Development. 20(4). Artículo #59.
- Correa H., Pabón M., Carulla F. 2008a. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoeschst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I-Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Livestock for Rural Development 20(4)
- Correa H., Carulla J., Pabón M. 2008b. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoeschst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión). Livestock Research for Rural Development. 20(4)
- Cowan R., Lowe K. 1998. Tropical and subtropical grass management and quality. En: grass for dairy cattle. ©CAB International Pp 101-135.
- Cruz M., Sánchez J. 2000. La fibra en la alimentación del ganado lechero. Nutrición Animal Tropical. 6(1): 39-74.

- Davidson T., Cowan R., O'Rourke P. 1981. Management practices for tropical grasses and their effects on pasture and milk production. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 21:196-202.
- De Cara, J. 2006. Notas para la historia de la fenología: La aportación del INM. *Revista Tiempo y Clima de la Asociación Meteorológica Española*. 5(14):15-19.
- Díaz G. 2010. Plantas tóxicas de importancia en salud y producción animal en Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 244p.
- Donaghy D., Fulkerson B. 2001. Principles for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures. Tasmanian Institute of Agricultural Research, Burnie, Tasmania. 10p.
- Dugmore T. 1998. Energy and mineral content of kikuyu. Proceedings of a Kikuyu Technology Day, KwaZulu-Natal Department of Agriculture. Directorate of Technology Development and Training. 16 – 18.
- Espinosa J., Molina E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. International Plant Nutrition Institute. 42p.
- INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censo. 2015. VI Censo Nacional Agropecuario. Resultados generales. Consultado el 28-04-2016. Disponible en: <http://www.inec.go.cr/A/MS/Censos/Censo%20Agropecuario/Publicaciones/02.%200VI%20Censo%20Nacional%20Agropecuario,%20Resultados%20Generales.pdf>
- Fukumoto G., Lee C. 2003. Kikuyu grass for forage. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawai at Manoa.
- Fulkerson W. 2007. Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). Nota técnica, Future Dairy. 1-7
- Fulkerson W., Donaghy B. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence- key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41:261-275
- Fulkerson W., Griffiths N., Sinclair K., Beale P., 2010. Milk production from kikuyu grass based pastures. Primefact 1068. 13 p.

- Fulkerson W., Namdra K., Clark C., Barchia I. 2006 Effect of cereal-based concentrates on productivity of Holstein-Friesian cows grazing short-rotation ryegrass (*Lolium multiflorum*) or kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures. *Livestock Science*. Volume 103 (1-2):85-94
- Fulkerson W., Slack K., Havilah E. 1999. The effect of defoliation interval on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). *Tropical Grasslands*. 33:138-145.
- Fulkerson W., Slack K., Hennessy D., Hough G. 1998. Nutrients in ryegrass (*Lolium spp.*), white clover (*Trifolium repens*) and kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures in relation to season and stage of regrowth in a subtropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38: 227-240.
- Gaitán S., Pabón J. 2003. Aplicación del modelo NRC 2001 en la caracterización energética y proteica de los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoechst), ryegrass (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*) en un hato lechero del oriente antioqueño. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 55p.
- Giraldo D. 2014. Riqueza y distribución altitudinal de gramíneas C₃ y C₄ en la Guayana Venezolana. *Revista Ciencia en Desarrollo*. 5(1): 77-84.
- González J., Chueca A. 2010. C₄ y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Fundación Ramón Areces. Madrid, España. 200 p.
- González R., Coward J. 1977. Efecto del intervalo de corte y la fertilización nitrogenada en el contenido de ácido oxálico del pasto San Juan (*Setaria sphacelata*) en dos zonas de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 1 (1): 17-21.
- Guaña L. 2014. Producción del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst) con dos alturas de corte, cinco niveles de fertilización nitrogenada y en mezcla con trébol blanco (*Trifolium repens* L). Tesis Lic. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 92 p.
- Guzmán M. 2015. Aprovechamiento intensivo de forrajes en altura: el caso de la Sabana de Bogotá, Colombia. Memoria del XXI Congreso Nacional Lechero. Cámara Nacional de Productores de Leche. San José, Costa Rica.

- Herrero J., Cristóbal J., Crespo M. 1995. *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. (Poaceae), an african grass in Europe. Israel Journal of plant sciences. 43: 159-162
- Herrero M., Fawcett R., Silveira V., Busqué J., Bernués A., Dent J. 2000a. Modelling the growth and utilisation of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 1. Model definition and parameterization. Agricultural Systems 65(2000): 73-97.
- Herrero M., Fawcett R., Dent J. 2000b. Modelling and utilization of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 2. Model validation and analysis of management practices. Agricultural Systems 65(2000): 99-111.
- Hoffman P., Combs D., Undersander D. 2006. Using neutral detergent fiber digestibility in dairy ration formulation. Forage Focus – Dairy. University of Wisconsin. 4 p.
- Holdridge L. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center. 206 p.
- Holliday J. 2007. Management of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) for improved dairy production. Tesis M. Sc. Universidad de Kwazulu-Natal, Pietermaritzburg.
- Jiménez C. 2003. Uso de las plantas forrajeras bajo corte. Características, diseño y planificación de sistemas de corte de plantas forrajeras. En: Producción y utilización de forrajes. Volumen 2. Documento digital. Curso AZ-4205. Manejo y utilización de pastizales. 82 p.
- Kamstra L., Stanley R., Ishizaki S. 1966. Seasonal and growth period changes of some nutritive components of kikuyu grass. Journal of Range Management. 19(5):288-291.
- Lobo M., Díaz O. 2001. Agrostología. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 176 p.
- Manson A., Miles N., Roberts V., Katusic V. 2000. Nitrogen requirements of pastures. Technical Publications. Soil Fertility. Consultado el: 26/12/2017 Disponible en: http://agriculture.kzntl.gov.za/scientific_publications/course_notes/nitrogen_pastures.asp
- Marais J. 2001. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*)-a review. Tropical Grasslands. 35: 65-84.

- Meléndez G., Molina E. 2003. Fertilizantes: Características y manejo. Dentro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 132p.
- Mertens D. 1985. Factors influencing feed intake in lactating cows: from theory to application using neutral detergent fiber. Proceedings of Georgia Nutrition Conference: 1-18.
- Mertens D. 2002. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. US Dairy Forage Research Center. USDA-ARS, Madison, Wisconsin. 27p.
- Molina E. 2008a. Fertilizantes: Conceptos básicos y definiciones en Fertilizantes: Características y Manejo. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 20 – 29.
- Molina E. 2008b. Características y manejo de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio en Fertilizantes: Características y Manejo. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 30 – 57.
- Molina E., Henríquez C. 2008a. Características y manejo de fertilizantes que contienen Calcio, Magnesio y Azufre en Fertilizantes: Características y Manejo. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 58 – 68.
- Molina E., Henríquez C. 2008b. Características y manejo de fertilizantes que contienen micronutrientes en Fertilizantes: Características y Manejo. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 69 – 78.
- Morales J. 2014. Rol de los forrajes y los suplementos en la producción de leche bajo pastoreo. Revista Alcances tecnológicos. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria 10(1):45-54.
- Muscolo A., Panuccio M., Eshel A. 2013. Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum*: a valuable salt tolerant grass. Environmental and Experimental Botany. 92: 55-63.
- Nisperuza E., Osorio J. 1985. Fertilización de pastos. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). División agropecuaria. Bogotá, Colombia. 41 p.
- NRC. National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. National Academy Press. 381 p.

- Pérez L., Melgarejo L., Flórez L., Cruz, M, Hernández M, Hoyos L., Guerrero E., Potosí C., Valeryevich S., Velásquez J., Nates M., Ospina T., Amaya M., Ángel C., Medina J. 2012. Ecofisiología del cultivo de la galupa (*Passiflora edulis Sims*) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 170p.
- Peters K. 2008. Valor nutricional y disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina* Hochst. ex Chiov.) en sistemas de pastoreo basados en la edad fenológica de la planta. Tesis Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 108 p.
- Pirela M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. En: Manual de ganadería doble propósito. González-Stagnaro, C., Soto-Belloso E. Ediciones Astro data, S.A. Maracaibo, Venezuela VIII (1): 176-182 p.
- Pomareda C. 2016. Situación y perspectivas para el sector lácteo costarricense. Memoria del XXII Congreso Nacional Lechero. Cámara de Productores de Leche. San José, Costa Rica.
- Ramírez J., Leonard I., Kijora C., López B. 2002. Efecto de la edad de rebrote y la época, en el comportamiento de la proteína bruta y la fibra, en el pasto *Brachiaria decumbens*. Medicina Veterinaria. 20(1):1-4
- Ramírez O., Ramírez L., López G. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. Ciencia UANL. 5(2): 180-189.
- Retana J. 2017. Comunicación personal. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.
- Reeves M. 1994. Kikuyu: good summer pasture when correctly managed. Dairy Research and Development Corporation. ResearchNote 18. 13 -15.
- Reeves M. 1997. Milk production from Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) grass pastures. Tesis Ph. D. Universidad de Sydney. Australia.
- Reeves M., Fulkerson W. 1996. Establishment of an optimal grazing time of Kikuyu pastures for dairy cows. Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference, Towomba, Regional Institute. 5 p.
- Reeves M., Fulkerson W., Kellaway R. 1996. A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture. 36: 23-30.

- 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 (*Kikuyochloa clandestinum*), Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y Toledo (*Brachiaria brizantha* cv. Toledo). Tes. is Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 89 p.
- Rivera E. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de gramíneas en el municipio de Zapopan, Jalisco. Tesis Lic. Universidad de Guadalajara, México. 50p.
- Rojas A. 2016. Consideraciones técnicas en la escogencia del sistema de producción: pastoreo – semiestabulación – estabulación. Memoria del XXII Congreso Nacional Lechero. Cámara Nacional de Productores de Leche. San José, Costa Rica.
- Salas R. 2003. Nutrición mineral de plantas y el uso de fertilizantes en Fertilizantes: Características y manejo. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 1 – 19.
- Salazar S. 2007. Disponibilidad y valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos. Tesis licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Cota Rica.
- Sánchez J. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Barquisimeto, Venezuela. P 14 – 30.
- Sánchez J., Soto H. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. Nutrición Animal Tropical. 3(1): 3-18.
- Sánchez J., Soto H. 1999. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. III. Energía para la producción de leche. Nutrición Animal Tropical. 5(1):31-49.
- Sánchez J., Coward J., Jiménez C., Sosa R., López C. 1985. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época seca sobre producción y valor nutritivo del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. Agronomía Costarricense 9 (2): 219-227.

- Sánchez W., Hidalgo C. 2009. Experiencias con forraje de altura en la zona alta lechera de la microcuenca Plantón – Pacayas. Boletín Técnico No 07. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria 8(1): 71 – 80.
- Sánchez W., Hidalgo C., Mesén M. 2014. Adaptación de variedades de Ryegrass y kikuyo en la zona alta lechera de Cartago. Alcances tecnológicos. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 10(1): 13-20.
- Sánchez W., Mesén M. 2010. Establecimiento y manejo del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*). Alcances tecnológicos. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria 8(1): 71 – 80.
- SAS (SAS-Institute). 2011. The SAS system for Windows N° 9,3. SAS Institute, Cary, NC.
- Scheuch A. 2016. Modelo Best Fed, de rentabilidad en lechería. Memoria del XXII Congreso Nacional Lechero de Costa Rica. Cámara de Productores de Leche. San José, Costa Rica.
- Solano J., Villalobos R. 2001. Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climático de Costa Rica. Tópicos. Meteorológicos y Oceanográficos. 8(1):26-39
- Soto C., Valencia A., Galvis R., Correa H. 2005. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 18(1): 17-26.
- Taiz L., Zeiger E. 2002. Plant Physiology. 3 ed. Sinauer Associates. 690p.
- Van Soest P., Robertson J. 1979. Forage fiber analysis. Agronomy Handbook 379. USDA, Washington, D.C. sp.
- Van Soest P., Robertson J. 1985. Analysis of forages and fibrous feeds. Cornell University. Ithaca, New York 165 p.
- Van Soest P., Robertson J., Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3586-3597.

- Villalobos L. 2006. Disponibilidad y valor nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) en las zonas altas de Costa Rica. Tesis Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 127 p.
- Villalobos L., Sánchez J. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide. II Valor nutricional. *Agronomía costarricense*. 34(1):43-52.
- 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. Nota técnica. *Agronomía costarricense* 37(2): 91-103.
- Villalobos L., Cascante S., 2017. Pastoreo bajo el concepto de edad fenológica en pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) *Revista Ventana Lechera*. No.37: 22-28.
- Watt L. 1921. Kikuyu Grass. *Bolletine of Miscellaneous Information*. Royal Botanic Gardens, Kew. 1925(10): 403.
- Weiss W., Shockey W. 1974. Nutritional program and forage features. En *Intensive grazing/seasonal Dairying: The Mahoning County Dairy Program*. Ohio Agricultural Research and development center. Wooster, Ohio.
- Whitney A. 1974. Growth of Kikuyugrass (*Pennisetum clandestinum*) Under clipping. I. Effects of Nitrogen Fertilization, Cutting Interval, and Season on Yields and forage characteristics. *Associate Agronomist Hawaii Agricultural Experiment Station*. Kula. 281-287.
- Zartman D. 1987. *Intensive grazing/seasonal Dairying: The Mahoning County Dairy Program*. Ohio Agricultural Research and development center. Wooster, Ohio.

7. ANEXO I



Análisis de suelo: Químico completo
Laboratorio: CIA, UCR
N° de reporte: s-16-05847-----05858
Socio: Anthony Harrington Solorzano

Fecha: 2016 - 2017
Finca: Hacienda La Concordia
 Los Cartagos



Potrero/finca	CMOL(+)/Kg.					mg/L					
	pH	Ca	K	Mg.	Acidez	P	Cu	Fe	Mn.	Zn.	% sat Ac
La Guaria abajo	5,60	4,08	0,88	2,28	0,37	7,0	17,0	218,0	20,0	6,0	4,86
La Guaria Corta	5,80	6,21	0,51	1,89	0,29	22,00	9,0	224,0	22,0	12,7	3,26
La Guaria Arriba	5,90	3,57	0,37	0,82	0,43	5,0	7,0	155,0	10,0	8,2	8,29
Adecuado	5.5--6.5	4--20	0.2-1.5	1--10	<0.5	10--40	3--20	10--100	5--50	2--10	<10%

Potrero	RELACIONES CATIONICAS				Cmol(+)/l	
	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	Suma B	CICE
La Guaria abajo	1,79	4,64	2,59	7,23	7,24	7,61
La Guaria Corta	3,29	12,18	3,71	15,88	8,61	8,90
La Guaria Arriba	4,35	9,65	2,22	11,86	4,76	5,19
Adecuado	2--5	5--25	2.5--15	10--40	>5	>5

Figura A 1. Análisis de suelo de la finca La Guaria



**Programa de Asistencia Técnica
Cooperativa Dos Pinos R.L.
Hacienda La Concordia
Hoja de Campo
2016-2017**



Vuelta	Producto	sacos/ha	kg/ha
	Área por potrero	0	10000
Enero	complex	3,0	135,0
Febrero	ferticrop crecimiento	3,0	150,0
Marzo	complex	3,0	135,0
Abril	magnesamon	3,0	150,0
Mayo	complex	3,0	135,0
Junio	cal dolomita	15,0	750,0
Julio	complex	3,0	135,0
Agosto	magnesamon	3,0	150,0
Setiembre	ferticrop crecimiento	3,0	150,0
Octubre	magnesamon	3,0	150,0
Noviembre	complex	3,0	135,0
Diciembre	10-30-10	3,0	135,0

Figura A 2. Programa de fertilización de la Finca La Guaria.

Cuadro A 1. Datos obtenidos de los Botanales ® realizados durante la etapa de uniformización.

Semana	No. hojas	No. días	Área de aparto (m ²)	Disponibilidad kg MS.m ² ⁻¹	ton MS.ha ⁻¹	Aprovecha miento (%)	Cantidad de animales (u)	Consumo kgMS.vaca ⁻¹ .0,5d ⁻¹	m ² .animal ⁻¹ . d ⁻¹	Producción.0,5 d ⁻¹ kg leche total	kg/animal
1	3,6	26	3787	0,77	7,73	-	106	-	96,30	1324,70	12,50
2	2,4	25	3487	0,25	2,53	-	107	-	57,66	1371,00	12,81
3	3,2	25	5154	0,23	2,34	-	107	-	126,31	1238,10	11,57
4	3,6	26	3787	0,33	3,34	-	108	-	94,52	1257,60	11,64
5	4,0	25	4179	0,24	2,43	-	106	-	75,55	1259,80	11,88
6	4,0	25	3550	0,32	3,15	-	111	-	64,28	1212,51	10,92
7	3,7	26	3209	0,35	3,46	-	110	-	63,99	1205,63	10,96
8	4,1	25	4736	0,47	4,72	-	112	-	71,87	1295,35	11,57
Promedio	3,56	25	3986	0,37	3,71	-	108	-	81,31	1270,59	11,73

Cuadro A 2. Datos obtenidos de los Botanales ® realizados durante la época lluviosa de la etapa experimental.

Semana	No. hojas	No. días	Área de aparto (m ²)	Área efectiva (m ²)	Disponibilidad			Aprovechamiento (%)	Cantidad de animales (u)	Consumo kgMS.vaca ⁻¹ . 0,5d ⁻¹	m ² .animal ⁻¹ . día ⁻¹	Producción.0,5 d ⁻¹	
					kg MV.m ² ⁻¹	kg MS.m ² ⁻¹	ton MS.ha ⁻¹					kg leche total	kg.vaca ⁻¹
9	4,8	28	4179	4179	2,02	0,22	2,17	58%	109	4,8	77,17	1243,40	11,41
10	4,0	24	3787	3787	2,95	0,33	3,32	56%	111	6,3	63,05	1252,58	11,28
11	4,3	24	3884	3107	2,83	0,26	2,60	45%	107	3,4	65,69	1222,38	11,42
13	3,6	21	3787	3787	2,69	0,28	2,81	17%	106	1,7	107,86	1228,07	11,59
Promedio	4,2	24	3909	3715	2,62	0,27	2,72	44%	108	4,1	78,44	1236,61	11,43

Las semanas resaltadas con color corresponden al período durante el cual se agregó silo de kikuyo a la dieta.

Cuadro A 3. Datos obtenidos de los Botanales ® realizados durante la época seca de la etapa experimental.

Semana	No. hojas	No. días	Área de aparto (m ²)	Área efectiva (m ²)	Disponibilidad			Aprovechamiento (%)	Cantidad de animales (u)	Consumo kgMS.vaca ⁻¹ . 0,5d ⁻¹	m ² .animal ⁻¹ . día ⁻¹	Producción.0,5 d ⁻¹	
					kg MV.m ² ⁻¹	kg MS.m ² ⁻¹	ton MS.ha ⁻¹					kg leche total	kg.vaca ⁻¹
16	3,2	24	3038	2886	1,78	0,27	2,75	57%	111	4,1	64,13	1113,80	10,03
17	4,2	24	7659	7659	1,60	0,21	2,06	32%	114	4,5	95,35	1140,84	10,01
18	4,5	24	2969	2969	1,65	0,18	1,85	12%	113	0,6	69,95	1142,32	10,11
19	4,0	23	3519	3519	1,37	0,23	2,34	54%	115	3,8	60,87	1027,97	8,94
20	3,8	25	3915	3915	1,48	0,24	2,45	44%	109	3,8	68,81	1119,25	10,27
21	3,6	24	4942	4942	2,69	0,40	3,97	47%	111	8,3	88,98	1053,71	9,49
22	4,4	27	3313	3147	2,13	0,39	3,89	67%	103	8,0	63,09	1126,31	10,94
23	4,5	28	3519	3519	1,08	0,19	1,89	32%	97	2,2	72,16	1162,50	11,98
24	3,2	24	6085	6085	1,11	0,27	2,67	35%	91	6,3	121,10	1034,09	11,36
25	3,5	24	4736	4262	1,59	0,36	3,59	32%	91	5,4	109,00	1083,3	11,90
26	3,7	25	4179	4179	1,11	0,18	1,83	41%	87	3,6	91,40	1139,9	13,10
Promedio	3,9	25	4352	4280	1,60	0,27	2,66	41%	104	4,6	82,26	1104,00	10,74

Las semanas resaltadas con color corresponden al período durante el cual se agregó silo de kikuyo a la dieta.

Cuadro A 4. Composición botánica de los potreros durante la etapa de uniformización.

Semana	K	O	M	L	S
1	93,66	3,29	0,17	0,52	2,35
2	86,56	10,16	1,57	1,29	0,42
3	75,89	18,62	2,26	3,23	0,00
4	93,66	3,29	0,17	0,52	2,35
5	85,48	8,97	3,63	1,75	0,17
6	88,89	4,52	4,31	1,93	0,35
7	96,08	1,19	0,17	2,38	0,17
8	37,91	8,27	0,35	1,47	0,00
Promedio	82,27	7,29	1,58	1,64	0,73

K= Kikuyo O= Otras gramíneas M= Maleza
 L=Leguminosa S=Material Senescente

Cuadro A 5. Composición botánica de los potreros durante la época lluviosa de la etapa experimental.

Semana	K	O	M	L	S
9	83,47	8,88	3,53	4,12	0,00
10	92,89	2,77	0,52	1,04	2,77
11	91,09	2,70	1,61	4,60	0,00
13	97,44	1,02	0,00	0,94	0,60
Promedio	91,23	3,84	1,42	2,68	0,84

K= Kikuyo O= Otras gramíneas M= Maleza
 L=Leguminosa S=Material Senescente

Cuadro A 6. Composición botánica de los potreros durante la época seca de la etapa experimental.

Semana	K	O	M	L	S
16	98,71	0,17	0,00	0,94	0,00
17	96,22	1,44	0,00	0,17	2,16
18	92,37	1,93	0,94	4,41	0,35
19	91,57	2,56	1,57	4,31	0,00
20	88,89	1,89	2,87	6,35	0,00
21	93,01	2,52	0,35	1,19	2,93
22	92,30	2,42	1,91	3,37	0,00
23	86,93	8,63	0,87	2,87	0,70
24	86,90	5,37	2,35	2,04	3,35
25	73,91	4,14	1,47	7,04	1,44
26	74,31	12,77	3,43	7,75	1,74
Promedio	88,65	3,98	1,43	3,68	1,15

K= Kikuyo O= Otras gramíneas M= Maleza
 L=Leguminosa S=Material Senescente

Cuadro A 7. Composición nutricional de la pastura durante la etapa de uniformización.

Semana	# hojas	# días	PC	EE	Ce	Lig	FDN	FDA	DIVFDN	MS	DIVMS
1	3,60	26,00	25,40	3,30	9,60	2,30	49,10	25,50	77,30	13,70	88,90
2	2,40	25,00	22,42	3,39	9,35	1,26	49,80	26,60	55,00	14,40	77,60
3	3,20	25,00	17,90	3,00	11,50	1,50	52,20	31,10	74,10	11,30	86,50
4	3,60	26,00	22,60	2,50	10,90	2,20	56,60	29,30	68,20	11,80	82,00
5	4,00	25,00	23,90	3,20	10,80	1,00	54,60	29,00	76,80	12,80	87,30
6	4,00	25,00	25,80	3,50	11,20	0,10	51,30	26,50	80,00	13,30	89,80
7	3,70	26,00	22,00	3,30	10,50	1,30	52,60	28,90	71,70	13,20	85,10
8	4,10	25,00	22,06	3,11	10,45	0,76		30,29			
Promedio	3,58	25,38	22,76	3,16	10,54	1,30	52,31	28,40	71,87	12,93	85,31

Cuadro A 8. Composición nutricional de la pastura durante la época lluviosa de la etapa experimental.

Semana	# hojas	# días	PC	EE	Ce	Lig	FDN	FDA	DIVFDN	MS	DIVMS
9	4,80	28,00	27,00	3,10	8,90	0,70	48,00	26,80	81,00	12,10	90,90
10	4,00	24,00	25,80	3,30	11,10	1,00	52,30	26,80	78,00	11,10	88,50
11	4,30	24,00	25,63	3,61	10,67	0,69	47,60	27,45	76,00	11,10	88,60
13	3,60	21,00	28,20	3,60	12,00	0,20	55,00	27,40	79,80	12,00	88,90
Promedio	4,18	24,25	26,66	3,40	10,67	0,65	50,73	27,11	78,70	11,58	89,23

Cuadro A 9. Composición nutricional de la pastura durante la época seca de la etapa experimental.

Semana	# hojas	# días	PC	EE	Ce	Lig	FDN	FDA	DIVFDN	MS	DIVMS
16	3,20	24,00	24,30	3,10	10,80	1,80	54,90	26,90	72,40	13,10	84,80
17	4,20	24,00	28,30	3,60	11,50	0,10	51,10	27,00	77,40	12,10	88,40
18	4,50	24,00	26,90	3,70	11,60	0,60	52,90	30,60	77,40	10,50	88,00
19	4,00	23,00	25,20	3,20	10,60	1,40	51,40	27,00	75,10	13,50	87,20
20	3,80	25,00	23,50	3,20	10,70	0,70	51,90	26,80	74,60	17,70	86,80
21	3,60	24,00	22,70	2,90	11,00	1,10	50,80	29,00	69,30	15,10	84,40
22	4,40	27,00	23,60	3,30	10,80	0,50	49,00	27,80	79,70	16,20	90,10
23	4,50	28,00	26,40	3,20	9,90	1,70	64,20	24,20	89,60	23,00	93,30
24	3,20	24,00	24,10	3,30	10,60	0,60	53,40	27,30	75,30	14,80	86,80
25	3,50	24,00	24,60	3,20	11,30	0,00	52,90	27,30	77,80	15,50	88,30
26	3,70	25,00	25,30	2,80	11,20	0,70	52,10	28,40	73,80	16,70	86,40
Promedio	3,87	24,73	24,99	3,23	10,91	0,84	53,15	27,48	76,58	15,29	87,68

Cuadro A 10. Calidad de la leche producida durante el período del experimento.

Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
% Sólidos totales	12,74	12,79	12,78	12,79	12,87	12,96	13,03	12,92	12,77
% Grasa	3,86	3,93	3,95	3,98	3,97	4,04	4,16	4,02	3,88
% Proteína	3,47	3,47	3,51	3,50	3,55	3,57	3,48	3,47	3,47
% Lactosa + minerales	5,37	5,39	5,32	5,31	5,35	5,35	5,39	5,42	5,43

Durante los meses de noviembre y diciembre se agregó silo de kikuyo a la dieta.

Cuadro A 11. Calidad de la leche producida durante la etapa de uniformización.

Semana	Producción de Leche (kg.vaca ⁻¹ .d ⁻¹)	Sólidos Totales (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa + Minerales (%)
1	21,7	12,72	3,90	3,50	5,32
2	21,8	12,77	3,95	3,50	5,32
3	20,4	12,81	4,00	3,49	5,33
4	19,5	12,71	3,93	3,46	5,33
5	20,0	12,82	3,99	3,52	5,31
6	19,6	12,87	4,02	3,54	5,31
7	19,5	12,90	4,03	3,60	5,28
8	19,9	12,95	4,04	3,55	5,36
Promedio	20,3	12,82	3,98	3,52	5,32

Cuadro A 12. Calidad de la leche producida durante la época lluviosa de la etapa experimental.

Semana	Producción de Leche (kg.vaca ⁻¹ .d ⁻¹)	Sólidos Totales (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa + Minerales (%)
9	20,1	12,85	3,91	3,57	5,37
10	20,4	12,77	3,89	3,50	5,38
11 ¹	19,6	12,90	3,97	3,62	5,31
13 ¹	20,2	12,90	4,01	3,52	5,37
Promedio	20,0	12,86	3,95	3,55	5,36

¹Las semanas resaltadas con color corresponden al período durante el cual se añadió silo de kikuyo a la dieta.

Cuadro A 13. Calidad de la leche producida durante la época seca de la etapa experimental.

Semana	Producción de Leche (kg.vaca ⁻¹ .d ⁻¹)	Sólidos Totales (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa + Minerales (%)
16 ¹	20,1	13,00	4,15	3,50	5,35
17 ¹	20,0	12,96	4,10	3,47	5,39
18 ¹	20,2	13,19	4,26	3,56	5,37
19 ¹	17,9	12,94	4,09	3,38	5,47
20 ¹	17,6	12,81	4,01	3,41	5,40
21	17,2	13,12	4,20	3,53	5,39
22	21,9	12,92	3,98	3,49	5,45
23	20,2	12,88	3,95	3,48	5,45
24	19,3	12,78	3,88	3,48	5,42
25	20,6	12,69	3,81	3,46	5,42
26	21,6	12,81	3,91	3,46	5,44
Promedio	19,7	12,92	4,03	3,47	5,41

¹ Las semanas resaltadas con color corresponden al período durante el cual se añadió silo de kikuyo a la dieta.

VIII. ANEXO II



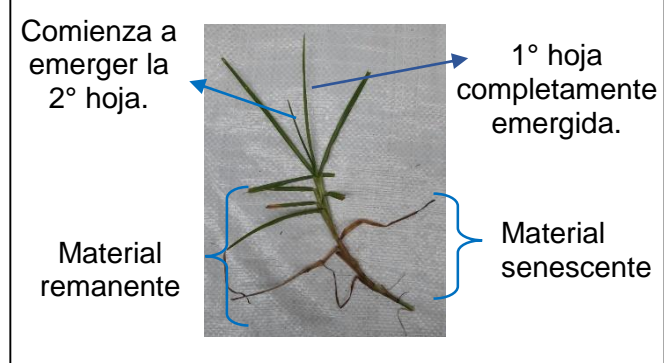
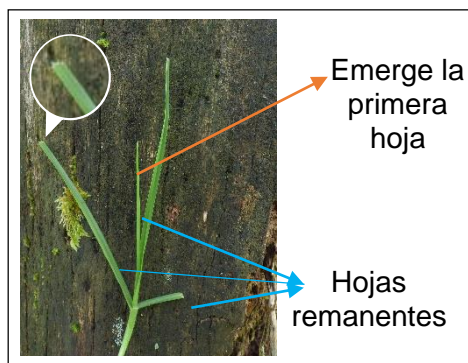
GUÍA PARA EL CORRECTO CONTEO DE NÚMERO DE HOJAS EN PASTO KIKUYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO FENOLÓGICO ÓPTIMO

Paso 1: Identificar el rebrote de kikuyo recién pastoreado

- Tallos de kikuyo con hojas parcialmente consumidas.
- Material remanente del pastoreo.
- Hojas de tamaño menor al 50% de la longitud de una hoja entera, **no** se consideran en el conteo de número de hojas.



Paso 2: Primera hoja en emerger después de la defoliación



- Identificar el material remanente del pastoreo anterior. (Se reconoce porque la hoja se observa cortada).
- A partir de allí buscar la hoja nueva que emergió.
- Se considera como “primera hoja” únicamente aquella que ha emergido en su totalidad después de la defoliación.

Paso 3: Segunda hoja en emerger después de la defoliación

- Es la hoja que emerge seguida de la primera hoja.
- No se contabiliza si la hoja no ha emergido completamente.



Paso 4: Tercera hoja en emerger después de la defoliación

- Es la hoja que emerge después de la segunda hoja.
- Cuando una hoja no ha emergido completamente, diversos autores no la consideran activa fotosintéticamente. Por este motivo no se contabiliza como una hoja nueva. Algunos la enumeran como media hoja.



Paso 5: Cuarta hoja en emerger después de la defoliación

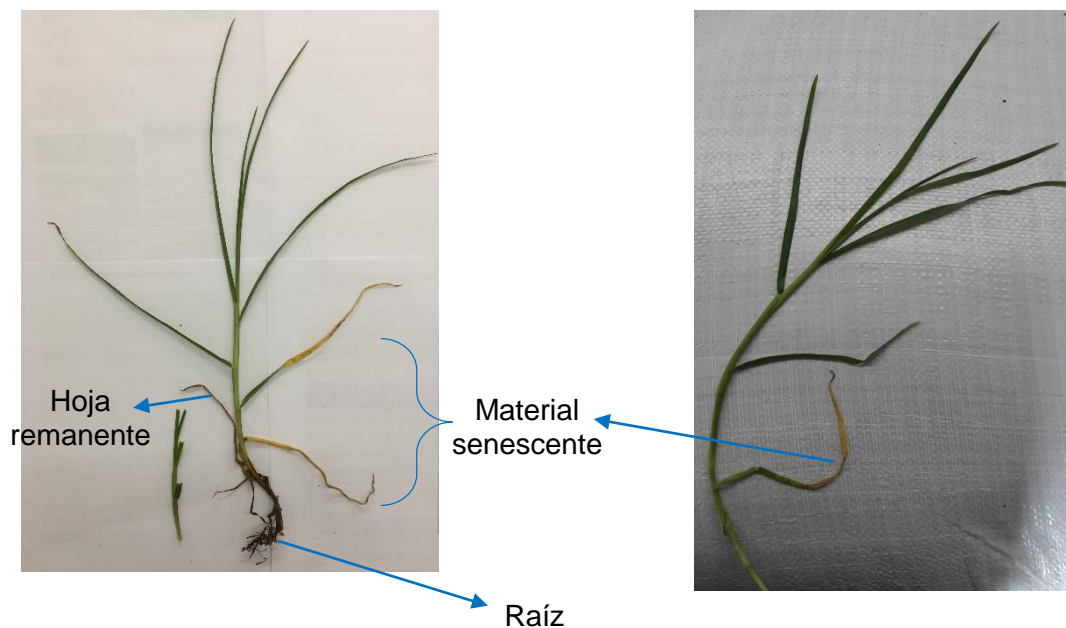


Paso 6: Rebrote de kikuyo con cinco hojas verdes

- Se considera que el kikuyo obtiene su alto valor nutricional cuando alcanza 4,5 – 5,5 hojas verdes por cada rebrote.
- Se debería de pastorear cuando la pastura alcance un estado fenológico de 5,0 hojas verdes por rebrote, en promedio.



Paso 7. Rebrote de kikuyo que comenzó proceso de senescencia



- La hoja No.1 comienza el proceso de senescencia cuando comienza a emerger la 5° hoja.
- Después de haber emergido la 5° hoja, por cada hoja nueva que aparezca, muere la hoja más vieja en haber emergido.