

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA

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

Karla Peters Durán

Tesis presentada para optar por el título de
Ingeniera Agrónomo en el grado académico de
Licenciada en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Agosto del 2008

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA
AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA EN ZOOTECNIA

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. Carlos Arroyo Oquendo M. Sc.

Director de Escuela

Ing. Jorge Manuel Sánchez González M. Sc.

Director de Tesis

Ing. Carlos Boschini Figueroa M. Sc.

Miembro del Tribunal

Ing. Luis Pineda Cordero

Miembro del Tribunal

Ing. Luis Villalobos Villalobos

Miembro del Tribunal

Karla Peters Durán

Sustentante

DEDICATORIA

A Quien ilumina y da sentido a mi vida. Tu inmenso amor y misericordia han sido evidentes en todo momento de mi existencia y por eso Te estaré siempre agradecida. A Ti el honor y la gloria por siempre.

A mami

Gracias por creer en mí, por ser un ejemplo de madre y de mujer, por inspirarme y motivarme a alcanzar mis sueños. Por tu esfuerzo, amor, entrega y apoyo he logrado llegar muy lejos. Gracias por hacerme tan feliz.

A abuelita

Gracias por haberme amado tanto, por haberme cuidado con total esmero. Sé que este logro es motivo de gran alegría para vos, allá en tu nuevo hogar.

A Andrés

Gracias por tu apoyo incondicional, por ser mi amigo, mi compañero, por llenar mi vida con tu luz y tu amor.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que colaboraron en la realización de esta investigación.

A don Jorge Sánchez por su guía, su interés y apoyo, gracias a los cuales se logró culminar este proyecto de forma exitosa.

Al Ing. Adrián Martínez, por su apoyo, su invaluable cooperación durante la realización de esta investigación y su amistad.

A los señores José Joaquín Jiménez, Oscar Martínez, Álvaro Coto y Julio Sancho, por habernos abierto las puertas de sus fincas y haber confiado en nosotros y en nuestro trabajo.

A la Ing. Maritza Araya, por su colaboración en la selección de las fincas y por la información brindada.

Al Dr. Henry Soto por la valiosa asistencia brindada en el análisis estadístico de la información.

Al personal técnico, administrativo y docente del Centro de Investigación en Nutrición Animal por su apoyo, en especial a Don Gerardo Alvarado por su gentil colaboración en el análisis de muestras. A mis compañeras del Laboratorio de Bromatología, Pamela Rodríguez, Melina Guzmán y Adriana Valverde por su amistad y por toda la asistencia brindada.

A los profesores Carlos Boschini, Luis Pineda y Luis Villalobos por su disposición, sus valiosos consejos y aportes a la investigación.

A José Retana, William Fulkerson y Doña Mayra Montiel por la información brindada, su disposición, y sus acertados aportes.

A los profesores Rodrigo Rosales, Augusto Rojas y Rodolfo WingChing por los consejos y enseñanzas brindadas durante mi carrera.

A los buenos amigos que estuvieron siempre a mi lado durante estos años, en especial a Maritza Araya, Marcela Andrade, Aiko Takahashi, Catalina Salas, Evelyn Zúñiga, Agueda Serrano, Anthony Valverde y Gustavo González.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
RESUMEN.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.Objetivo general	4
1.1.Objetivos específicos.....	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Generalidades del kikuyo	5
2.1.1. Origen y caracterización	5
2.1.2. Clasificación y aspectos botánicos	6
2.1.3. Aspectos agronómicos del kikuyo	7
2.1.3.1.Manejo	7
2.1.3.2.Rendimiento	11
2.1.4. Valor nutricional del kikuyo	11
2.1.5. Importancia para la ganadería de leche de Costa Rica.....	16
2.2. El papel de la fibra en la nutrición.....	16
2.2.1. La fibra detergente neutro (FDN) y su digestibilidad.....	19
2.2.1.1.La edad de rebrote y su influencia sobre la	
digestibilidad de la fibra.....	21
2.3. La edad fenológica como criterio de pastoreo	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Descripción de la zona de estudio y su climatología	26
3.2. Descripción de las fincas	30
3.3. Metodologías usadas	33

3.3.1. Metodología utilizada para determinar la disponibilidad de materia seca.....	33
3.3.2. Metodologías de muestreo y análisis químico para estimar el valor nutricional del pasto kikuyo.....	34
3.3.3. Metodología utilizada para la determinación de la edad fenológica de la pastura.....	35
3.3.4. Metodología para evaluar la composición botánica de la pastura	35
3.3.5. Metodología para estimar la producción de leche con base en pasto kikuyo.....	36
3.3.6. Análisis Estadístico	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Disponibilidad de materia seca	38
4.1.1. Efecto de la finca sobre la disponibilidad de materia seca	38
4.1.2. Efecto de la época de muestreo sobre la disponibilidad de materia seca.....	40
4.1.3. Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de materia seca.....	42
4.2. Composición botánica de la pastura	47
4.2.1. Efecto de la finca sobre la composición botánica de la pastura	48
4.2.2. Efecto de la época de muestreo sobre la composición botánica de la pastura	51
4.3. Edad fenológica de la planta	53
4.3.1. Efecto de la época de muestreo sobre la edad fenológica de la pastura	53
4.3.2. Efecto del tratamiento sobre la edad fenológica de la pastura	54
4.3.3. Efecto de la interacción finca*tratamiento sobre la edad fenológica de la pastura.....	55

4.4.	Valor nutricional del pasto kikuyo.....	57
4.4.1.	Contenido de materia seca	57
4.4.2.	Contenido de proteína cruda.....	59
4.4.3.	Contenido de carbohidratos	60
4.4.3.1.	Carbohidratos estructurales.....	61
4.4.3.1.1.	Fibra detergente neutro	62
4.4.3.1.2.	Fibra detergente ácido	64
4.4.3.1.3.	Lignina	66
4.4.3.1.4.	Hemicelulosa y celulosa	68
4.4.3.2.	Carbohidratos no fibrosos	70
4.4.4.	Contenido de extracto etéreo.....	73
4.4.5.	Contenido de cenizas	74
4.4.6.	Digestibilidad “in vitro” de la materia seca	76
4.4.7.	Digestibilidad de la pared celular	78
4.4.8.	Contenido energético.....	79
4.4.8.1.	Total de nutrientes digestibles.....	81
4.4.8.2.	Energía digestible, metabolizable, neta de lactancia y de ganancia.....	82
4.5.	Simulación de la producción de leche con base en pasto kikuyo.....	84
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1.	Disponibilidad de materia seca	86
5.2.	Composición botánica de la pastura	87
5.3.	Edad fenológica de la planta	88
5.4.	Valor nutricional.....	89
5.5.	Digestibilidad de la pared celular	91
5.6.	Simulación de la producción de leche con base en pasto kikuyo.....	92
VI.	BIBLIOGRAFÍA	93
VII.	ANEXOS	103

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Contenido de proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades....	14
2	Digestibilidad “ <i>in vitro</i> ” de la materia de seca del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades.....	15
3	Contenido de extracto etéreo, cenizas, lignina, carbohidratos no estructurales y energía neta de lactancia del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades.....	15
4	Producción anual total de hojas, tallos y material senescente de potreros de kikuyo defoliados a diferentes edades fenológicas (2, 4 y 6 hojas/rebrote) y a diferentes alturas de corte (3, 6 y 12 cm).....	25
5	Caracterización de las fincas evaluadas en la investigación.....	31
6	Análisis químico de los suelos muestreados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año.....	32
7	Disponibilidad de biomasa promedio prepastoreo del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año.....	39

Cuadro	Título	Página
8	Disponibilidad de biomasa promedio prepastoreo por tratamiento por periodo de cosecha del pasto kikuyo evaluado a tres edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año.....	43
9	Efecto de la finca sobre la composición botánica promedio de potreros de kikuyo (%) evaluados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	48
10	Efecto de la época de muestreo sobre la composición botánica promedio de potreros de kikuyo (%) evaluados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.....	52
11	Número de hojas del pasto kikuyo evaluado a tres edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	56
12	Contenido de los componentes (%) de la pared celular del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un período de un año.....	61
13	Digestibilidad “in vitro” de la materia seca y digestibilidad de la fibra neutro detergente “in vitro” (%) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	77

Cuadro	Título	Página
14	Efecto de la época de muestreo sobre el contenido energético del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año.....	80
15	Efecto de la finca sobre el contenido energético del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	81
A1	Efecto de los tratamientos sobre los contenidos de materia seca y proteína (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	103
A2	Efecto de los tratamientos sobre la composición de la pared celular del pasto kikuyo (% de la MS) evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	104
A3	Efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia seca y la digestibilidad de la fibra detergente neutro del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	105
A4	Efecto de los tratamientos sobre los contenidos de extracto etéreo y cenizas del pasto kikuyo (% de la MS) evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	106
A5	Efecto de los tratamientos sobre los contenidos de energía del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	107

Figura	LISTA DE FIGURAS Título	Página
1	Relación entre la DIVFDN y el consumo de materia seca de vacas lecheras.....	20
2	Evolución de los componentes nutricionales de las gramíneas en relación a su estado de madurez.....	22
3	Vista aérea de la zona donde se realizó la investigación.....	26
4	Mapa de la zona donde se realizó la investigación.....	27
5	Precipitación registrada en la zona de estudio durante el año 2007.....	28
6	Temperatura registrada en la zona de estudio durante el año 2007.....	29
7	Radiación y brillo solar registrados en la zona de estudio durante el año 2007.....	29
8	Ámbitos de disponibilidad de la biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/corte) en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	40
9	Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/corte) en la finca A.....	44
10	Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/corte) en la finca B.....	45

Figura	Título	Página
11	Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/corte) en la finca C.....	46
12	Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/corte) en la finca D.....	47
13	Efecto de la finca sobre la composición botánica promedio de potreros de kikuyo (%) evaluados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	49
14	Efecto de la época de muestreo sobre la composición botánica promedio de potreros de kikuyo (%) evaluados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.....	52
15	Efecto de la época de muestreo sobre el número de hojas nuevas presentes en las pasturas de kikuyo evaluadas en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.....	54
16	Número promedio de hojas nuevas del pasto kikuyo evaluado a tres edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	55
17	Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de MS del pasto kikuyo (%) en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	58
18	Efecto de la finca sobre el contenido de MS del pasto kikuyo (%) en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	58

Figura	Título	Página
19	Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de PC (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.....	60
20	Efecto de la época de muestreo sobre los contenidos de FDA y FDN (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.....	63
21	Efecto de la finca sobre el contenido de FDN (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	64
22	Efecto de la finca sobre el contenido de lignina (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	67
23	Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de lignina (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un periodo de un año.....	68
24	Efecto de la época de muestreo sobre los contenidos de hemicelulosa y celulosa (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un período de un año.....	70

Figura	Título	Página
25	Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de carbohidratos no fibrosos (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.....	71
26	Efecto de la finca sobre el contenido de carbohidratos no fibrosos (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	72
27	Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de extracto etéreo (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	74
28	Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de cenizas (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	75
29	Efecto de la finca sobre el contenido de cenizas (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.....	76
30	Efecto de la época de muestreo sobre la digestibilidad “ <i>in vitro</i> ” y la digestibilidad “ <i>in vitro</i> ” de la fibra detergente neutro (%) del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año.....	78
A1	Maduración de las células de la pared celular de la planta.....	108

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV.....	Ácidos Grasos Volátiles
CHOS.....	Carbohidratos Hidrosolubles
CNE.....	Carbohidratos No Estructurales
CNF.....	Carbohidratos No Fibrosos
CHS.....	Carbohidratos Solubles
CMS.....	Consumo de Materia Seca
DIVMS.....	Digestibilidad “ <i>in vitro</i> ” de la Materia Seca
DIVFDN.....	Digestibilidad “ <i>in vitro</i> ” de la Fibra Detergente Neutro
ED.....	Energía Digestible
EM.....	Energía Metabolizable
EN _G	Energía Neta de Ganancia
EN _L	Energía Neta de Lactancia
EE.....	Extracto Etéreo
FDA.....	Fibra Detergente Ácida
FDN.....	Fibra Detergente Neutro
Kg MS/ha.....	Kilogramos de Materia Seca por hectárea
MS.....	Materia seca
N.....	Nitrógeno
PC.....	Proteína cruda
PFDN.....	Proteína en Fibra Detergente Neutro
RHT.....	Relación hoja:tallo
TND.....	Total de Nutrientos Digestibles

RESUMEN

El pasto kikuyo es utilizado comúnmente en las fincas lecheras de las zonas altas de nuestro país. A pesar de que la calidad de los forrajes tropicales es generalmente inferior a la de los forrajes de zonas templadas, la productividad por unidad de área de los pastos tropicales como el kikuyo se considera alta debido a su capacidad de producción de materia seca.

Se condujo la investigación en cuatro fincas comerciales localizadas en la provincia de Cartago en el cantón de Oreamuno, distritos de Santa Rosa y Cot y en el cantón de Alvarado, distrito de Pacayas. Estas fincas manejan periodos de rotación que van de 31 hasta 37 días. Se realizaron muestreos bimestrales por espacio de un año.

Se evaluó el efecto de la edad de rebrote, época de muestreo y el efecto de finca sobre el valor nutricional, la disponibilidad de materia seca, la composición botánica de la pastura, la edad fenológica de la misma y la digestibilidad de la pared celular del pasto kikuyo. También se estimó la capacidad potencial del ganado lechero para producir leche a base de este pasto.

Para evaluar el efecto de la edad de rebrote se establecieron cuatro tratamientos o cuatro diferentes edades de rebrote a las cuales se cosecharía el pasto. El día de la visita a las fincas se muestreó el potrero al cual entraría el ganado en la tarde (Tratamiento día 0), el potrero al que le faltaban 8 días para ser pastoreado (Tratamiento día -8), el potrero al que le faltaban 4 días para ser pastoreado (Tratamiento día -4) y el potrero que había sido pastoreado cuatro días antes de la visita (Tratamiento día +4). En este último potrero se colocó una jaula de 1 m² para evitar que los animales consumieran esa porción de pasto.

Se analizó el valor nutricional del pasto kikuyo a lo largo del año en su contenido de MS, PC, pared celular (FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina), CNF, EE, cenizas, DIVMS y DIVFDN. Utilizando estos resultados se estimó el contenido energético de TND, ED, EM, EN_L, EN_G del pasto, mediante el programa computacional del NRC (2001).

Se estimó que la disponibilidad promedio de materia seca por ciclo de pastoreo fue de 7434,36 kg MS/ha. La época de muestreo en la que se presentó la mayor disponibilidad de materia seca fue la seca (enero a abril). Se presentó un mayor porcentaje de kikuyo en la época lluviosa y un mayor porcentaje de material senescente durante la época seca. El valor promedio de hojas por rebrote fue de 4,83. La edad fenológica (número de hojas nuevas) se vio afectada por los tratamientos evaluados.

El valor nutricional del pasto kikuyo presentó contenidos promedio de PC, FDN, FDA, lignina, hemicelulosa, celulosa CNF, EE, cenizas y DIVMS de 18,61, 60,29, 32,14, 3,24, 28,19, 28,91, 15,26, 1,17, 10,83 y 63,95%, respectivamente. El valor promedio de digestibilidad de la pared celular fue de 39,76% de la FDN, el cual es considerado aceptable para los pastos tropicales. Los contenidos promedio de TND, ED, EM, EN_L y EN_G estimados en el pasto kikuyo fueron 56,96 %, 2,61, 2,08, 1,27 y 0,71 Mcal/kg de MS. El valor nutricional del pasto kikuyo no varió significativamente en el rango de edades de rebrote evaluado.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que en las fincas de ganado lechero ubicadas en la zona de vida denominada bosque húmedo montano bajo a una altura entre los 1900 a 2400 msnm, el valor nutricional del pasto kikuyo no varía de una manera importante si el pastoreo se realiza entre los 23 y 41 días, por lo que dentro de este rango el periodo de descanso de los potreros deberá estar determinado por la producción de biomasa.

I. INTRODUCCIÓN

Con el fin de hacer frente a los desafíos que crea la globalización de los mercados de la leche y sus derivados, los productores nacionales deben basar la producción en el uso eficiente de los recursos propios de nuestro país y darle valor agregado a los productos lácteos, para poder mantenerse vigentes en esta actividad.

El ganado lechero en Costa Rica ha atravesado un proceso de mejoramiento genético a través de los años; así como la introducción de nuevos conceptos y tecnologías en nutrición, producción y manejo de pasturas, salud de los hatos, técnicas de ordeño y conservación de la leche. Estos esfuerzos han generado un aumento significativo en la producción del hato ganadero nacional, así como en la calidad higiénica y nutricional de la leche producida (Fernández 2003, Barquero 2008b). La crisis energética y de alimentos que marca el inicio del siglo XXI impone grandes retos a los productores, empresarios, profesionales, técnicos e industriales de productos lácteos para mantener y procurar un desarrollo sostenible de la actividad lechera nacional.

Para que una empresa sea exitosa dentro de una determinada actividad económica deberá construir una ventaja competitiva sostenible, moviéndose en alguna de las siguientes direcciones: reducción de los costos de producción y diferenciación en el mercado. Cualquiera de estos dos tipos de ventaja competitiva -menor costo y mayor calidad ofrecida - son el resultado de una mayor productividad que la de sus competidores, o sea que la empresa tiene la capacidad de obtener un retorno mayor por los recursos invertidos en la producción (Doryan *et al.* 2001).

Retomando el concepto de diferenciación o valor agregado, se ha demostrado que la leche producida a base de forrajes puede considerarse más saludable, ya que las vacas en sistemas de pastoreo producen leche con una concentración cinco veces mayor de ácido linoleico conjugado (ALC) que la leche producida por vacas cuya dieta está basada en la utilización de granos y ensilaje (McGraw 2000). El ALC es un ácido graso que se puede encontrar en la carne y en la grasa láctea y diversos estudios han demostrado que el ALC contribuye a disminuir el riesgo de contraer enfermedades crónicas como cáncer, arterosclerosis, obesidad, diabetes y pérdida de densidad muscular (McGuire y McGuire 1999).

La alimentación del ganado de leche está compuesta por forrajes, granos y frecuentemente por subproductos agroindustriales. Los granos son la principal materia prima utilizada en la elaboración de los alimentos balanceados; los cuales a su vez se utilizan especialmente para complementar el contenido de energía de los forrajes y satisfacer las necesidades nutricionales de los animales de mediana y alta producción. Los granos no se producen a nivel nacional y empiezan a ser escasos en los mercados mundiales, lo cual hace que los costos de alimentación en las lecherías se hayan incrementado considerablemente (Barquero 2008a).

La inclusión de forrajes en la dieta del ganado lechero, no solo contribuye a disminuir los costos de la misma (Ondarza 2006, Eastridge 2006), estos además constituyen una fuente importante de fibra, la cual es necesaria para mantener la salud ruminal. La fibra también afecta la producción porque determina el consumo voluntario del cual depende el contenido energético de la ración y por ende la posterior producción láctea. No obstante, la calidad nutricional de los pastos se ve afectada por la madurez de la planta, ya que conforme aumenta la edad de la planta aumenta el contenido de pared celular y disminuye la digestibilidad de la materia seca (Eastridge 2006). La digestibilidad de los

carbohidratos estructurales y la cantidad de energía liberada depende en gran medida del grado de lignificación del tejido y tiende a disminuir conforme la edad de la planta aumenta (Said 1971, citado por Marais 2001).

El nivel de concentración de la FDN en la dieta se encuentra correlacionado negativamente con el CMS ya que la fibra se fermenta lentamente y permanece en el rumen por un tiempo mayor a los demás componentes del alimento. Sin embargo, una fibra más digestible podría estimular el consumo a medida que desaparece del rumen, creando espacio que será llenado en un corto plazo con más alimento (Varga 2006).

Según Murphy (1990), citado por Reeves y Fulkerson (1996), para obtener una producción razonable de leche a partir de kikuyo, la calidad de la oferta es más importante que la cantidad de la misma. Sin embargo, desde un punto de vista ecológico, las estrategias de manejo de la pastura deben apuntar no solo a optimizar la calidad del forraje, sino también a su utilización por parte del ganado y al potencial de rebrote de la planta.

El pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*) se encuentra en las zonas altas y productoras de leche de Costa Rica, como es el caso de los distritos de Oreamuno y Alvarado en Cartago. Es el forraje tropical de mayor valor nutricional en Costa Rica e investigaciones realizadas en el Centro de Investigaciones en Nutrición Animal de la Universidad de Costa Rica indican que su principal limitante, para la alimentación de vacas lactantes es su grado de digestibilidad y por lo tanto su aporte de energía (Sánchez 2007).

1. Objetivo general

Determinar el estado vegetativo más apropiado para pastorear el pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*) desde el punto de vista nutricional, así como de producción de biomasa, en cuatro fincas ubicadas en las zonas altas de Cartago.

1.1. Objetivos específicos

- 1.1.1 Determinar la disponibilidad de materia seca del pasto kikuyo pastoreado a diferentes edades de rebrote.
- 1.1.2 Establecer la edad fenológica (número de hojas) a la cual se está pastoreando el pasto kikuyo.
- 1.1.3 Evaluar la composición botánica de la pastura.
- 1.1.4 Analizar la digestibilidad de la fibra detergente neutro o pared celular del kikuyo pastoreado a diferentes edades de rebrote.
- 1.1.5 Determinar el valor nutricional del pasto kikuyo durante un periodo de un año, evaluando:
 - 1.1.5.1 Materia seca
 - 1.1.5.2 Proteína cruda
 - 1.1.5.3 Carbohidratos fibrosos (FDN, FDA y lignina)
 - 1.1.5.4 Carbohidratos no fibrosos
 - 1.1.5.5 Extracto etéreo
 - 1.1.5.6 Cenizas
 - 1.1.5.7 Digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca
 - 1.1.5.8 Contenido energético (TND, ED, EM, EN_G y EN_L)
- 1.1.6 Estimar la capacidad potencial del ganado lechero para producir leche a base de pasto kikuyo.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del kikuyo

2.1.1. Origen y caracterización

El pasto kikuyo es una gramínea de clima tropical o C4, originaria de Kenia en el continente africano. Se desarrolla naturalmente en los siguientes países africanos: Kenia, Etiopía, Uganda, Ruanda, Tanzania y la República Democrática de El Congo. Fue introducido con gran éxito en otros territorios entre los cuales se encuentran Costa Rica, Australia, Nueva Zelanda, Colombia, África Austral y Hawaii (Mears 1970, citado por Marais 2001, Skerman y Riveros 1992). Fue introducido y difundido en Costa Rica como pasto de piso entre los años 1911 y 1922, procedente de Colombia y Puerto Rico (Amador y Jiménez 2003).

Crece a alturas comprendidas entre los 1950 y 2700 msnm y con precipitaciones anuales promedio entre los 1000 y 1600 mm (Mears 1970, citado por Marais 2001). En Costa Rica crece entre los 1200 y 2600 msnm (Sánchez 2008).

Read y Fulkerson (2003) describen al kikuyo como un pasto vigoroso que sobrevive a la sequía, estabiliza los suelos con tendencia a erosionarse y suprime las malezas. Su hábito de crecimiento lo hace sumamente agresivo ante la invasión de otras forrajeras, es resistente al pisoteo (Fukumoto y Lee 2003), y responde positivamente a la fertilización orgánica (Mila y Corredor 2004) y química (Rodríguez 1999, Urbano 1997, citados por Correa *et al.* 2008a).

Este pasto puede utilizarse para pastoreo, como heno y en campos deportivos. Además crece muy bien en mezclas o asociaciones con tréboles (blanco, rojo), y con ryegrass anual o perenne (Dugarte 1991).

2.1.2. Clasificación y aspectos botánicos

El kikuyo pertenece al reino Plantae, al filo Magnoliophita, a la clase Liliopsida, al orden Poales, a la familia Poaceae, al género *Kikuyuochloa* y a la especie *clandestina*.

Skerman y Riveros (1992, citando a Mears 1970) describen a esta gramínea tropical de la siguiente forma: perenne postrada, que puede formar un césped poco compacto de hasta 46 cm de altura si no se pasta. Bajo pastoreo o cortada forma un césped denso, la gramínea se propaga vigorosamente por rizomas y estolones que se enraízan fácilmente en los nudos y se ramifican profusamente. Los estolones producen ramificaciones cortas, con muchas hojas con limbos foliares firmemente plegados en las yemas que luego se abren hasta alcanzar de 44,5 mm a 114,3 mm de longitud y 6 mm de ancho y menguan hacia las puntas subobtusas. Superficie foliar con vellos escasos y suaves. La lígula puede reconocerse por el anillo de vellos y el collar por una prominente coloración amarillo pálido. Flor pequeña, formada por una espiga con dos a cuatro espiguillas subsésiles, ocultas parcialmente por la vaina foliar superior. Espiguillas bisexuales o funcionalmente unisexuales. Flósculos protoginos y estambres que sobresalen rápidamente en largos filamentos, por lo regular temprano en la mañana. Estigma ramificado y plumoso. Semilla grande (2mm de longitud), de coloración castaño oscuro y forma plana o elipsoidal, con un estilo llamativo.

2.1.3. Aspectos agronómicos del kikuyo

2.1.3.1. Manejo

El kikuyo crece bien en suelos profundos, bien drenados y fértiles con un alto nivel de nitrógeno, pero puede tolerar un suelo moderadamente anegado y alto en salinidad (Marais 2001). También crece en suelos aluviales y en suelos arenosos húmedos, donde las excretas animales o un fertilizante han aumentado la fertilidad (Skerman y Riveros 1992). Este pasto no tiene una buena respuesta en suelos superficiales e infértiles y es altamente sensible a la deficiencia de magnesio, fósforo, potasio, azufre, hierro, cobre y manganeso, pero es menos sensible a la deficiencia de calcio, boro, molibdeno y zinc (Cassidy 1992, citado por Marais 2001).

La temperatura ideal para el crecimiento del kikuyo se encuentra entre los 16-21 °C (Morrison 1969, Russel y Webb 1976, citados por Marais 2001). Se ha comprobado que el kikuyo es menos tolerante a la sombra en comparación a otros pastos (Skerman y Riveros 1992, Ludlow *et al.* 1988, citados por Marais 2001).

Las bajas temperaturas tienen un efecto beneficioso en la calidad nutricional de los pastos ya que se incrementa el contenido de CNE. Sin embargo este efecto no es tan marcado en los pastos tropicales como si lo es en los templados. Las altas temperaturas favorecen el incremento en los contenidos de FDA, celulosa, lignina y silica (Henderson y Robinson 1982, citados por Marais 2001) lo que resulta en una menor digestibilidad (Marais 2001).

El kikuyo al reproducirse mediante estolones y al acumular material senescente en su base, forma un colchón vegetal que genera un ambiente húmedo que facilita el desarrollo de hongos y de insectos parásitos (Andrade 2006).

Después del pastoreo es recomendable remover los residuos remanentes de pasto a una altura de 5 cm sobre la superficie. La remoción del material

remanente de baja calidad permite la entrada de la luz que incentivará el nuevo crecimiento de los rebrotes (Read y Fulkerson 2003).

Otra alternativa para reducir los residuos remanentes después del pastoreo, es permitir que las vacas secas o el ganado joven realicen un segundo pastoreo en las pasturas previamente pastoreadas (Read y Fulkerson 2003).

Debido al crecimiento rastrero y al colchón que tiende a formar el kikuyo, las malezas no constituyen problema, siempre y cuando se manejen adecuadamente (Dugarte 1991).

Entre los insectos que atacan al kikuyo se encuentran los de hábitos chupadores que extraen savia del follaje, tallos, raíces y nudos. Entre ellos están los órdenes Hemíptera y Homóptera. Entre los homópteros se puede citar al salivazo (*Aeneolamia sp*). Este grupo de homópteros son considerados como la mayor plaga de las gramíneas forrajeras (Vergara sf). Se alimentan en su estado ninfal de las raíces y posteriormente los adultos del follaje, causando un amarillamiento a manera de secado, responsable de pérdidas económicas en pastizales (Linares y Pérez 1985). Según Vergara (sf) dentro de los efectos nocivos que causa este género de insectos están la pérdida de vigor de las plantas, disminución en el rendimiento, pérdida en la calidad del follaje y disminución en el contenido de nitrógeno y azufre en las hojas atacadas.

En el género de los hemípteros la plaga de mayor importancia económica es *Collaria sp*. Este insecto provoca puntos blancos en el follaje, el daño retarda el crecimiento de los pastos y reduce su calidad y palatabilidad. Los insectos se distribuyen en los potreros de manera que forman parches o manchas, lo cual facilita su identificación. Las ninfas y adultos se alimentan de hojas nuevas y tiernas. Los adultos provocan estrías paralelas cloróticas o decoloradas en las hojas; estas estrías se necrosan por muerte del tejido y producen el secamiento del pasto (Vergara sf).

La determinación de la edad o del estado fisiológico al que se debe pastorear el kikuyo es de vital importancia para lograr un balance entre la producción de materia seca y la calidad de la misma (Sánchez 2007).

Algunas de las edades de rebrote recomendadas en la literatura para el pastoreo del kikuyo son: de 30 a 40 días (Sánchez 2007), de 30 a 45 días (Fukumoto y Lee 2003) y de 25-35 (Pezo y Jiménez 2003). Henning *et al.* (1995, citados por Marais 2001) encontraron una mayor producción de leche cuando el ciclo de pastoreo fue de 30 días.

Según investigaciones conducidas en Australia, el momento más propicio para pastorear el kikuyo, tomando en cuenta su valor nutricional, se da cuando los rebrotes han desarrollado en promedio 4 ½ hojas nuevas. El tiempo que tarda el rebrote en desarrollar las 4 ½ hojas nuevas varía con la temperatura (Read y Fulkerson 2003). Pastoreos más frecuentes pueden restringir el rendimiento y la persistencia de la pastura. Pastoreos más distanciados disminuirán el valor nutritivo y aumentarán las pérdidas por senescencia y descomposición de las hojas más viejas (Donaghy y Fulkerson 1999).

La fertilización nitrogenada permite el pastoreo a edades más tempranas con lo que la producción por animal se incrementa al consumir pastos de mayor digestibilidad (Caro y Correa 2006, Rodríguez 1999; citados por Correa *et al.* 2008a).

Además de los requisitos de nutrientes apropiados según la fertilidad del suelo, el kikuyo responde sin dificultad a los fertilizantes nitrogenados. En Australia el rendimiento de materia seca aumentó de 17 a 24 kg/ha por cada kg de N aplicado (Skerman y Riveros 1992).

Marais (2001) indica que la aplicación de N deberá encontrarse entre 300-500 kg N/ha/año para alcanzar una producción óptima de materia seca. Además el

autor recomienda fraccionar la aplicación del fertilizante a lo largo de la época de crecimiento.

Read y Fulkerson (2003) recomiendan la aplicación de 100 kg de urea o 120 kg de nitrato de amonio por hectárea, siempre y cuando se asegure un adecuado contenido de humedad en el suelo. Esta aplicación deberá realizarse después de cada segundo pastoreo. Aplicaciones de nitrógeno superiores a los 50 kg/ha/mes no son recomendadas (Reeves 1997).

Es necesario tomar en cuenta que en ocasiones la fertilización nitrogenada puede resultar en problemas que afectan la digestión y el rendimiento del animal. Estos efectos negativos se producen debido a la acumulación de compuestos nitrogenados los cuales exceden los requerimientos del animal (Marais 2001).

Soto *et al.* (2005) encontraron que el porcentaje de PC en el pasto kikuyo no varió significativamente después de haber suspendido la aplicación de fertilizante nitrogenado durante cuatro cortes cada 30 días o dos cortes cada 60 días. En el ensayo anterior el promedio de PC se mantuvo en 19,04%.

Un resultado similar obtuvieron Rodríguez *et al.* (1999, citados por Correa *et al.* 2008a) en un ensayo en el cual compararon el contenido de PC entre praderas mezcladas con ryegrass y kikuyo que fueron fertilizadas con otras que no lo fueron. En las primeras el contenido de PC fue de $18.9 \pm 3.4\%$ mientras que en las segundas fue de $17,8 \pm 2,6\%$.

El kikuyo no presenta un respuesta marcada al fósforo, excepto en suelos con fuerte deficiencia. La respuesta al potasio es improbable, a no ser que se produzca una reducción importante del crecimiento vegetativo. Los síntomas de deficiencia de potasio se manifiestan en senescencia y quemaduras en la punta en las hojas inferiores, junto a una reducción del contenido de potasio de la

vegetación (de 0,64 a 1%). En condiciones de pastoreo o de corte intenso pueden presentarse deficiencias de azufre (Mears 1970, citado por Marais 2001).

2.1.3.2. Rendimiento

La disponibilidad de biomasa se define como el peso de la materia seca del pasto a nivel del suelo, por unidad de área de terreno y usualmente se expresa como kilogramos por hectárea. Bajo condiciones de pastoreo rotacional, el consumo de pasto y el desempeño productivo de los animales, se relacionan directamente con las variaciones en la cantidad diaria de materia seca disponible (White y Hodgson 2002, citados por Salazar 2007).

Los pastos tropicales producen grandes cantidades de materia seca debido a que su selección se orientó a la producción de biomasa y a que su crecimiento es más o menos constante durante el año, siempre y cuando dispongan de suficiente humedad (Sánchez 2001).

Sánchez *et al.* (1985) reportan valores promedio de producción de MS de 2,20 ton/ha/corte en el cantón de Coronado. Por su parte, Castillo *et al.* (1983) reportan valores de 1,55 ton/ha/corte en la misma zona. Andrade (2006) encontró que la disponibilidad promedio de kikuyo en la zona alta de Heredia fue de 7,11 ton/ha/corte. En un estudio conducido en Hawaii por Fukumoto y Lee (2003), los valores de producción fueron de 0,69–1,16 ton/ha/corte para pasturas de 28 días de edad, 1,65-2,11 ton/ha/corte para pasturas de 56 días de edad y 2,35-2,91 ton/ha/corte para pasturas de 84 días de edad.

2.1.4. Valor nutricional del kikuyo

Pirela (2005) define el valor nutritivo de los pastos como su capacidad de garantizar o no las exigencias nutritivas de los animales para el mantenimiento, crecimiento y reproducción. Por su parte Ball *et al.* (2001) definen la calidad

nutricional del forraje como el potencial que posee el mismo para causar la respuesta deseada en el animal.

En el valor nutricional intervienen factores intrínsecos de la planta, factores ambientales, factores propios del animal, así como la interacción entre estos tres componentes: planta-animal-ambiente (Pirela 2005). Entre los factores que intervienen en la calidad nutricional del forraje se encuentran el consumo, la palatabilidad, la digestibilidad, el contenido de nutrientes, la presencia de factores antinutricionales y el rendimiento del animal (Ball *et al.* 2001).

La relación entre la composición química y biológica de los forrajes tropicales y los requerimientos nutricionales de los hatos lecheros de esta región indican que la calidad nutricional de estos forrajes es media o baja (Sánchez 2001).

Existe una gran variabilidad en la calidad nutricional de las diferentes estructuras de los pastos tropicales. Por esta razón los animales deben tener a su disposición una oferta mayor de biomasa, para que puedan seleccionar las fracciones más palatables o de mayor contenido nutricional, lo cual se reflejara en la producción (Sánchez 2001). Esta estrategia es compartida por Barahona y Sánchez (2005) quienes la recomiendan para aumentar tanto la calidad de la dieta consumida como el consumo voluntario de los animales.

El kikuyo posee algunas limitantes nutricionales que afectan la producción de leche entre los que destacan su aporte medio de energía (Sánchez 2001).

Si se asume una buena disponibilidad de forraje y un buen consumo de materia seca, los animales que pastorean pasto kikuyo deben suplementarse con alimentos balanceados que contengan 14% de proteína cruda, si la producción promedio del hato es inferior a 30 kg de leche por día. Si la producción es

superior a 30 kg el alimento balanceado debe contener 16% de proteína cruda (Sánchez 2001).

Según estudios conducidos en el Wollongbar Agricultural Institute en Australia el punto óptimo de calidad para pastorear o cosechar el kikuyo se alcanza cuando el rebrote ha desarrollado 4 ½ hojas nuevas. Después de alcanzado este punto la calidad nutricional disminuye puesto que se produce un descenso en los valores de PC y de EM y la proporción de tallos y material senescente se eleva (Reeves y Fulkerson 1996).

Otros autores (Soto *et al.* 2005; Zapata 2000, citado por Soto *et al.* 2005) reportan que el efecto de la edad de corte sobre la calidad nutricional del kikuyo no tiene un impacto tan marcado como en el caso de otras gramíneas forrajeras. Soto *et al.* (2005) reportaron que muestras cosechadas a los 30 y 60 días de edad no presentaron diferencias significativas en su composición química excepto por la reducción en el contenido de EE en las muestras de 60 días de rebrote.

Su principal argumento para justificar este comportamiento es el hábito de crecimiento del pasto kikuyo, ya que este pasto forma estolones sobre la superficie, con entrenudos cortos a partir de los cuales surgen raíces que fijan los estolones al suelo. Por tal razón las estructuras a las que tiene acceso el animal son principalmente hojas y por consiguiente la relación hoja: tallo en este pasto es alta, lo que impide que la composición química del pasto cambie sustancialmente.

A continuación se muestran resultados obtenidos en diversos ensayos, para diferentes parámetros que se utilizan para evaluar la calidad nutricional del kikuyo.

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades.

Edad de rebrote (días)	PC	FDN	FDA	Referencia
% de la MS				
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 1985
29	18,7	63,0	29,7	Giraldo <i>et al.</i> 2007
30 ¹	18,5	57,5	31,0	Soto <i>et al.</i> 2005
30 ²	20,1	54,2	30,5	Soto <i>et al.</i> 2005
30	18,3	74,1	37,8	Brand y Franck 1999
32	21,5	55,1	---	Caro y Correa 2006
35-45	22,7	60,0	---	Sánchez 2001
49	13,3	69,6	31,0	Giraldo <i>et al.</i> 2007
56	10,8	70,7	33,9	Fukumoto y Lee 2003
58	16,6	62,9	---	Caro y Correa 2006
60 ¹	19,6	57,3	29,3	Soto <i>et al.</i> 2005
60 ²	18,0	57,3	30,8	Soto <i>et al.</i> 2005
84	8,3	74,4	35,8	Fukumoto y Lee 2003

1 Tratamiento sin fertilización (0 kg N/Ha/corte)

2 Tratamiento con fertilización (50 kg N/Ha/corte)

Cuadro 2. Digestibilidad in vitro de la materia de seca del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades.

Edad de rebrote (días)	DIVMS %	Referencia
28	75,4	Sosa 1981 ¹
28	78,9	Castillo 1981 ¹
29	84,3	Giraldo <i>et al.</i> 2007
32	71,7	Caro y Correa 2006
49	82,0	Giraldo <i>et al.</i> 2007
58	66,5	Caro y Correa 2006

¹Citados por Andrade 2006

Cuadro 3. Contenido de extracto etéreo, cenizas, lignina, carbohidratos no estructurales y energía neta de lactancia del pasto kikuyo cosechado a diferentes edades.

Edad de rebrote (días)	EE	CEN	LIG	CNE	EN _L	Referencia
	% de la MS				Mcal/kg	
30 ¹	3,86	9,92	5,0	10,18	1,11	Soto <i>et al.</i> 2005
30 ²	4,46	9,28	6,0	11,97	1,15	Soto <i>et al.</i> 2005
32	4,1	13,1	5,1	11,8	1,41	Caro y Correa 2006
58	3,2	12,8	7,9	9,1	1,19	Caro y Correa 2006
60 ¹	3,96	10,13	7,1	9,05	0,97	Soto <i>et al.</i> 2005
60 ²	3,93	8,77	7,4	11,98	1,04	Soto <i>et al.</i> 2005

¹ Tratamiento sin fertilización (0 kg N/Ha/corte)

² Tratamiento con fertilización (50 kg N/Ha/corte)

2.1.5. Importancia para la ganadería de leche de Costa Rica

El kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*) se puede encontrar en zonas altas aptas para la ganadería de leche, como es el caso de Cartago. Según la encuesta realizada por la Cooperativa Dos Pinos en el año 2002, 85 016 ha (1.66% del territorio nacional) estaban dedicadas a pasturas para la producción de leche. El pasto más utilizado es el estrella (*Cynodon nlemfuensis*), el cual ocupa un área de 22 024 ha. El segundo pasto más extendido a nivel nacional es el kikuyo, con 12 718 ha (500 ha en el distrito de Quesada, 2 209 ha en Zarcero, 2 806 ha en Alajuela, 4 173 ha en Cartago y 3 030 ha en Coronado) (Andrade 2006).

Se estima que un animal cuya alimentación se base únicamente en el consumo de pasto kikuyo podría producir 12 litros/vaca/día. Esta cantidad podría aumentar a 14-15 litros si la pastura es bien manejada; en tanto que si suplementa la dieta con un alimento balanceado a razón de 3 kg/vaca/día, la producción alcanzaría los 18-19 litros. La suplementación con 6 kg/vaca/día y la incorporación de un buffer de bicarbonato de sodio permitiría alcanzar producciones de 21-22 litros/vaca/día (Read y Fulkerson 2003). Reeves (1997) indica que la producción de leche a base de kikuyo es de 11 kg/vaca/día.

2.2. El papel de la fibra en la nutrición

La fibra desde el punto de vista de la nutrición animal puede definirse como la porción menos digestible de los alimentos y que también forma parte de los tejidos que componen la pared celular de las plantas. Está compuesta por celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, nitrógeno lignificado, cutina y una fracción de minerales insolubles formada especialmente por sílica (Cruz y Sánchez 2000). Los rumiantes son capaces de digerir la celulosa y hemicelulosa que forman parte de la fibra gracias a la acción enzimática de los microorganismos que habitan el rumen (bacterias, hongos y protozoarios).

Los forrajes tienen una cantidad importante de fibra, la cual les provee de integridad estructural. La facilidad con la que los microorganismos degradan esa fibra depende del ordenamiento de las distintas moléculas (celulosa, hemicelulosa, lignina) dentro de la planta, de los enlaces entre ellas y de su sustitución con compuestos fenólicos (Chesson *et al.* 1983, citados por Barahona y Sánchez 2005).

Grant (1997) citado por Grant (1998) indica que la fibra debe poseer una calidad adecuada y un tamaño de partícula idóneo para garantizar un máximo consumo de materia seca, síntesis de grasa láctea y fermentación ruminal normal, una tonificación apropiada del músculo en el tracto digestivo y un pH ruminal mayor a 6,0. La fibra también estimula los movimientos ruminales para incrementar la absorción de ácidos a través de la pared ruminal (Ondarza 2006).

El pH del rumen no debe ser menor a 6,0-6,2 ya que si esto ocurre la degradación de la fibra por los microorganismos se reducirá, lo cual a su vez causa una disminución en la síntesis de la grasa láctea. Además se producirá acidosis, una reducción en el consumo de alimento, laminitis, lesiones en el rumen, úlceras abomasales, abscesos hepáticos, desplazamiento del abomaso y otros desbalances metabólicos (Pereira *et al.* 1999, citados por Cruz y Sánchez 2000).

La fibra contrarresta el ácido producido por la digestión de los almidones y azúcares por su propia capacidad intrínseca, así como porque estimula la producción de saliva que ayuda a neutralizar la acidez en el rumen. Las vacas regurgitan y rumian “fibra efectiva” o fibra de partícula larga, para producir saliva (Ondarza 2006).

Grant (1998) retoma el concepto de fibra efectiva y afirma que esta fracción es de fundamental importancia para los animales ya que promueve el masticado y la rumia. El masticado resulta en la secreción de saliva, la cual

contiene bicarbonato y fosfato que producen un efecto tampón o buffer que neutraliza los ácidos orgánicos generados por la digestión de la materia orgánica en el rumen. Se ha estimado que las vacas producen diariamente 3,2 kg de bicarbonato de sodio en la saliva (Ondarza 2006).

El colchón de fibra ruminal proporciona un ambiente ideal para que los microorganismos ruminales se alojen y reproduzcan en este sitio. Los microorganismos que degradan la fibra se reproducen a una velocidad más lenta que otros tipos de microorganismos y serían arrastrados más allá del rumen en mayores cantidades si no existiera el colchón de fibra ruminal (que flota sobre la base líquida del contenido del rumen) (Ondarza 2006).

El poco consumo de forraje, el excesivo consumo de subproductos y desechos agroindustriales, un inadecuado consumo de minerales y la acidosis ruminal, provocada por un alto consumo de carbohidratos altamente solubles, afectan uno de los aspectos más importantes en la producción láctea que es la reproducción (Madriz 2007).

Van Soest y Robertson (1985) desarrollaron una metodología que permite separar la pared celular de las plantas en fracciones de acuerdo a su disponibilidad a nivel nutricional. Esta metodología permite determinar los contenidos de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa, lignina y sílica (Cruz y Sánchez, 2000).

La FDN es el residuo que resulta de someter una muestra de alimento a la digestión con una solución neutra (pH 7,0) de lauril sulfato de sodio y EDTA, es denominada la fibra en detergente neutro y está conformada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, presentando cantidades bajas de nitrógeno, minerales y cutina (Van Soest 1994, citado por Correa *et al.* 2008a).

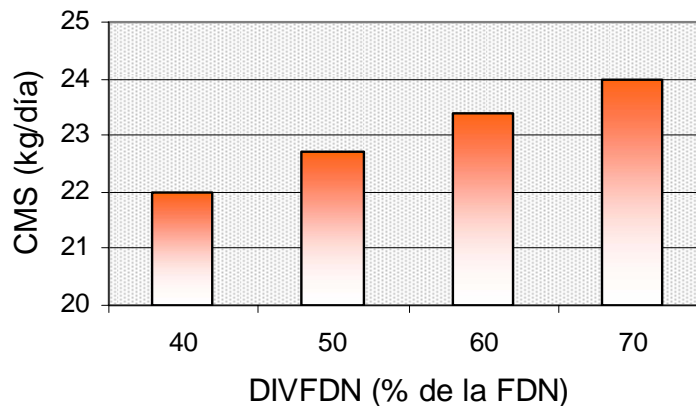
El contenido de FDN es un buen indicador, que tienen los alimentos y forrajes, para medir el volumen que estos ocupan en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal es decir su capacidad de consumo de MS (Harris 1993, Chalupa *et al.* 1996, citados por Cruz y Sánchez 2000).

Las vacas lecheras requieren una cantidad suficiente de FDN en la dieta para mantener la funcionalidad del rumen y maximizar la producción de leche. Las raciones generalmente deben contener por lo menos un 25% de FDN y una alta proporción de la FDN de la dieta debe provenir de los forrajes (NRC 2001).

La FDA es el residuo obtenido después de hervir una muestra de alimento o forraje por espacio de una hora en una solución detergente ácida. El ácido presente en esta solución disuelve la hemicelulosa, por lo tanto la FDA es una medida del contenido de celulosa, lignina, cutina y sílica (Grant 1991, citado por Cruz y Sánchez 2000). Esta fracción de la pared celular se relaciona negativamente con la digestibilidad del forraje.

2.2.1. La fibra detergente neutro (FDN) y su digestibilidad

Hay varias razones importantes que justifican la evaluación de la digestibilidad de la FDN. Primero, se ha demostrado que las vacas lecheras en lactación comen más materia seca y producen más leche cuando se alimentan con forrajes que tienen una digestibilidad más alta de la FDN (Figura 1).



Fuente: Tomado de Hoffman et al. (2007)

Figura 1. Relación entre la DIVFDN y el consumo de materia seca de vacas lecheras.

Segundo, mientras la lignina y la FDA han sido usadas en el pasado para estimar la digestibilidad potencial de la FDN y la digestibilidad total del forraje, la investigación reciente ha demostrado que la FDA y la lignina no consideran todas las variaciones en la digestibilidad de la FDN o del forraje (Hoffman, *et al.* 2007).

La digestibilidad de la FDN es muy variable, principalmente debido a diferencias de composición y estructura. Esto resulta en una limitada disponibilidad de energía en forrajes para los rumiantes (Buxton y Redfearn 1997, citados por Barahona y Sánchez 2005), dado que en muchos casos más del 50% de la fibra de la dieta pasa a través del tracto digestivo sin ser degradada (Cherney *et al.* 1991, citados por Barahona y Sánchez 2005).

La digestibilidad de la fibra es un parámetro importante de la calidad del forraje. Las fracciones fibrosas de la dieta se fermentan lentamente y son retenidas en el rumen por un tiempo mayor que las fracciones no fibrosas. Debido a que a menudo el llenado físico en el rumen limita el consumo máximo de materia

seca, según Allen (1996, citado por Oba y Allen 2000), una desaparición más rápida de la FDN en el rumen debida a una mayor tasa de digestión o pasaje, reduciría el llenado físico en el rumen a través del tiempo y permitiría que se dé un mayor consumo voluntario (Dado y Allen 1995, citados por Oba y Allen 2000).

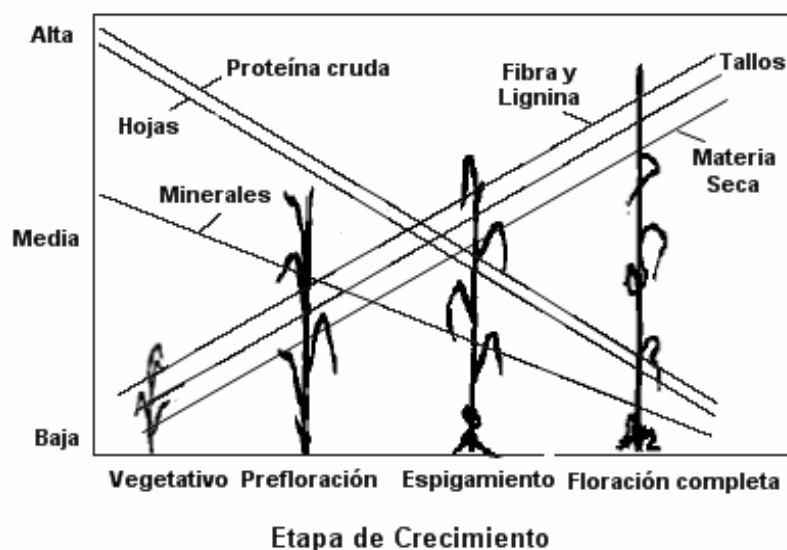
Además, una fibra más digestible incrementaría la densidad energética de las dietas y la producción de nitrógeno microbial. A su vez Gill *et al.* (1969, citados por Dado y Allen 1996) señalan que un incremento en la digestibilidad de la fibra, produciría un incremento en el contenido de energía neta de lactancia (EN_L) del forraje y un aumento en el consumo de materia seca. Oba y Allen (1999, citados por Oba y Allen 2000), señalan que de acuerdo a un análisis estadístico de la digestibilidad de la fibra detergente neutro de los forrajes, un incremento de una unidad en la digestibilidad “*in vitro*” o “*in situ*” de la FDN, se asocia con un incremento en el consumo de materia seca de 0,17 kg y con un incremento de 0,25 kg en la producción de leche corregida al 4% de grasa.

2.2.1.1. La edad de rebrote y su influencia sobre la digestibilidad de la fibra

La digestión de la fibra en el rumen es un proceso dinámico que involucra la adhesión microbial y la fermentación de los polisacáridos de la pared celular. La duración de la digestión de la fibra es una función de la proporción de fibra que es potencialmente digestible, la tasa de digestión de la fibra en el rumen y la tasa de pasaje de fibra que viene del rumen (Allen y Mertens 1988).

Dependiendo del tipo de tejido y a medida que la célula de la planta madura, la pared celular se ensancha y comúnmente produce una pared celular secundaria de composición distinta, con una notable composición de constituyentes aromáticos, por lo que ocurren análogamente cambios químicos y anatómicos, afectando la digestibilidad (Ramírez *et al.* 2002).

Con el avance del crecimiento disminuye la proporción de hojas (en peso) y aumenta la proporción de tallos. Las hojas contienen un mayor porcentaje de azúcares, proteínas, minerales y vitaminas que los tallos y un tenor más bajo de lignina y fibra (Anexos Figura 2 y A1). A su vez, las hojas constituyen la parte de la planta que sufre menos cambios en su composición química con el avance de la madurez. En consecuencia, una mayor RHT se traduce en un mayor valor nutritivo (Cornacchione 2003).



Fuente: Adaptado de Ball *et al.* (2001)

Figura 2. Evolución de los componentes de las gramíneas en relación a su estado de madurez.

La edad al pastoreo de los forrajes usualmente se ha establecido en un número fijo de días (periodo de descanso o intervalo entre pastoreos) diferente para cada especie, que no toma en cuenta las variaciones que ocurren en la tasa de crecimiento del forraje debidas a fluctuaciones ambientales (Reeves y Fulkerson 1996).

2.3. La edad fenológica como criterio de pastoreo

Como se mencionó anteriormente, conforme aumenta la madurez de la planta, aumenta el contenido de componentes de la pared celular y disminuye la digestibilidad y el contenido de proteína del forraje. Por esta razón el productor debe establecer frecuencias de pastoreo que le permitan obtener un pasto de calidad, sin comprometer la dinámica de los nutrientes de reserva del pasto, su capacidad de rebrote y la longevidad de la pastura (Barahona y Sánchez 2005).

En el manejo del pastoreo se han utilizado criterios como la fijación de días de rotación, la medición de la altura de la pastura o la medición de la biomasa disponible para decidir cuando se debe pastorear o cosechar el forraje (Fulkerson y Donaghy 2001).

Sin embargo estos métodos no contemplan aspectos importantes que influyen en la calidad del pasto y por ende en la respuesta animal. El método de aplicar un determinado número de días como criterio de rotación no toma en cuenta las variaciones climáticas que ocurren con el paso de los años y que afectan tanto la cantidad de la pastura al inicio y al final de cada periodo, como el crecimiento de la planta. Si se toma en cuenta la altura de la pastura como único criterio para pastorear, no se estaría tomando en cuenta la densidad de la misma. Mientras que utilizar la disponibilidad de biomasa es el método más preciso de los tres mencionados, pues esta técnica toma en cuenta tanto la altura de la pastura como su densidad, sin embargo es un criterio pensado para satisfacer los requerimientos del animal, sin ocuparse de garantizar un adecuado manejo de la pastura que será lo que a la postre llevará a alcanzar la productividad, calidad, persistencia y eficiencia tan buscadas (Fulkerson y Donaghy 2001).

Uno de los criterios utilizados para establecer el momento apropiado para iniciar el pastoreo de los potreros es mediante la determinación de la edad

fenológica de los pastos. La edad fenológica “óptima” es específica para cada especie, por ejemplo es diferente para el ryegrass de clima templado y para el kikuyo de clima tropical. Este criterio toma en cuenta la etapa de crecimiento de las hojas para determinar la edad de la planta.

El momento más indicado para pastorear el kikuyo en términos de calidad del forraje para vacas lecheras se da cuando han aparecido 4 ½ hojas por rebrote (4 hojas completamente expandidas). Este periodo se toma desde que nace la primera hoja nueva hasta que esta misma muere. El periodo de vida de una hoja de kikuyo equivale al tiempo que tardan 4 hojas en crecer por rebrote. De tal manera que cada rebrote mantiene un máximo de 4 hojas vivas, cada vez que emerge una nueva hoja después de haber alcanzado el periodo de las “4 hojas” la hoja más vieja muere (Fulkerson y Donaghy 2001).

Después de que la planta ha alcanzado este estadio en su crecimiento, la digestibilidad de la materia orgánica y la concentración de proteína cruda del forraje empiezan a declinar. Lo anterior se asocia a que existe un descenso en la proporción de hojas, y un aumento en la proporción de tallo y material senescente (Fulkerson *et al.* 1999).

El estado fenológico de las plantas es un buen indicador de su calidad nutricional, ya que existe una relación de este parámetro con los contenidos de proteína, energía, fibra y minerales. Así un forraje en estado de hojas, tiene normalmente un porcentaje alto de proteína y una concentración de energía alta. En la medida que aparecen los tallos, la planta se hace más fibrosa y lignificada y pierde calidad. Sin embargo, el rendimiento en estados vegetativos tempranos es inferior que en estados más tardíos, por lo que se tiende a atrasar la cosecha para obtener mayor cantidad de forraje con el consiguiente sacrificio de la calidad (Dumont *et al.* 2005).

En el Cuadro 4 se presentan resultados de un estudio conducido en Australia por Fulkerson *et al.* (1999) cuyo objetivo era determinar el efecto de la estacionalidad, la altura de corte y el intervalo de corte en la calidad de pasturas establecidas con kikuyo. Los resultados de este estudio reflejan como a medida que aumenta el intervalo de corte y consecuentemente el número de hojas por rebrote, se produce un descenso en la producción de materia seca correspondiente a las hojas y un aumento en la producción de materia seca correspondiente a los tallos.

Cuadro 4. Producción anual total de hojas, tallos y material senescente de potreros de kikuyo defoliados a diferentes edades fenológicas (2, 4 y 6 hojas/rebrote) y a diferentes alturas de corte (3, 6, 12 cm).

Intervalo de corte		Rendimiento de Materia Seca (Kg/ha)								
Hojas/rebrote	Altura (cm)	Hojas	%	Tallo	%	Material vivo total	%	Material senescente total	%	Material total
2	3	11 284	90	850	6,8	12 134	97	372	3	12 506
	6	8707	88	831	8,4	9538	97	350	3,5	9888
	12	6623	84	1016	13	7639	96	292	3,7	7931
4	3	11 080	79	1324	9,4	12 404	88	1620	12	14 024
	6	10 399	77	1521	11	11 920	88	1659	12	13 579
	12	7001	73	1459	15	8460	88	1175	12	9635
6	3	9977	72	2122	15	12 099	87	1822	13	13 921
	6	9336	64	2502	17	11 838	81	2708	19	14 546
	12	6258	64	1580	16	7838	80	1940	20	9778

Fuente: adaptado de Fulkerson *et al.* (1999)

Aplicar la edad fenológica como criterio para iniciar el pastoreo permite evitar el desperdicio que se genera cuando la planta empieza a producir hojas senescentes y por lo tanto se previene la disminución en la calidad de forraje (Fulkerson y Slack 1994).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio y su climatología

Los muestreos se realizaron en cuatro fincas lecheras, dos de ellas ubicadas en el distrito de Santa Rosa, cantón de Oreamuno, una ubicada en el distrito de Cot, cantón de Oreamuno y la cuarta ubicada en el distrito de Pacayas, cantón de Alvarado, todas en la provincia de Cartago (Figura 4).



Fuente: Google Earth (2008)

Figura 3. Vista aérea de la zona donde se realizó la investigación.

Las principales actividades productivas de la zona son la producción hortícola y de legumbres y la ganadería especializada de leche. Una parte importante de la producción hortícola se encuentra en manos de pequeños agricultores cuyas fincas poseen una extensión promedio de tres hectáreas. Se estima que más del 85% de las hortalizas y legumbres que se consumen el país provienen de la zona en estudio. Por su parte las fincas lecheras se caracterizan por poseer grandes extensiones y ser altamente tecnificadas (Rojas *et al.* 2004).



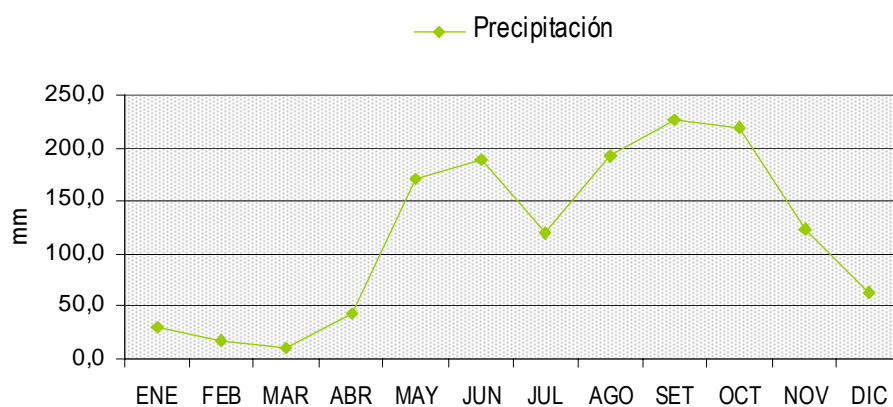
Fuente: Chinchilla (1987)

Figura 4. Mapa de la zona donde se realizó la investigación.

La región en la que se ubican las fincas pertenece a la región climática del Valle Central Occidental y a la subregión Valle Central Oriental. La subregión Valle Central Oriental comprende los sectores ubicados del Alto de Ochomogo hacia el Este, hasta Juan Viñas. Abarca los Valles del Guarco y de Ujarrás o de Orosí. El macizo del Irazú limita a esta subregión por el Norte, y por el Sur limita con las estribaciones de la Cordillera de Talamanca (Solano y Villalobos sf).

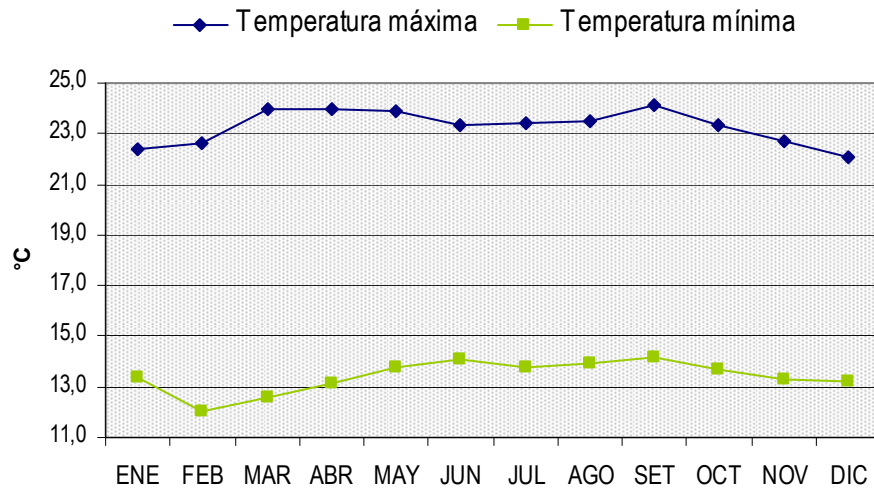
Al norte de la subregión, sobre Oreamuno y alrededores la vegetación es del tipo bosque húmedo montano bajo. Las características de este tipo de vegetación son: alta humedad, biotemperatura media anual entre 12°C y 17°C, presencia de neblina, bosque no alterado siempre verde, de dos estratos (Solano y Villalobos sf).

El período seco se inicia en enero y concluye en abril. Mayo es el mes que marca el inicio del período lluvioso y es a la vez, el primer máximo de precipitación. Entre junio y julio se presenta un período de disminución de las lluvias o veranillo, que es característico de la vertiente pacífica del país. En agosto se inicia un segundo período de lluvias que concluye en noviembre y donde octubre es el mes más lluvioso del año. Diciembre es un mes de transición. La precipitación anual promedio es de 1800 mm. Es una zona donde la influencia del Pacífico es muy notoria, principalmente en la demarcación del veranillo que se presenta entre julio y agosto. También posee influencia del Caribe, principalmente en los primeros meses del año cuando la temperatura desciende en forma importante (Retana 2008).



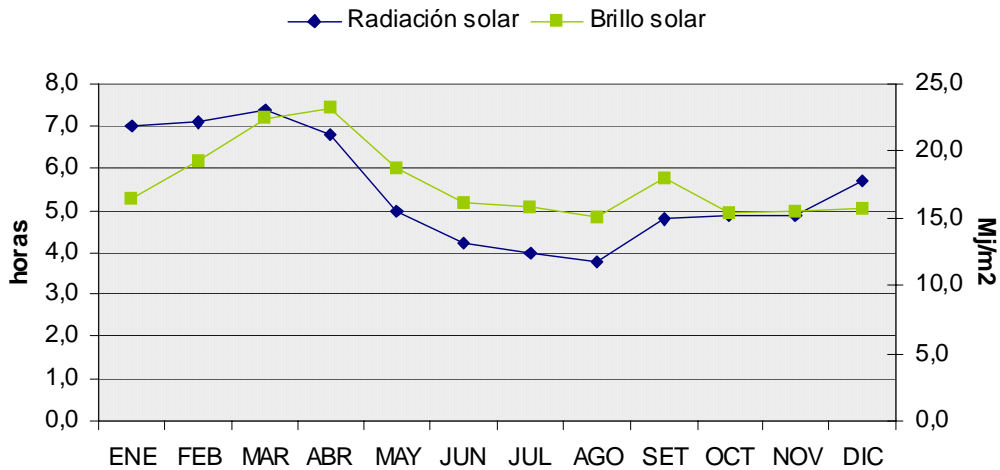
Fuente: Retana (2008).

Figura 5. Precipitación registrada en la zona de estudio durante el año 2007.



Fuente: Retana (2008).

Figura 6. Temperatura registrada en la zona de estudio durante el año 2007.



Fuente: Retana (2008).

Figura 7. Radiación y brillo solar registrados en la zona de estudio durante el año 2007.

Los suelos en la región de estudio se clasifican como andisoles. Estos suelos son de origen volcánico, poco profundos y evolucionados, compactos y pesados (Solano y Villalobos sf). Una característica notoria de los andisoles es su elevado contenido de materia orgánica.

3.2. Descripción de las fincas

Se seleccionaron cuatro fincas donde el pasto kikuyo se estaba pastoreando en un estado fenológico de cuatro y media a cinco hojas. Las cuatro fincas poseen periodos de rotación diferentes (31, 33, 35 y 37 días).

El sistema de pastoreo utilizado en las fincas es rotacional y la especie predominante en los potreros es el kikuyo. El tiempo de ocupación de los potreros es de medio día lo cual significa que los animales ingresan a un nuevo potrero después de cada ordeño. La alimentación del ganado se basa en el uso intensivo del forraje y en la suplementación con alimentos balanceados (Vapfeed, Enelac, Citrocom).

En todas las fincas se suplementa con alimentos balanceados y con suplementos minerales. Las relaciones leche: concentrado son: 3:1 para la finca A, 2,5: 1 para la finca B, 2,75:1 para la finca C y 3: 1 para la finca D. En la finca A además se trabaja con un sistema semiestabulado en el cual se ofrece a los animales pasto de corte en la época de escasez.

Las cuatro fincas cuentan con programas de fertilización. En la finca A se aplica de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ saco (46 kg) de fertilizante por potrero, dependiendo de la época y de la fórmula comercial. En la finca B se aplica un saco de producto comercial por potrero y encalan 1 vez al año, también aplicando un saco por potrero. En la finca C se aplica aproximadamente un saco de producto comercial por manzana y realizan una encalada por año. En la finca D se aplica un saco de producto comercial por cada 3 potreros y encalan 2 veces al año, adicionando 1 saco de producto granulado por potrero.

Cuadro 5. Caracterización de las fincas evaluadas en la investigación.

Parámetro	Finca			
	A	B	C	D
Altitud(msnm)	1975	2400	2100	1900
Periodo de descanso de los potreros (días)	35	37	31	33
Número de animales	130	292	230	40
En producción	60	138	83	40
Secas	10	40	17	0
Razas	Holstein	Jersey	Jersey	Jersey
Tamaño de la finca (ha)	45	54	48	11
Área en pastos (ha)	36	52	41	11
Producción de leche por vaca (kg/vaca/día)	23	21	21	24
Carga animal (animales/ha)	3.6	5.6	5.6	3.6

Las mediciones se realizaron en cuatro potreros distintos, es decir a cuatro edades diferentes de la planta. Se muestrearon los siguientes potreros:

- 1) el potrero al que le faltaban ocho días para ser pastoreado (día -8) y denominado para fines estadísticos como tratamiento día - 8.
- 2) el potrero al que le faltaban cuatro días para ser pastoreado (día -4) y denominado para fines estadísticos como tratamiento día - 4.
- 3) el potrero al cual entraría el ganado en la tarde del día de la visita (día 0) y denominado para fines estadísticos como tratamiento día 0.
- 4) por último, el potrero que había sido pastoreado cuatro días antes, denominado (día +4) y denominado para fines estadísticos como tratamiento día + 4. En este último potrero (día +4) se colocó una jaula de metal de 1m² de área sobre un segmento de la pastura, para prevenir que este fuera comido por los animales.

Estos potreros fueron seleccionados con el objeto de conocer la calidad del pasto y su producción de biomasa, para dar recomendaciones sobre el mejor tiempo de cosecha de este forraje según su fenología (número de hojas).

En abril del 2007 se tomaron muestras de los suelos de las cuatro fincas analizadas con el propósito de diagnosticar su fertilidad. En el Cuadro 6 se presentan los resultados del análisis edáfico.

Cuadro 6. Análisis químico de los suelos muestreados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año.

Análisis químico de suelos												
	pH		cmol(+)/L			%			mg/L			
	H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
Nivel crítico	< 5,5	> 0,5	< 4	< 1	< 0,2	< 5	> 10	< 10	< 3	< 1	< 10	< 5
FINCA A	5,3	0,35	2,01	0,32	0,03	2,71	13	8	6,4	8	241	9
FINCA B	6,1	0,16	10,22	3,96	1,65	15,99	1	41	21,8	4	293	5
FINCA C	5,8	0,19	4,98	2,26	0,38	7,81	2	22	10,5	10	302	8
FINCA D	5,8	0,20	10,99	4,95	2,17	18,31	1	15	16,0	2	149	8

El análisis químico de suelos conducido en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, evidenció que los suelos de la finca A tienen niveles de acidez superiores a los sugeridos para el normal crecimiento de los cultivos. El elevado porcentaje de saturación de acidez (SA), los bajos porcentajes de bases (Ca, Mg y K) y el pH ácido reflejan los problemas de acidez de los suelos de esta finca. La aplicación de cal dolomita (Carbonato de calcio y magnesio) no sólo contribuye a neutralizar la acidez del suelo sino que influye en la fertilidad del suelo al adicionar Ca y Mg.

La reducción de la acidez y de la toxicidad de aluminio mejora el crecimiento de las raíces de las plantas permitiéndoles profundizar más en el perfil del suelo y explorar un mayor volumen de suelo en busca de agua y nutrientes. Se ha comprobado que un buen crecimiento del sistema radical está directamente relacionado con un mayor desarrollo de biomasa aérea, un aumento en la producción y un mejoramiento en la sanidad de la planta (Molina 2001).

3.3. Metodologías usadas

3.3.1. Metodología utilizada para determinar la disponibilidad de materia seca

Se utilizó la metodología denominada Botanal®. Este es un procedimiento de muestreo para la estimación de la cantidad de forraje disponible en una área determinada y fue desarrollado por Tothill *et al.* (1992). Es un método no destructivo que se basa en el procedimiento de rendimiento comparativo, al relacionar la valoración visual de un número grande de muestras (≥ 60 /ha) con los pesos reales de las muestras de referencia, únicas que se cosechan. Tanto las muestras visuales como las cosechadas, se miden en el área de 0,25 m² del marco de muestreo (Jiménez 2003). En las visitas a cada una de las cuatro fincas se hicieron mediciones en los tres potreros correspondientes a tres de las cuatro edades de rebrote seleccionadas (día de pastoreo de la finca (0), día -4 y -8). El potrero correspondiente al día +4 (Trat día +4) no pudo ser muestreado para determinar su disponibilidad de materia seca, pues el segmento de pasto de esta edad de rebrote comprendía únicamente 1 m² de área.

En cada potrero se estimó la disponibilidad de pasto. Se recorrió el aparcamiento con el fin de observar la uniformidad de la pastura y se designó con el número 5 al segmento de la pastura de mayor densidad y altura, en otras palabras el segmento más abundante en pasto. De la misma forma se procedió a asignar el número 1 al segmento de menor densidad de pasto. Se fijó el número 3 al

segmento cuya contribución a la pastura se encontró entre el ámbito antes descrito. Los niveles 4 y 2 se establecieron de la misma manera.

Una vez establecidos estos puntos de referencia se colocó un marco de 0,25 m² sobre ellos, y se cortó el forraje que se encontraba dentro del marco. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas debidamente identificadas, se pesaron en fresco y se llevaron al laboratorio para determinar su contenido de MS a 60°C.

Posteriormente se procedió a muestrear el aparcadero al azar, nuevamente utilizando el marco de 0,25 m², solo que esta vez se realizó 40 observaciones, a las cuales también se asignó visualmente un número de acuerdo a las especificaciones anteriormente mencionadas. Una vez realizadas las 40 observaciones se ponderó la frecuencia de observación con la producción de materia seca de las muestras tomadas inicialmente con estas muestras visuales para obtener un valor de la disponibilidad de MS en kilogramos por hectárea.

3.3.2. Metodologías de muestreo y análisis químico para estimar el valor nutricional del pasto kikuyo

Con el objetivo de evaluar el valor nutricional del pasto kikuyo se efectuó una serie de análisis de laboratorio a las muestras recolectadas para tal fin. Estas muestras se recolectaron durante los 6 muestreos efectuados durante el año 2007, 4 muestras por finca (una para cada edad de rebrote) en las cuatro fincas objeto de estudio, para un total de 96 muestras.

Las muestras se tomaron en los mismos potreros que previamente se muestrearon para determinar la disponibilidad de biomasa. La altura de corte del forraje muestreado fue de 10 cm sobre el nivel del suelo. Se escogió esta altura de corte porque se determinó en investigaciones pasadas que la altura promedio a la cual los animales cosechan el pasto es de 10 cm.

Para determinar el valor nutritivo del pasto kikuyo se analizaron los contenidos de (MS), proteína cruda (PC), cenizas y extracto etéreo (EE) (AOAC 2000), así como las fracciones de la pared celular (fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina (Van Soest y Robertson 1985). Para estimar el contenido de carbohidratos no fibrosos se empleó la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991). También se analizaron las fracciones de la proteína presentes en la FDN y la FDA, siguiendo el método propuesto por Licitra y Van Soest (1996). La digestibilidad “in vitro” del pasto kikuyo se determinó siguiendo la metodología propuesta por Van Soest y Robertson (1979). Los niveles de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía neta de lactancia (EN_L), energía neta de mantenimiento (EN_M) y energía neta de ganancia (EN_G), se estimaron siguiendo las metodologías descritas por Weiss (1997) y NRC (2001). También se determinó la digestibilidad de la pared celular (DIVFDN) según la metodología propuesta por Goering y Van Soest (1970).

3.3.3. Metodología utilizada para la determinación de la edad fenológica de la pastura

Para estimar la edad fenológica a la cual se pastorea el pasto kikuyo, se hizo un conteo del número de hojas vivas en condiciones de pre-pastoreo en los potreros objeto de muestreo. Las muestras que se utilizaron para el conteo de las hojas se obtuvieron en el mismo momento en que se realizó el muestreo para la determinación de la materia seca disponible (cuarenta observaciones por potrero).

3.3.4. Metodología para evaluar la composición botánica de la pastura

Se evaluó la composición botánica de la pastura en los mismos potreros donde se realizó el muestreo para estimar la disponibilidad de forraje en condiciones de pre-pastoreo. Al momento de realizar las 40 observaciones para la determinación de la biomasa disponible también se estimó la proporción de

kikuyo, otras gramíneas, arvenses (malezas) y material senescente, que se encontraba dentro del marco de 0,25 m².

3.3.5. Metodología para estimar la producción de leche con base en pasto kikuyo

Utilizando el programa de evaluación de raciones del NRC (2001) se estimó la capacidad potencial de una vaca promedio de cada una de las fincas evaluadas para producir leche, con base en pasto kikuyo, según el contenido nutricional de este.

Para esto se introdujeron en este programa los valores promedio correspondientes a los componentes nutricionales de las pasturas de cada finca. También se tomaron en cuenta la distancia promedio que caminan los animales para llegar hasta la lechería, el clima, las características de una vaca promedio y la cantidad de materia seca que esta consumiría. Además se estimó el contenido proteico y energético (a dos veces mantenimiento (2x)) del forraje de las cuatro fincas.

3.3.6. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en los muestreos de disponibilidad de materia seca, edad fenológica, composición botánica de la pastura y calidad nutricional del pasto kikuyo, se analizaron estadísticamente utilizando un análisis de covarianza.

Este procedimiento estadístico permitió evaluar los efectos de la época de muestreo, el tratamiento, la finca y la interacción finca*tratamiento, sobre las variables de respuesta. El modelo general utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{Época}_i + \text{Finca}_j + \text{Tratamiento}_k + (\text{Finca*Tratamiento})_{jk} + \beta (x_{ijkl} - \bar{x} \dots) + e_{ijkl}$$

Donde,

Y_{ijkl} = Variable de respuesta.

μ = Media de la variable de respuesta.

Época_i = Efecto de la i -ésima época.

Finca_j = Efecto de la j -ésima finca.

Tratamiento_k = Efecto del k -ésimo tratamiento.

$(\text{Finca} \times \text{Tratamiento})_{jk}$ = Efecto de la j -ésima finca * el efecto del k -ésimo tratamiento.

β = Coeficiente de regresión lineal.

X_{ijkl} = Valor de la covariable correspondiente a la observación Y_{ijkl} .

\bar{x} = Media de la covariable.

e_{ijkl} = Efecto residual de la i -ésima época, j -ésima finca, k ésimo tratamiento y la l -ésima observación.

Este modelo se utilizó para encontrar diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las variables. Del análisis estadístico se obtuvo medias, desviaciones estándar, valores mínimos y máximos que permitieron realizar comparaciones entre fincas (A, B, C y D), épocas (seca y lluviosa) y tratamientos (día -8, día -4, día 0 y día +4).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección comprende los resultados de los análisis efectuados a las muestras de pasto kikuyo recolectadas bimestralmente por espacio de un año en cuatro fincas de ganado lechero localizadas en las zonas altas de Cartago.

Se discutirá en esta sección la disponibilidad de materia seca, la edad fenológica (número de hojas), la composición botánica de la pastura y el valor nutricional del kikuyo con la finalidad de generar información que permita desarrollar criterios que contribuyan a mejorar las prácticas de manejo y la utilización de las pasturas.

4.1. Disponibilidad de materia seca

La oferta forrajera varió por el efecto de las siguientes variables: finca, tratamiento y época de muestreo. El valor promedio de disponibilidad forrajera expresada en MS, fue de 7434.36 kg MS/ha/corte. Por su parte Andrade (2006) obtuvo una disponibilidad de MS de 7108 kg MS/ha/corte en una investigación realizada en San José de la Montaña, Heredia, en potreros que contaban con 28 días de descanso.

4.1.1. Efecto de la finca sobre la disponibilidad de materia seca

Una vez analizada la información correspondiente a los muestreos realizados para determinar la disponibilidad de biomasa prepastoreo, se observó que hubo un efecto altamente significativo ($P \leq 0,0001$) de la finca sobre esta variable.

Cuadro 7. Disponibilidad de biomasa promedio prepastoreo por periodo de cosecha del pasto kikuyo evaluado a tres edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año.

Finca	Media	Mínimo	Máximo
kg MS/ha/corte			
A	5857,76 ± 2187,25	3426,3	13 438,8
B	8216,72 ± 2873,81	4494,7	14 408,4
C	5700,22 ± 1200,88	3915,8	8195,8
D	9962,76 ± 3723,48	4275,8	18 264,0

± =Desviación estándar

n= 72 muestras (6 muestreos en 4 fincas, 3 potreros por finca)

En las fincas A y C se presentaron las menores disponibilidades promedio de materia seca. En el caso de la finca A, esto puede deberse a un efecto de microclima, ya que esta finca está más expuesta a las corrientes de viento que las otras. Así mismo, el pH de los suelos de esta finca (pH=5,3) podría afectar la producción del forraje.

La producción promedio de la finca C es la menor si se compara con la disponibilidad forrajera de las otras fincas. Dentro de las posibles explicaciones para este comportamiento está su ciclo de rotación, el cual es el más corto de todos (31 días). Además su sistema de pastoreo contempla la introducción de otras vacas (vacas seguidoras) en los potreros que fueron previamente pastoreados por las altas productoras. Esto provoca un pastoreo más intenso que disminuye la cantidad de forraje remanente.

En las fincas B y D se presentan las mayores producciones promedio de materia seca, 8216,72 y 9962,76 kg MS/ha/corte. En la finca B se da el periodo más extenso de descanso en sus potreros (37 días), por su parte la finca D posee

una de las menores presiones de pastoreo, por la cual se esperaría que, aunque por distintas razones, estas fincas acumulen una mayor cantidad de materia seca.

Andrade (2006) reporta porcentajes de aprovechamiento del 20% para el kikuyo en la zona de San José de la Montaña, Heredia. Cowan y Lowe (1998, citados por Andrade 2006) indican que en general las vacas aprovechan entre el 30 y 50% de las pastura. Al multiplicar el valor promedio de disponibilidad de 7434,36 kg MS/ha/corte por un aprovechamiento del 20% se obtiene un valor aproximado de 1,5 ton, el cual es muy similar al que se reporta en la literatura para el rendimiento de este pasto.

4.1.2. Efecto de la época de muestreo sobre la disponibilidad de materia seca

La disponibilidad de materia seca prepastoreo también tuvo un efecto altamente significativo ($P \leq 0,0001$) de la época de muestreo. En la Figura 8 se observan los valores promedio, mínimos y máximos registrados para las cuatro fincas durante el periodo de un año.

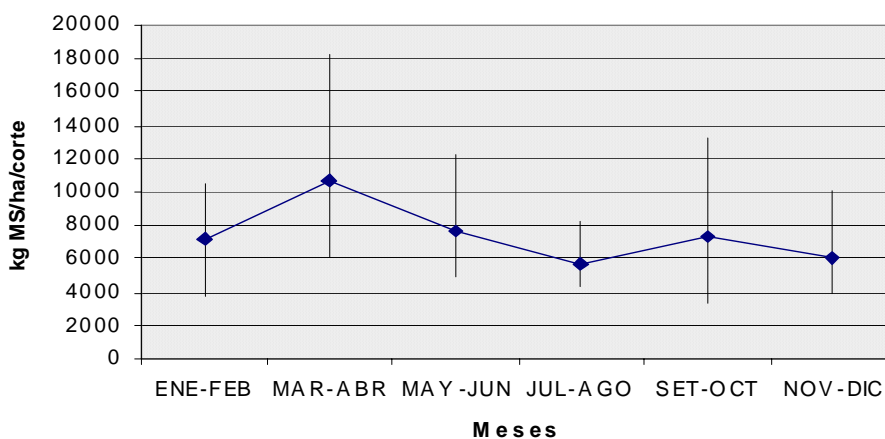


Figura 8. Ámbitos de disponibilidad de la biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/corte) en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

La mayor disponibilidad de pasto se produjo en los meses de marzo y abril, es decir, en la época seca o de verano. Villalobos (2006) y Salazar (2007) obtuvieron los mayores rendimientos forrajeros en estos mismos meses, evaluando los pastos ryegrass, en la zona de San Juan de Chicué, Cartago y estrella africana, en el distrito de Quesada, San Carlos respectivamente. Sollenberger *et al.* (1989, citados por Johnson *et al.* 2001), afirman que la mayor producción de biomasa forrajera de los pastos tropicales se da en el verano.

La época seca en Santa Rosa de Oreamuno ocurre entre los meses de enero y abril, y es en esta época en la que se dan los valores mayores de radiación solar del año, tal y como se observa en la Figura 7. La radiación solar está íntimamente relacionada con procesos fisiológicos fundamentales vinculados con el crecimiento y los cambios morfológicos que experimentan los pastos a través de su desarrollo (Pirela 2005). Según Reeves (1994, citada por Andrade 2006) la incidencia de la luz estimula el rebrote en el kikuyo. De acuerdo con Donaghy y Fulkerson (1999) la producción de rebrotes está influenciada principalmente por la luz, la temperatura y la adecuada provisión de nutrientes, especialmente de nitrógeno. Esta producción se maximiza cuando los niveles de luz son altos, la temperatura es media (13 a 25 °C) y existe una adecuada humedad y disponibilidad de nutrientes en el suelo.

A pesar de que la época de verano en la zona en estudio se caracteriza por presentar las menores precipitaciones registradas en el año (Figura 5), esto no parece ser un factor limitante, dados los altos rendimientos de materia seca obtenidos durante esta época. Además, los suelos volcánicos propios de la zona, favorecen la retención de humedad (Alvarado 2001), lo cual también ayuda a explicar el comportamiento observado.

La producción más baja de materia seca se obtuvo durante los meses de julio y agosto los cuales coinciden con la menor incidencia de radiación solar a lo

largo del año, así como valores bajos de brillo solar y precipitación (Figuras 5 y 7). Según Youngner y McKell (1972), siempre que exista una adecuada provisión de agua y nutrientes la cantidad de luz que recibe la planta es el factor principal que limita el crecimiento y la producción de materia seca.

El balance forrajero implica mantener un equilibrio entre lo que los animales requieren consumir y lo que tienen disponible en los pastizales. En las épocas de superávit, no siempre es posible aprovechar el total del forraje por los animales y en la mayoría de las fincas cambiar el tamaño del hato, en otras palabras la cantidad consumida, no es una alternativa práctica, pues implica introducir y sacar animales por períodos muy cortos de tiempo (Jiménez 2003). En la presente investigación, el superávit en la disponibilidad forrajera se presentó durante los meses de febrero, marzo y abril. Una de las posibles alternativas para aprovechar el excedente producido es conservar el sobrante por medio del henilaje como silopacas por ejemplo.

4.1.3. Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de materia seca

En todas las fincas se observaron resultados diferentes en relación al efecto de la edad de rebrote sobre la producción de materia seca. En algunos periodos el tratamiento día - 4 presentó mayores rendimientos de materia seca, mientras que en otros, el tratamiento día 0 mostró las mayores producciones. Lo anterior puede explicarse debido a las diferentes condiciones de manejo (fertilización, presión de pastoreo, periodos de rotación) y climáticas (microclimas) con las que cuenta cada finca (Sánchez 2007).

El efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad forrajera tuvo una significancia de 0,0582 ($P= 0,0582$). Este valor indica que hubo una tendencia de la disponibilidad forrajera a aumentar conforme aumentaba la edad de rebrote (Cuadro 8). Esto sucede debido a que los pastos más maduros incrementan su

área foliar y sus procesos fotosintéticos resultando en una mayor producción de materia seca (Van Man y Wiktorsson 2003).

Cuadro 8. Disponibilidad de biomasa promedio prepastoreo por tratamiento por periodo de cosecha del pasto kikuyo evaluado a tres edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de la provincia de Cartago, durante un periodo de un año.

Finca	TRAT día -8	TRAT día -4	TRAT día 0
Kg MS/ha/corte			
A	5240,17 ± 1079,57	6067,37 ± 3683,96	6265,73 ± 904,76
B	7324,63 ± 1853,33	7143,62 ± 2309,04	10 181,92 ± 3513,14
C	5149,07 ± 1062,94	5766,07 ± 958,10	6185,53 ± 1484,26
D	9453,92 ± 3142,25	10 068,97 ± 4529,66	10 365,38 ± 4028,45

± =Desviación estándar

n = 72 muestras (6 muestreos en 4 fincas, 3 potreros por finca)

En las Figuras 9 a 12 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca en los seis muestreos realizados en cada finca. La Figura 9 denota lo ocurrido en la finca A. Por los resultados obtenidos se concluye que el tratamiento día 0 (35 días para esta finca) ofrece los mayores rendimientos anuales de materia seca para esta finca en particular. La curva correspondiente a este tratamiento se mantiene más o menos constante a lo largo del año, excepto por la producción obtenida entre los meses de marzo y abril, periodo en el cual el tratamiento día - 4 (31 días para esta finca) presentó un pico de producción de 13 438,8 kg MS/ha/corte. Este pico de producción es resultado de los valores altos de radiación solar registrados en esa época (Figura 7).

Se reitera la importancia de conservar el excedente de pasto producido en las épocas de abundancia como la que se da en esta finca durante los meses de

marzo y abril, para cubrir los faltantes de pasto en los periodos de escasez. Cabe resaltar que en la finca A ya se había implantado esta práctica antes de haber iniciado esta investigación, cosechando el pasto excedente para ofrecerlo fresco a los animales o conservándolo como silopacas, lo cual ha permitido tener una carga animal mayor a la que le permite la producción mínima de forraje que se da durante los meses de mayo a octubre.

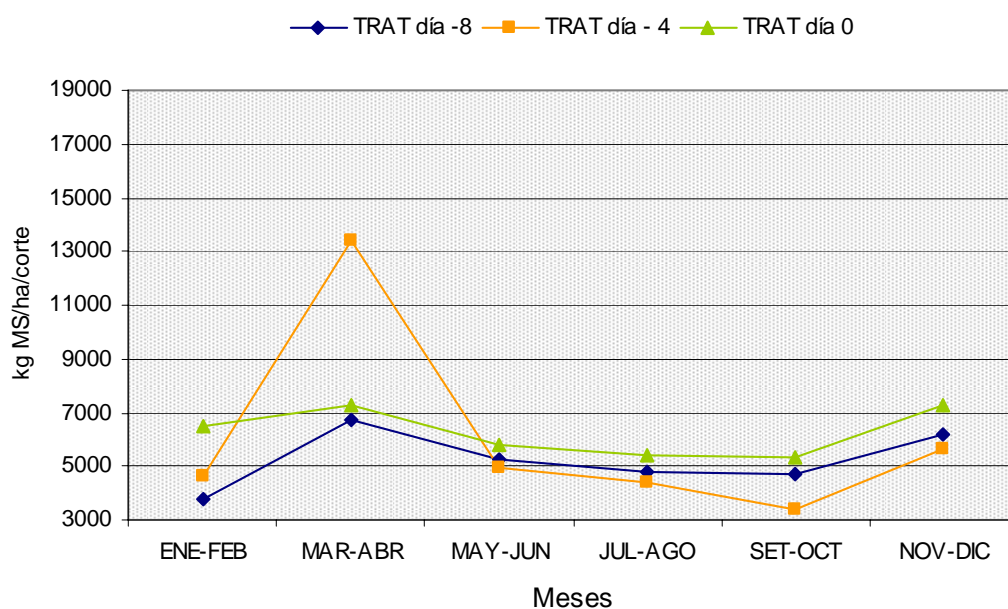


Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/ corte) en la finca A.

La Figura 10 muestra como el tratamiento día 0 (37 días para esta finca) posee los mayores rendimientos de materia seca en el caso de la finca B. Como única excepción, durante los meses de enero y febrero el tratamiento día - 8 (29 días para esta finca) mostró una mayor producción de materia seca en comparación a los otros tratamientos. En los meses de marzo y abril se produce un pico de producción, al igual que en la finca A, el cual es reflejo de los altos valores de radiación solar registrados (Figura 7). Durante el periodo comprendido entre julio y agosto se da la menor disponibilidad forrajera del año. Durante estos

meses se produce un descenso en la precipitación al igual que en los valores de radiación solar (Figuras 5 y 7). Esta disponibilidad forrajera es la que fija la presión de pastoreo que se utiliza tanto en este periodo como para el resto del año. Por lo tanto en los periodos de abundancia (marzo-abril y setiembre-octubre para esta finca) se recomienda conservar el excedente para cubrir el déficit forrajero que se presenta en las épocas de escasez.

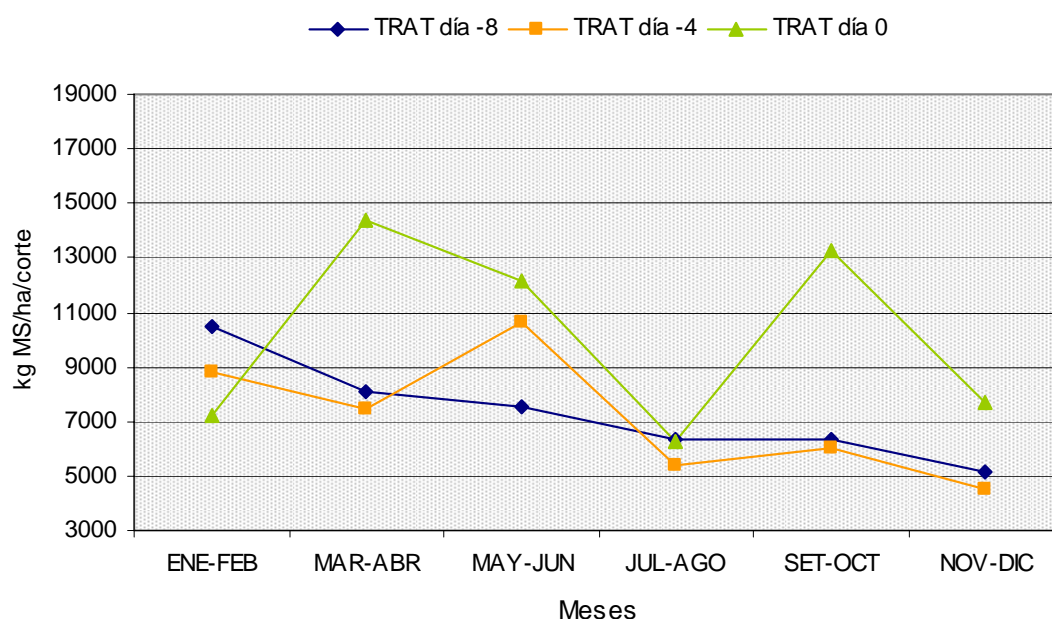


Figura 10. Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/ corte) en la finca B.

La influencia de los tratamientos sobre la producción de materia seca en la finca C tuvo dos vertientes, una durante la época seca, es decir de enero a abril y la época de transición (noviembre y diciembre) y la otra durante la época lluviosa (mayo a octubre). El tratamiento día 0 (31 días para esta finca) tuvo mayores producciones durante la época seca y la época de transición, mientras que tratamiento día - 4 (27 días para esta finca), mostró mejores rendimientos en la época lluviosa (Figura 11). Esta finca también posee el mayor valor de disponibilidad forrajera durante los meses de marzo y abril, la cual puede deberse

a los valores de radiación solar registrados. La disponibilidad forrajera registrada en los meses de noviembre y diciembre es la que dicta la presión de pastoreo máxima que pueden soportar los potreros. Por lo tanto, es de suponer que en la época de mayor disponibilidad (marzo y abril) se de un excedente que puede ser conservado.

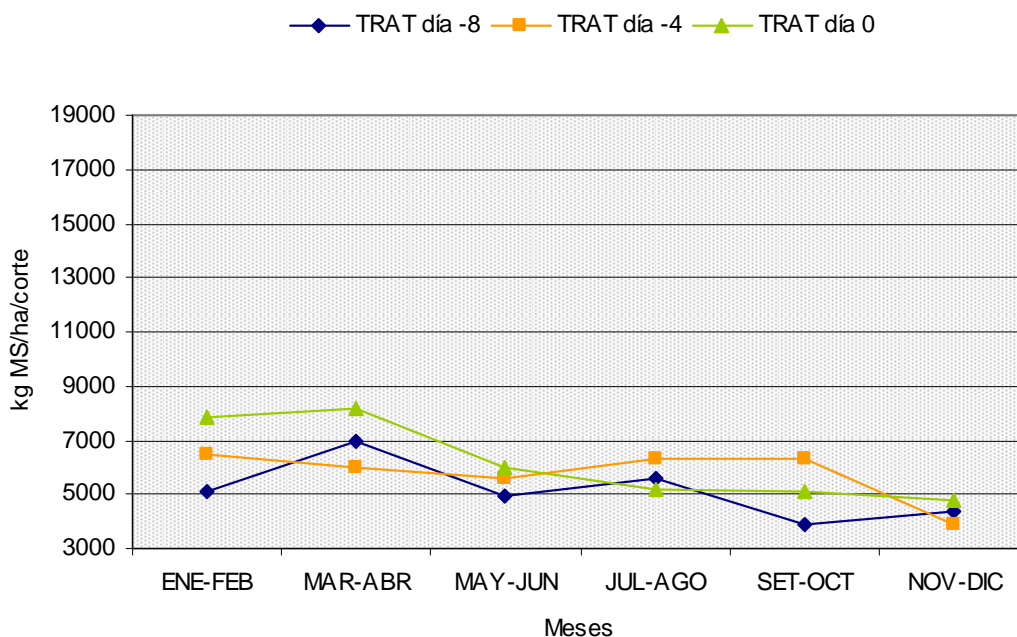


Figura 11. Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/ corte) en la finca C.

El efecto de los tratamientos en la finca D sobre la producción de materia seca, no fue consistente puesto que no hubo una supremacía entre el tratamiento día - 4 (29 días para esta finca) y el día 0 (33 días para esta finca). Cada dos meses de por medio el tratamiento día - 4 superaba al 0, y viceversa. Sin embargo el tratamiento día 0 registró las caídas menores en producción de materia seca (Figura 12). En la finca D al igual que en las otras tres, la disponibilidad mayor de materia seca se produjo en los meses de marzo y abril, por la misma razón expuesta anteriormente. También se recomienda conservar el excedente producido en este periodo para cubrir el déficit que se da en la época de escasez.

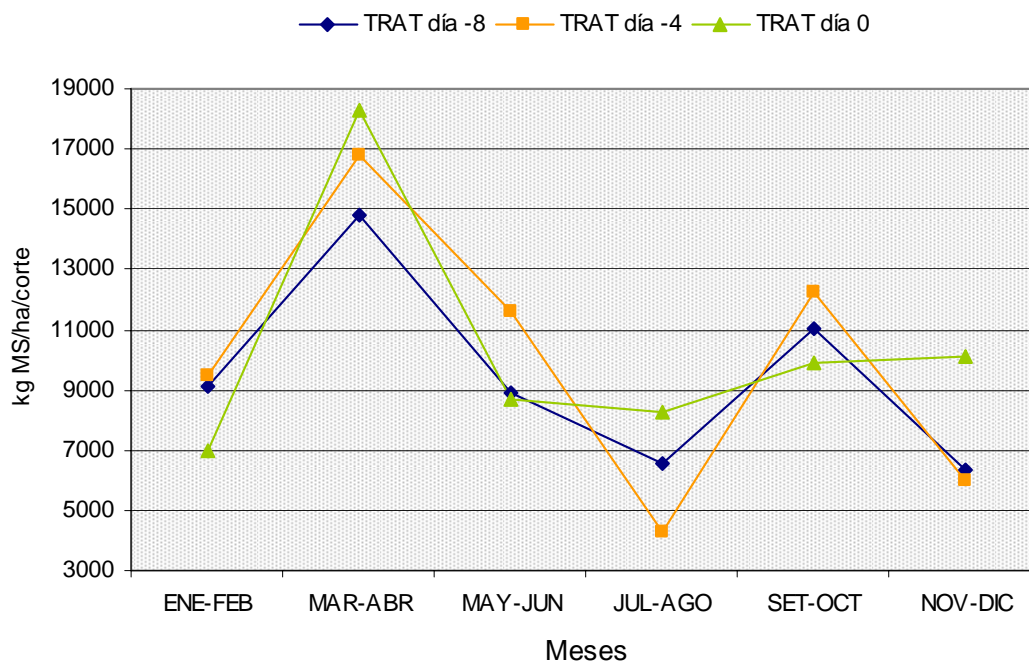


Figura 12. Efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (kg de MS/ha/ corte) en la finca D.

4.2. Composición botánica de la pastura

La composición botánica de la pastura se vio afectada por el efecto de la finca y por la época de muestreo y no así por los tratamientos evaluados. Los porcentajes promedio de kikuyo, otras gramíneas, trébol, malezas y material senescente, de potreros de kikuyo evaluados en cuatro fincas a cuatro edades de rebrote durante un período de un año fueron: 90,13, 1,88, 1,60, 1,63 y 4,76 % respectivamente.

Según Mila y Corredor (2004) tratamientos como la labranza mecánica, la fertilización y el riego modifican la proporción de las especies vegetales en las pasturas y esta proporción puede explicar la respuesta de la pastura en términos

de cantidad y calidad de forraje, de acuerdo con las especies presentes en la composición botánica.

4.2.1. Efecto de la finca sobre la composición botánica de la pastura

Se observó un efecto significativo de la finca sobre los componentes de la pastura. En el caso del kikuyo el efecto fue altamente significativo ($P=0,0003$) y para el resto de los componentes el efecto fue significativo. El efecto de la finca sobre los porcentajes de otras gramíneas, trébol, malezas y material senescente tuvo una significancia de $P=0,0019$, $P=0,0014$, $P=0,0025$ y $P=0,0023$ respectivamente. En el Cuadro 9 y la Figura 13 se observan los promedios de los valores correspondientes a los componentes botánicos encontrados en las pasturas de las cuatro fincas analizadas.

Cuadro 9. Efecto de la finca sobre la composición botánica promedio de potreros de kikuyo (%) evaluados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

Finca	Kikuyo	Otras gramíneas	Trébol	Malezas	Material senescente
Porcentaje presente en la pastura (%)					
A	84,34	4,86	1,03	3,12	6,74
B	92,29	0,69	2,77	0,49	3,76
C	93,17	0,53	0,87	1,73	3,70
D	90,71	1,45	1,74	1,19	4,83

n= 2880 observaciones (72 potreros muestreados cada uno con 40 observaciones)

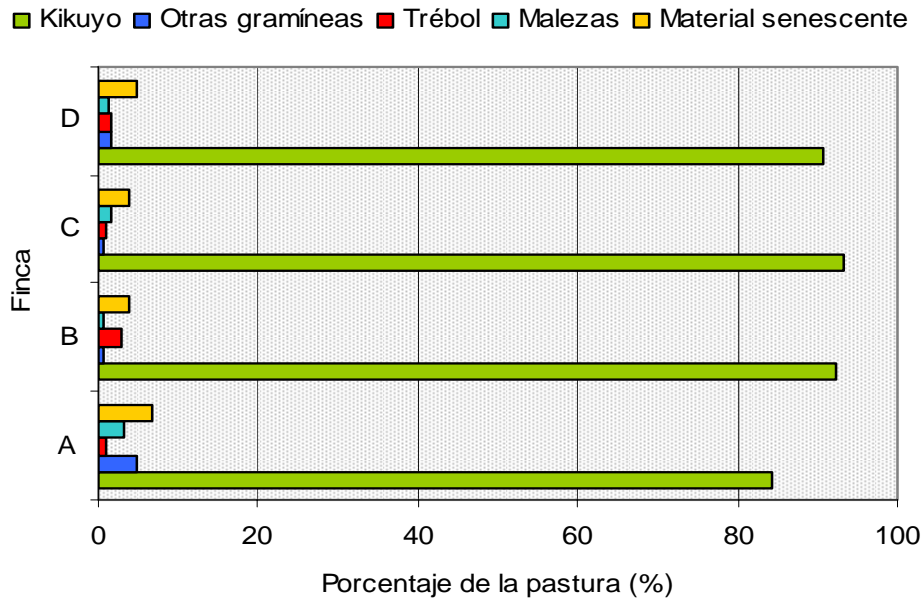


Figura 13. Efecto de la finca sobre la composición botánica promedio de potreros de kikuyo (%) evaluados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

Andrade (2006) reporta un 82,06% como valor promedio de la presencia de kikuyo en las pasturas evaluadas en San José de la Montaña en Heredia. En la presente investigación se determinó que el porcentaje promedio de kikuyo en las pasturas fue de 90,13%. Este resultado evidencia el buen manejo al que son sujetas las pasturas evaluadas.

La finca A tuvo el menor porcentaje de kikuyo de las cuatro fincas (84,34%), y los porcentajes mayores de malezas (3,12%) y de material senescente (6,74%). Dentro de los factores que disminuyen la capacidad productiva del kikuyo están los factores asociados con el suelo, como la pérdida de fertilidad y el deterioro de las propiedades físicas, y factores asociados con la pastura, como el sobrepastoreo, la invasión de malezas, el daño por insectos plaga, el ataque de microorganismos patógenos, y el efecto perjudicial de factores abióticos como el

déficit hídrico (Spain y Gualdrón 1988, Hoyos et al. 1994, citados por Mila y Corredor 2004).

Como se mencionó en la sección de materiales y métodos, en relación a la fertilidad de los suelos de las fincas evaluadas, la finca A posee valores de indicadores de acidez mayores a los recomendados, lo cual afecta la productividad del pasto kikuyo e incide en la composición botánica de la pastura. Las otras fincas tuvieron porcentajes de kikuyo muy similares (90,71-93,17%). La baja productividad del kikuyo en esta finca en comparación a las otras, debida entre otros factores a la acidez del suelo, da pie al debilitamiento del kikuyo en contraposición al fortalecimiento de especies no deseadas como las malezas.

El hábito de crecimiento agresivo del kikuyo impide la proliferación de otras gramíneas. La finca que contó con el mayor porcentaje de otras gramíneas diferentes al kikuyo fue la finca A (4,86 %).

El trébol que se encontró en los potreros fue el trébol blanco (*Trifolium repens*). Andrade (2006) reportó un porcentaje promedio de trébol blanco de 1,91 % en pasturas de kikuyo en la zona de San José de la Montaña, Heredia. El porcentaje promedio de trébol encontrado en la presente investigación fue de 1,60%.

El nitrógeno tiene un efecto notable en la composición botánica de las asociaciones gramíneas-leguminosas, ya que la primera tiene la habilidad de utilizar el nitrógeno aplicado con más eficiencia que la segunda, por lo que puede llegar a ser dominante en el pastizal. En el caso de las leguminosas, estas pueden desaparecer cuando el N está disponible en el suelo en grandes cantidades (Vallis 1978, citado por Urbano et al. 2005).

Resulta de interés medir la proporción de leguminosas ya que, además de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo, son fuente de proteína vegetal para

animales en producción; la pérdida o reducción de ciertos componentes, como las leguminosas y otras especies forrajeras, puede afectar la calidad de la pastura sobre todo si tales componentes son reemplazados por especies poco consumidas como algunas malezas (Mila y Corredor 2004).

4.2.2. Efecto de la época de muestreo sobre la composición botánica de la pastura

La época del muestreo tuvo un efecto significativo sobre las variables kikuyo ($P= 0,003$) y material senescente ($P\leq 0.0001$). Las otras variables (otras gramíneas, trébol y malezas) no se modificaron de forma significativa con respecto a la época de muestreo.

El porcentaje de kikuyo en la pastura fue más bajo en el periodo seco (enero a abril) que en el periodo lluvioso. El material senescente mostró un comportamiento opuesto al mostrado por kikuyo, puesto que el porcentaje de este componente fue mayor en la época seca y disminuyó en la época de invierno.

Cuadro 10. Efecto de la época de muestreo sobre la composición botánica promedio de potreros de kikuyo (%) evaluados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un período de un año.

Época	Kikuyo	Otras gramíneas	Trébol	Malezas	Material senescente
Porcentaje presente en la pastura (%)					
ENE-FEB	83,63	4,17	1,62	1,93	8,66
MAR-ABR	91,25	1,22	1,63	1,04	4,74
MAY-JUN	92,41	1,24	1,89	1,96	2,51
JUL-AGO	91,12	1,64	2,14	1,34	3,90
SET-OCT	91,53	1,33	1,38	1,98	3,78
NOV-DIC	90,85	1,69	0,94	1,55	4,98

n= 2880 observaciones (72 potreros muestreados cada uno con 40 observaciones)

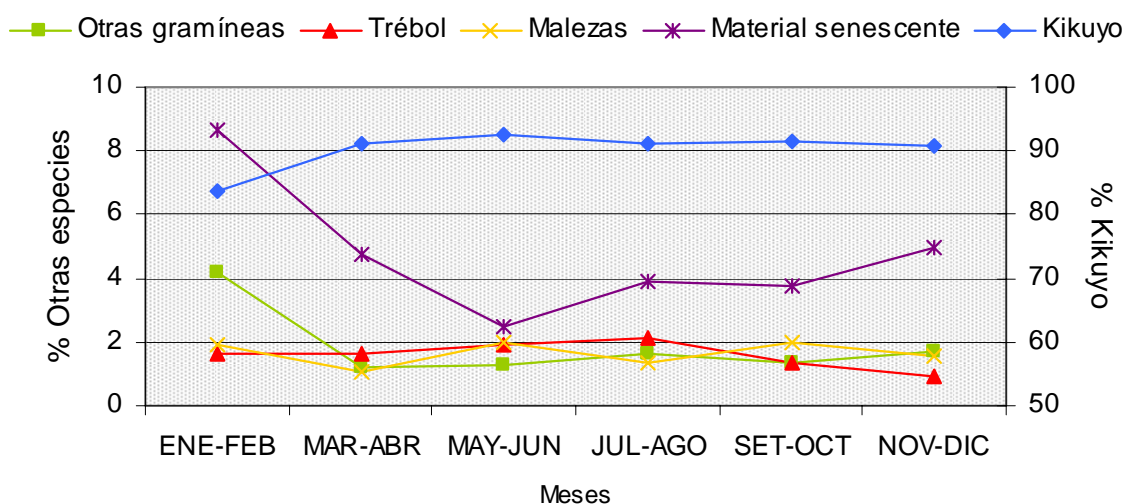


Figura 14. Efecto de la época de muestreo sobre la composición botánica promedio de potreros de kikuyo (%) evaluados en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.

4.3. Edad fenológica de la planta

Se ha determinado que la edad fenológica más apropiada para pastorear el kikuyo es cuando los rebrotes de la pastura han desarrollado 4 hojas nuevas completamente expandidas. Visualmente se observaría 4 ½ hojas por rebrote. La edad fenológica ideal para pastorear el kikuyo fue fijada en 4 ½ hojas, porque después de esta etapa la proporción de hojas disponible comienza a declinar y la proporción de tallos y material senescente aumenta considerablemente.

Sin embargo, en la presente investigación se observó que no existió un descenso en el valor nutricional de la pastura cuando los rebrotes habían desarrollado un mayor número de hojas expandidas. Por esta razón se sugiere que en condiciones tropicales factores como la pluviosidad, la radiación solar y la temperatura contribuyen a que la edad fenológica más apropiada para cosechar el kikuyo se alcance más tardíamente, es decir, cuando la planta ha desarrollado entre 4 ½ y 5 hojas.

La edad fenológica de la pastura fue influenciada por el efecto del tratamiento, la época de muestreo y la interacción entre la finca y el tratamiento.

4.3.1. Efecto de la época de muestreo sobre la edad fenológica de la pastura

La época de muestreo tuvo un efecto altamente significativo ($P \leq 0.0001$) sobre el número de hojas nuevas encontradas en la pastura. La Figura 15 muestra las variaciones estacionales que tuvo la edad fenológica en el periodo de muestreo.

En la época seca el valor promedio del número de hojas nuevas fue más bajo que en la época lluviosa. Según Herrero (2000, citado por Andrade 2006) la aparición de hojas nuevas por rebrote, está influenciada por la temperatura. A mayor temperatura, menor es el tiempo que tarda en aparecer la nueva hoja.

Durante la época seca las temperaturas mínimas fueron más bajas (Figura 6). Estas bajas temperaturas pudieron haber afectado el surgimiento de nuevas hojas.

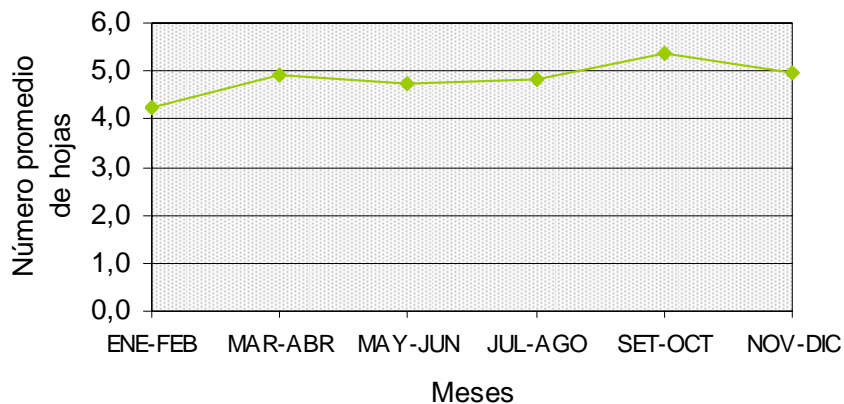


Figura 15. Efecto de la época de muestreo sobre el número de hojas nuevas presentes en las pasturas de kikuyo evaluadas en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un período de un año.

4.3.2. Efecto del tratamiento sobre la edad fenológica de la pastura

El tratamiento tuvo un efecto altamente significativo ($P \leq 0.0001$) sobre el número de hojas por rebrote en las pasturas evaluadas.

Se observó que a medida que se alargaba el periodo de descanso de los potreros aumentaba el número de hojas por rebrote. Por eso se obtuvieron mayores valores promedio de hojas nuevas en el tratamiento día 0 que en el tratamiento día -4, y este tratamiento a su vez mostró un mayor número de hojas nuevas en comparación con el tratamiento día -8 (Figura 16).

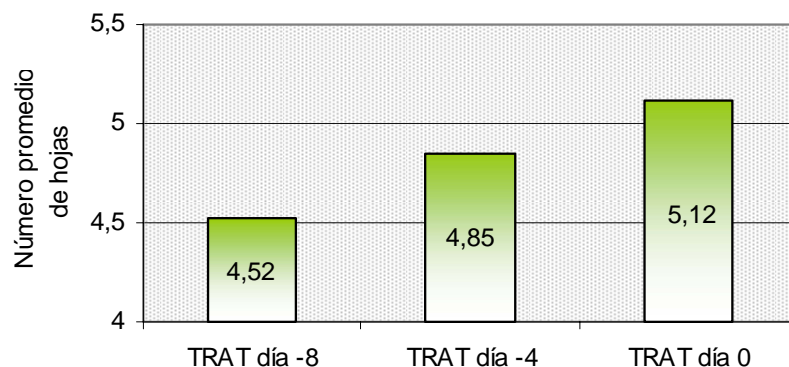


Figura 16. Número promedio de hojas nuevas del pasto kikuyo evaluado a tres edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

4.3.3. Efecto de la interacción finca*tratamiento sobre la edad fenológica de la pastura

El efecto finca-tratamiento tuvo un efecto significativo ($P=0,0037$) sobre la edad fenológica de la pastura.

Como puede observarse en el Cuadro 11 los valores promedio de número de hojas nuevas por rebrote encontrado para todas las fincas y los tratamientos estuvo dentro del rango de 4,17- 5,32 hojas. Los valores promedio de número de hojas de la fincas A, B y C para el tratamiento día -8, se ajustan al valor recomendado de las 4 ½ hojas por rebrote. La finca D fue la única que sobrepasó este valor en todos los tratamientos aplicados. Una de las razones por la cual esta finca presentó los valores promedio mayores para el número de hojas, es la baja presión de pastoreo que posee esta finca en comparación a las otras (3,6 animal/hectárea) lo que provoca que el pastoreo no sea tan intensivo.

Existió, en todas las fincas, la tendencia del número de hojas a aumentar a medida que el ciclo de rotación se alargaba.

Reeves (1994, citada por Andrade 2006) indica que el parámetro de las 4½ hojas en el pasto kikuyo es relevante solo cuando la pastura ha sido pastoreada de manera intensa. Sin embargo en nuestro medio tropical esta recomendación podría adaptarse y la sugerencia sería cosechar la pastura cuando en promedio se hayan desarrollado de 4½ a 5 hojas nuevas por rebrote. Esto debido a que los resultados obtenidos para el análisis nutricional del pasto kikuyo evidenciaron que no existen grandes diferencias a nivel nutricional si se cosecha el pasto cuando se encuentra entre las edades fenológicas mencionadas.

Cuadro 11. Número de hojas del pasto kikuyo evaluado a tres edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

Finca	TRAT día -8	TRAT día -4	TRAT día 0
Número de hojas			
A	4,29 ± 0,43	4,86 ± 0,68	5,06 ± 0,45
B	4,17 ± 0,38	4,57 ± 0,51	5,27 ± 0,67
C	4,54 ± 0,16	4,65 ± 0,45	4,90 ± 0,45
D	5,09 ± 0,66	5,32 ± 0,42	5,24 ± 0,42

± =Desviación estándar

n = 2880 observaciones (72 potreros muestreados cada uno con 40 observaciones)

4.4. Valor nutricional del pasto kikuyo

4.4.1. Contenido de materia seca

El contenido de materia seca en las pasturas de pasto kikuyo se vio influenciado de forma altamente significativa por el efecto de finca ($P \leq 0,0001$) y por el efecto de la época de muestreo ($P \leq 0,0001$).

Los contenidos de materia seca encontrados durante los meses de verano (enero a abril) fueron más altos que los encontrados durante la época lluviosa (Figura 17). Esto ocurre porque en los periodos en los cuales hay una mayor acumulación de agua en el suelo, se promueve el crecimiento del forraje y se produce una dilución de la MS (Sánchez *et al.* 1985).

Sánchez y Soto (1996) encontraron valores de 17,1 y 14,5 % para el pasto kikuyo en el cantón de San Carlos, durante la época seca y lluviosa respectivamente. Sánchez *et al.* (1985) reportan un valor promedio para la MS de 20,56%, en el cantón de Coronado. Andrade (2006) encontró valores para el contenido de MS de 24,67 y 18,57 % en la época seca y la lluviosa respectivamente en una investigación conducida en las zonas altas de Heredia. El contenido promedio de MS en las muestras analizadas de pasto kikuyo fue de 14,81%, valor que se encuentra entre los valores esperados.

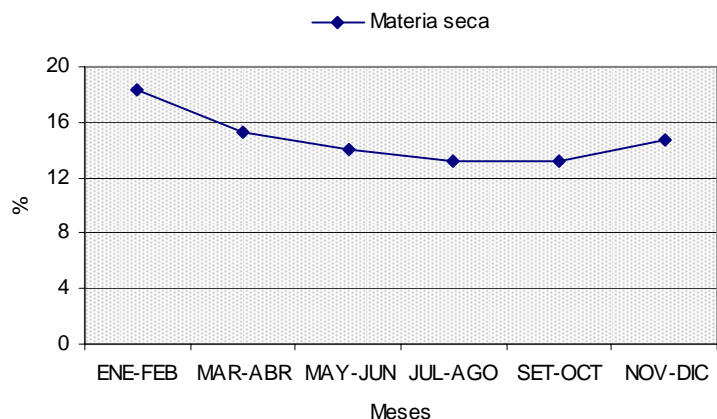


Figura 17. Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de MS del pasto kikuyo (%) en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

La finca A obtuvo el mayor contenido de MS mientras que las fincas B y D obtuvieron porcentajes muy similares. La finca C obtuvo el contenido menor de MS (Figura 18).

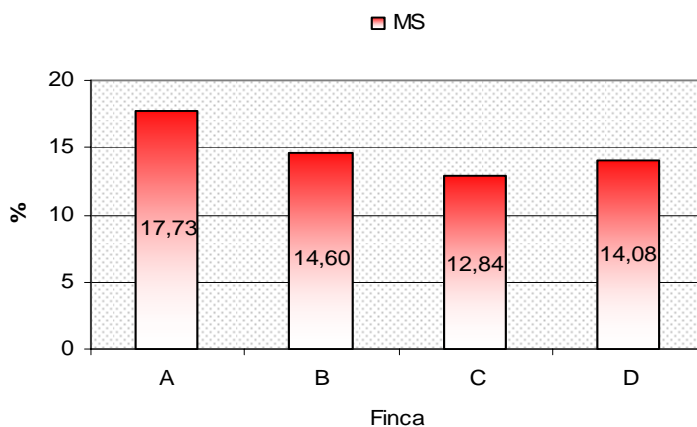


Figura 18. Efecto de la finca sobre el contenido de MS del pasto kikuyo (%) en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

4.4.2. Contenido de proteína cruda

Se obtuvo diferencias significativas ($P=0,0321$) entre épocas de muestreo para el contenido de PC en el pasto kikuyo. Los efectos de la finca y la edad de rebrote no provocaron variaciones significativas en el contenido de PC. Los valores de PC obtenidos durante la época seca fueron mayores a los obtenidos en la época lluviosa (Figura 19).

Ramírez *et al.* (2002) realizaron un experimento en el cual evaluaron el efecto de la época sobre el contenido de PC en el pasto *Brachiaria decumbens*, en Cuba. En este ensayo se obtuvo mayores contenidos de PC durante la época seca (8,89%) en comparación a la época lluviosa (8,33%). Se adujo que esta diferencia puede deberse a un proceso de dilución que se da durante la época lluviosa, en la cual se reduce la proporción de PC debido al crecimiento de los pastos (Fernández 2000, citado por Ramírez *et al.* 2002).

Otra explicación para este comportamiento es que al producirse un mayor crecimiento del pasto durante los meses lluviosos, se produce una mayor cantidad de carbohidratos estructurales generando una dilución del contenido celular, incluida la proteína (Ramírez *et al.* 2002).

Sánchez y Soto (1996) no observaron diferencias significativas entre épocas climáticas para el pasto kikuyo en el cantón de San Carlos. Estos mismos autores consideran que en términos generales, las diferencias observadas entre épocas climáticas tienen poca importancia. Estos autores reportaron un valor promedio de PC de 17,4%. El valor promedio de PC encontrado en esta investigación fue de 18,61%.

La fracción de proteína insoluble disponible del pasto kikuyo representa un 42% de la proteína total y la no disponible un 23%. Una parte de la proteína

insoluble disponible es sobrepasante y digerida a nivel intestinal, en donde aporta aminoácidos para la síntesis láctea (Sánchez 2002).

Para que el funcionamiento del rumen sea apropiado, los animales requieren un balance entre la proteína soluble y los CNF, por lo menos igual o mayor cantidad de CNF que de proteína. Si hay demasiada proteína soluble, esta será convertida a amonio en el rumen. El exceso de amonio debe ser detoxificado a urea y excretado por medio de la orina. Este proceso requiere energía y por lo tanto posee efectos negativos en la producción y reproducción de los animales en pastoreo (Donaghy y Fulkerson 1999).

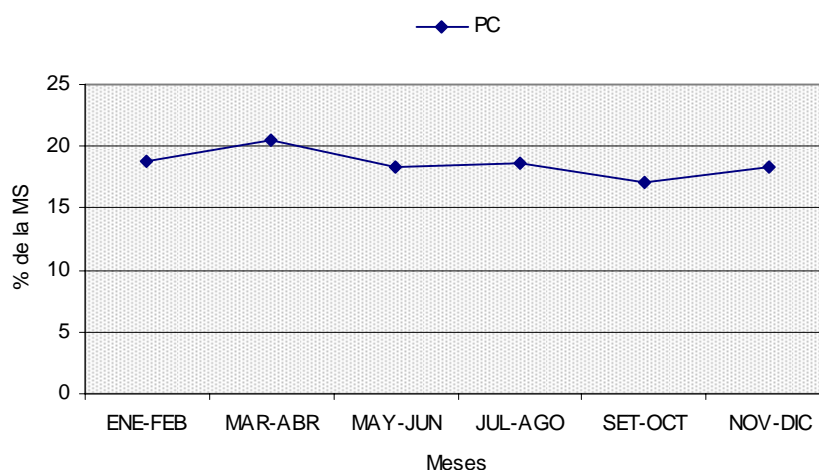


Figura 19. Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de PC (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un período de un año.

4.4.3. Contenido de carbohidratos

Los carbohidratos constituyen la fuente primordial de energía en las dietas del ganado lechero y usualmente comprenden de un 60 a un 70% del contenido total de la dieta. Su principal función es proveer energía tanto a los microorganismos del rumen como al hospedero, que en este caso sería la vaca.

Una función secundaria pero igualmente importante es la de mantener una adecuada salud ruminal gracias a la acción de la fibra que forma parte de los carbohidratos estructurales (NRC 2001).

4.4.3.1. Carbohidratos estructurales

La pared celular de las plantas es una fuente importante de energía para el rumiante y está conformada principalmente por carbohidratos estructurales, celulosa, hemicelulosa, y una cantidad menor de lignina (Marais 2001).

Cuadro 12. Contenido de los componentes (%) de la pared celular del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un período de un año.

Época	FDN	FDA	Lignina	Hemicelulosa	Celulosa
	%				
ENE-FEB	60,10	31,67	3,33	28,71	28,33
MAR-ABR	58,93	31,07	2,48	27,84	28,60
MAY-JUN	59,68	32,85	3,54	26,81	29,31
JUL-AGO	58,03	31,26	3,69	26,75	27,57
SET-OCT	62,76	33,57	3,43	29,20	30,15
NOV-DIC	62,28	32,44	2,93	29,85	29,51

n=96 muestras

4.4.3.1.1. Fibra detergente neutro

La FDN varió de forma significativa ($P=0,01$) entre fincas y de forma muy significativa ($P\leq 0,0001$) con la época de año. Sin embargo, no se observó efecto alguno del tratamiento sobre el contenido de FDN (Cuadro A2).

Marais (2001) reporta concentraciones de FDN en el pasto kikuyo que van desde 58,1 hasta 74,1 % de la MS. Sánchez et al. (1985) reportan un valor promedio de FDN de 69,95 % de la MS para el pasto kikuyo en el cantón de Coronado. Andrade (2006) obtuvo un valor de 58%, en su estudio realizado en San José de la Montaña, Heredia. El contenido promedio de FDN en la presente investigación fue de 60,29 %. Este valor se encuentra en los valores antes mencionados, sin embargo es necesario recordar que las dietas altas en FDN reducen el consumo de MS y la producción de leche (Cruz y Sánchez 2000).

Los porcentajes de FDN en dietas para vacas altas productoras en etapa temprana de lactancia varían de 23 a 35 %, dependiendo de la digestibilidad de la fibra (NRC 2001).

Los valores mayores de FDN se registraron durante la época lluviosa (Figura 20). Un comportamiento similar observaron Sánchez y Soto (1999) en una investigación realizada en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos con varios pastos entre ellos el kikuyo. Ellos obtuvieron valores mayores de FDN durante la época lluviosa que durante la época seca (71,0 y 72,4 % de FDN en las épocas seca y lluviosa, respectivamente).

Coward *et al.* (1974, citados por Sánchez *et al.* 1985) encontraron que las condiciones ambientales durante el crecimiento de la planta afectan el contenido de FDN, lo que explica su variación entre las épocas de muestreo. Durante la época seca se dieron valores altos de radiación y brillo solar. Según Pirela (2005) el aumento en la intensidad de la luz favorece los procesos de síntesis y

acumulación de carbohidratos solubles en la planta, mostrando un comportamiento inverso con el resto de los constituyentes solubles y estructurales, siempre que otros factores no sean limitantes. Esta puede ser una de las razones por las que se dio un mayor contenido de FDN en la época lluviosa (menor radiación y brillo solar) en comparación con la época seca.

Al presentarse una mayor cantidad de fibra durante la época de menor aprovechamiento de pasto, el consumo de materia seca puede verse afectado. Como se comentó en la revisión de literatura, los animales deben consumir una cierta cantidad de fibra para mantener la salud ruminal (Cruz y Sánchez 2000). Es por esto que durante la época lluviosa se recomienda la utilización de heno para elevar el consumo de fibra y prevenir problemas de acidosis.

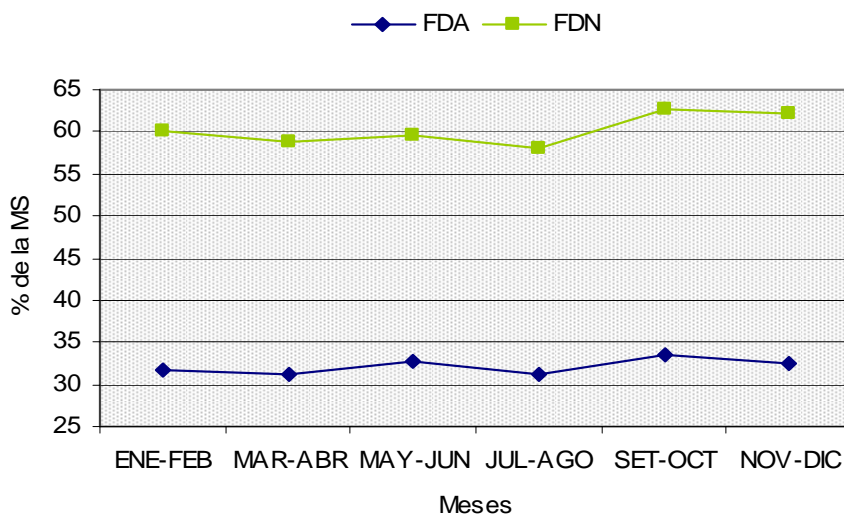


Figura 20. Efecto de la época de muestreo sobre los contenidos de FDA y FDN (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un período de un año.

Las plantas desarrollan mayores cantidades de pared celular como mecanismo de defensa ante condiciones climáticas adversas, enfermedades, plagas y otros factores bióticos y abióticos (Barahona y Sánchez 2005). En la finca A se presentaron los mayores contenidos de pared celular seguida por la finca C (Figura 21). En el caso de la finca A, factores como el microclima (sección 4.1.1) y la fertilidad de sus suelos, pudieron haber incidido en la acumulación de FDN. Los pastos de la finca C obtuvieron el segundo mayor porcentaje de FDN, sin embargo, la pared celular de estos pastos posee valores mayores de celulosa y hemicelulosa en comparación a las otras fincas. La hemicelulosa y celulosa son aprovechables y constituyen una fuente de energía para los microorganismos ruminales. La pared celular de la finca A posee el valor mayor de lignina mayor al compararla con las otras fincas.

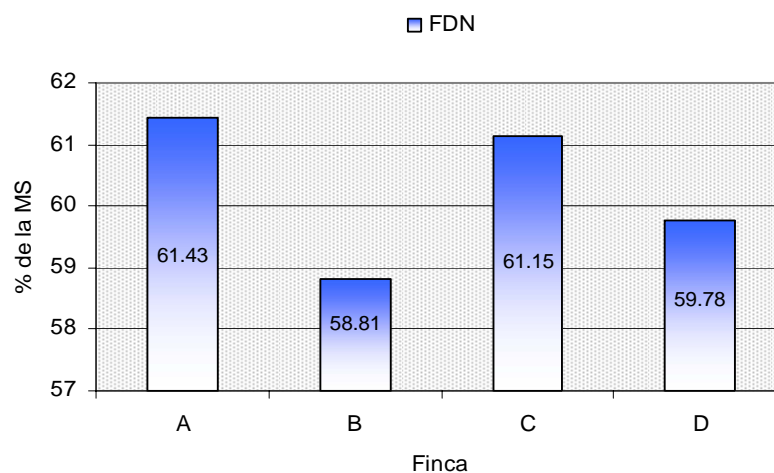


Figura 21. Efecto de la finca sobre el contenido de FDN (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

4.4.3.1.2. Fibra detergente ácido

El contenido de FDA en la investigación varió de forma significativa por el efecto de la época de muestreo ($P=0,0032$). El efecto de la finca o de los

tratamientos no provocó variaciones significativas en esta variable. El hecho de que el contenido de FDA no haya variado con respecto a los tratamientos aplicados, quiere decir que en este lapso de tiempo la planta todavía se encontraba en su estado vegetativo y su valor nutricional es alto.

Andrade (2006) reporta un valor promedio de 29% de la MS para el kikuyo evaluado en la zona alta de Heredia. Sánchez y Soto (1998) encontraron contenidos de 34,3 y 34,4% para las épocas seca y lluviosa respectivamente, para el kikuyo evaluado en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos. El valor promedio de FDA obtenido en la investigación fue de 32,14 % de la MS y se encuentra dentro del ámbito de valores de FDA antes mencionado.

Los valores promedio más altos se presentaron durante los meses de mayo-junio y setiembre-octubre (Figura 20). En estos meses las temperaturas máximas y mínimas se incrementan (Figura 6) y pueden provocar un aumento en el contenido de FDA. Las temperaturas altas favorecen la acumulación de FDA (Johnson *et al.* 2001), dado que los pastos utilizan mecanismos estructurales para reducir los efectos de estrés por altas temperaturas, como la acumulación de contenido de la pared celular (Pirela 2005).

Es en la época lluviosa donde se presenta una mayor acumulación de FDA (Figura 20) y es en esta misma época cuando se dan los valores menores de disponibilidad de materia seca (Sección 4.1.2). Las dietas altas en FDA reducen la producción de leche ya que la FDA se correlaciona negativamente con la digestibilidad de la MS y el aporte de energía (Weiss 1993, citado por Cruz y Sánchez 2000).

De acuerdo con las recomendaciones del NRC (2001), las raciones consumidas por el ganado lechero deben contener de 19 a 21% de FDA para mantener el porcentaje de grasa láctea.

4.4.3.1.3. Lignina

A pesar de que la lignina no es un carbohidrato, se incluye en esta sección porque es parte de la fibra y su determinación comprende la misma metodología. La lignina es un polifenol con una estructura no definida (Ralph 1996, citado por Correa *et al.* 2008a). Ford *et al.* (1979, citados por Marais 2001) indica que existe una fuerte correlación negativa entre la concentración de lignina y la digestibilidad de los forrajes tropicales.

Se observó mediante el análisis estadístico de las muestras que el contenido de lignina no se vio afectado por los tratamientos ($P > 0,05$). Sin embargo el contenido de lignina en el pasto kikuyo si varió significativamente entre fincas ($P = 0,0005$) y de acuerdo a la época en la que se realizó el muestreo ($P = 0,0002$).

La digestibilidad de los carbohidratos estructurales y la cantidad de energía liberada en el pasto, dependen en gran medida del grado de lignificación del tejido y tienden a disminuir conforme aumenta la edad de la planta (Said 1971, citado por Marais 2001).

Se han propuesto tres mecanismos potenciales para explicar la razón por la cual la lignina limita la fermentación microbial o hidrólisis enzimática de la pared celular:

- 1) un efecto toxico de la lignina sobre los microorganismos del rumen
- 2) impedimento estérico causado por los enlaces lignina-polisacáridos que limita el acceso de enzimas a carbohidratos específicos y
- 3) un medio ambiente hidrofóbico creado por la lignina que impide la acción de enzimas las cuales requieren un medio acuoso.

El segundo mecanismo parece ser el que más afecta la degradación de la pared celular (Jung y Deetz 1993, citados por Ramírez *et al.* 2002).

Marais (2001) reporta valores de lignina en el pasto kikuyo que van de 2,9 a 6,0%. Correa *et al.* (2008a) reportan valores para lignina, entre 4,5 y 7,5%. Apráez y Moncayo (2000) reportan valores entre 5,77 y 8,80%. Andrade (2006) obtuvo un valor promedio para la lignina del 2,67% de la MS. El valor promedio de lignina obtenido en esta investigación fue de 3,24 % de la MS y se encuentra entre los valores esperados para este parámetro. Sánchez y Soto (1998) encontraron concentraciones de lignina de 3,64 y 3,68% de la MS para el pasto kikuyo, durante la época seca y la lluviosa respectivamente, en el distrito de Quesada, San Carlos.

La diferencia en el contenido de lignina entre fincas, puede atribuirse a las diferencias en el manejo (carga animal, fertilidad de suelos, presencia de plagas) de las mismas. La finca A presentó el valor promedio más alto de lignina entre las cuatro fincas (Figura 22).

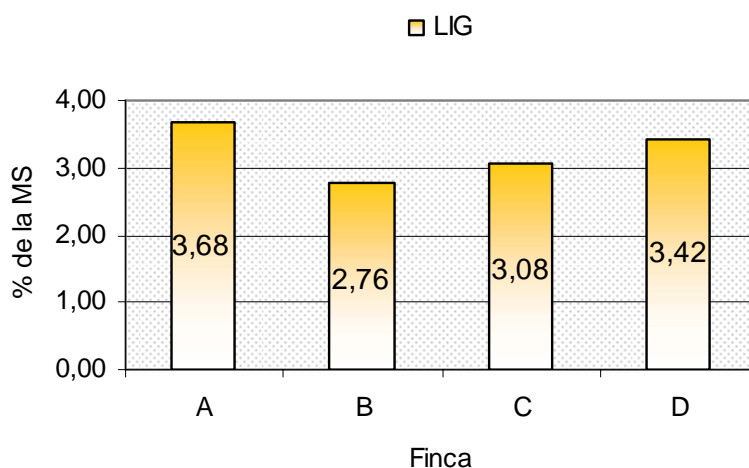


Figura 22. Efecto de la finca sobre el contenido de lignina (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

La época del año en la cual se acumuló un mayor contenido de lignina fue la época lluviosa (Figura 23). Esto ocurre porque según Van Soest y Giner-Chávez (1994, citado por Villalobos 2006) la baja temperatura es el principal factor ambiental que promueve una menor concentración de lignina. En la época seca se registran las temperaturas mínimas más bajas del año (Retana 2006).

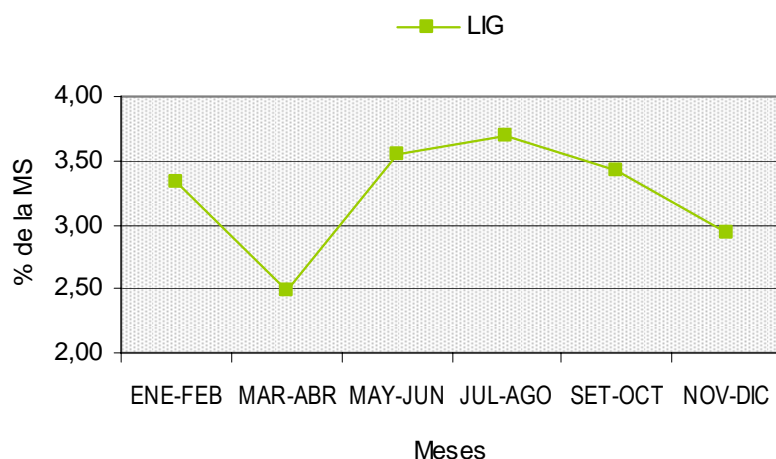


Figura 23. Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de lignina (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago durante un periodo de un año.

4.4.3.1.4. Hemicelulosa y celulosa

Los contenidos de hemicelulosa en el pasto kikuyo variaron de forma significativa debido al efecto de la finca ($P=0,0059$) y la época de muestreo ($P=0,0033$). En el caso de la celulosa las variaciones en los valores fueron producto únicamente de la época de muestreo ($P=0,0032$). Los valores promedio de celulosa para el pasto kikuyo fue de 28,91 % y para la hemicelulosa fue de 28,19 %.

La hemicelulosa es una cadena de polisacáridos asociados a la pared celular de las plantas (Ball *et al.* 2001). Su valor se estima restando el valor de la FDA al valor de FDN. La celulosa es un carbohidrato estructural, un polímero de glucosa de cadena larga que es el principal constituyente de la pared celular de las plantas. Es el carbohidrato más abundante en la naturaleza y es digerido parcial y lentamente por los rumiantes (Ball *et al.* 2001).

Las fracciones de hemicelulosa y celulosa constituyen las mayores fuentes de energía para los microorganismos del rumen y para el animal. Sin embargo, con el proceso de lignificación de los forrajes se reduce en el rumen la degradación de estos componentes y como consecuencia hay menos energía disponible para el animal (Lascano 2002).

Los contenidos de hemicelulosa fueron de 29,41, 27,05, 28,85 y 27,47 % MS para las fincas A, B, C y D respectivamente.

Durante los meses de julio y agosto se da una caída en los contenidos de celulosa y hemicelulosa. La caída de estos componentes reduce la energía disponible para el animal en una época en la que la disponibilidad de materia seca es la más escasa del año (Figura 8). Por eso se recomienda que durante estos meses se incluya heno en la dieta de los animales.

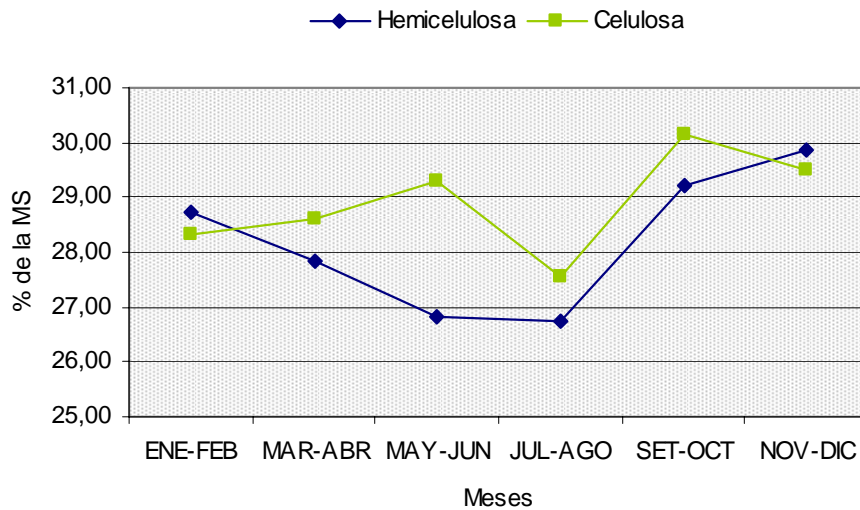


Figura 24. Efecto de la época de muestreo sobre los contenidos de hemicelulosa y celulosa (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.

Soto *et al.* (1980, citados por Marais 2001) encontraron que los contenidos de hemicelulosa aumentaron a medida que aumentaba la dosis aplicada de nitrógeno y la edad de rebrote, mientras que para la celulosa encontraron una menor variación. En la presente investigación no se encontró un aumento en la concentración de hemicelulosa con el aumento en la edad de rebrote. Los mismos autores reportaron que la digestibilidad de la hemicelulosa fue entre 15-23 % mayor que para la celulosa y que la digestibilidad de la hemicelulosa incrementaba a dosis crecientes de N y a mayor edad de rebrote.

4.4.3.2. Carbohidratos no fibrosos

El contenido de carbohidratos no fibrosos varió por el efecto significativo de la finca ($P=0,0003$) y por el efecto significativo de la época de muestreo ($P=0,0144$). La época del año en la cual se dio una mayor acumulación de CNF fue la época lluviosa, tal y como se puede apreciar en la Figura 25.

El contenido de CNF en el pasto se obtiene por diferencia, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{CNF} = 100 - (\text{PC} + \text{Cenizas} + \text{EE} + \text{FDN} - \text{PFDN})$$

Como puede observarse en la fórmula, existen cinco fracciones de la composición de un pasto que intervienen en esta estimación. Al menos tres de estas fracciones (EE, Cenizas y PC) presentaron mayores contenidos durante la época seca en comparación al invierno. Por este incremento de estas fracciones durante el verano, se presume que el contenido de CNF fue más bajo en esta época.

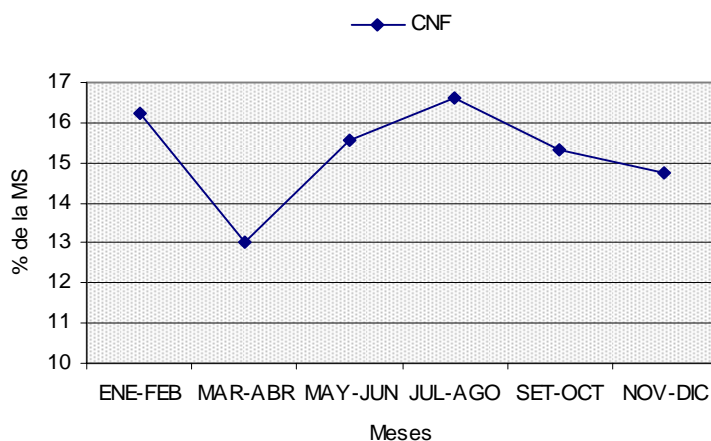


Figura 25. Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de carbohidratos no fibrosos (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un período de un año.

Es importante que durante los meses de marzo y abril, meses en los cuales se da una caída en el contenido de CNF se suplemente la dieta con algún ingrediente que aporte CNF como maíz, harina de soya, subproductos de trigo,

cáscara de banano, pulpa de cítricos, para contrarrestar el bajo aporte de CNF que ofrece el pasto en estos meses.

Sánchez y Soto (1996) también observaron una variación estacional de los CNF. Durante la época seca el contenido promedio fue de 9,86% de la MS, mientras que en la lluviosa el valor descendió hasta alcanzar un valor promedio de 6,81 % de la MS para el pasto kikuyo. El comportamiento estacional observado por dichos investigadores fue completamente opuesto al registrado en esta investigación.

En cuanto a la variación observada debido al efecto de finca, se constató que la finca A mostró el valor promedio más alto de CNF (Figura 26) entre las cuatro fincas, posiblemente porque fue la que registró el menor contenido de cenizas (Cuadro A4).

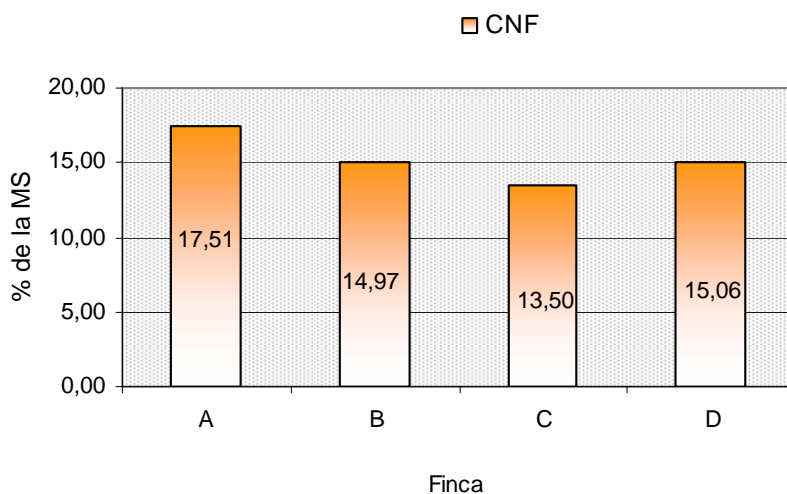


Figura 26. Efecto de la finca sobre el contenido de carbohidratos no fibrosos (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

Sánchez y Soto (1996) evaluaron el contenido de CNF en el pasto kikuyo en una investigación realizada en el distrito de Quesada en San Carlos. Ellos

obtuvieron un valor promedio de 7,83 % de la MS. El contenido de CNF obtenido en esta investigación fue de 15,26 % de la MS, valor que casi duplica el obtenido por Sánchez y Soto. Andrade (2006) obtuvo un valor promedio de 8,34 % de la MS para el contenido de CNF en el kikuyo, el cual también es inferior al obtenido en la presente investigación.

Según NRC (2001) la concentración máxima de CNF debe estar entre 33 y 43% de la MS para evitar la acidosis y otros problemas metabólicos. En general el contenido de CNF de los pastos no logra satisfacer los requerimientos de los animales por lo que los alimentos balanceados con los cuales se suplementa la dieta, deben ser altos en este nutrimento (Sánchez 2002).

4.4.4. Contenido de extracto etéreo

El contenido de EE varió muy significativamente ($P \leq 0,0001$) con la época de muestreo, encontrándose mayores valores durante la época seca en comparación con la lluviosa (Figura 27).

El contenido de EE en las muestras evaluadas en la investigación tuvo un promedio de 1,17% de la MS. Este valor es menor a los reportados en el Cuadro 3, sin embargo se encuentra dentro del rango descrito por Miles *et al.* (2000) citados por Correa *et al.* (2008a), quienes reportan valores de EE en kikuyo entre 0,56 a 5,81% de la MS. El aporte de esta fracción química a los forrajes es muy pequeño.

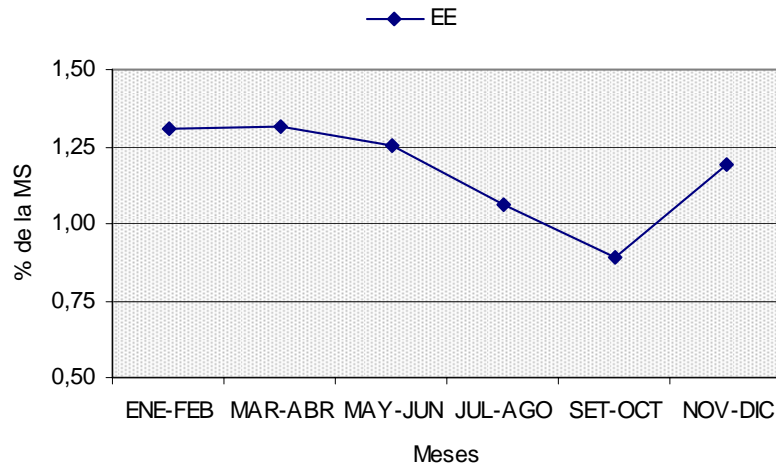


Figura 27. Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de extracto etéreo (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

4.4.5. Contenido de cenizas

Las cenizas son una medida de la cantidad total de minerales presentes en el forraje. Es el residuo que se obtiene después de incinerar una muestra (Ball *et al.* 2001). Este valor se utiliza en la estimación del contenido energético de los forrajes (Weiss *et al.* 1992, citado por Sánchez y Soto 1996) y del contenido de carbohidratos no fibrosos (Van Soest *et al.* 1991, citados por Sánchez y Soto 1996).

El contenido de cenizas varió de forma altamente significativa con la época de muestreo ($P \leq 0.0001$), fue ligeramente mayor durante la época seca (10,93% contra 10,79% de la MS durante la época lluviosa)(Figura 28).El contenido promedio de cenizas encontrado en las muestras evaluadas fue de 10,83 % de la MS. El contenido de minerales a cenizas de los forrajes está determinado por la especie, el estado de madurez de la planta, su manejo, el tipo de suelo y el clima (McDowell 1983, citado por Sánchez y Soto 1996).

La ceniza al ser materia inorgánica no aporta energía al animal. Su contenido es restado para poder obtener el total de nutrimentos digestibles del forraje (NRC 2001).

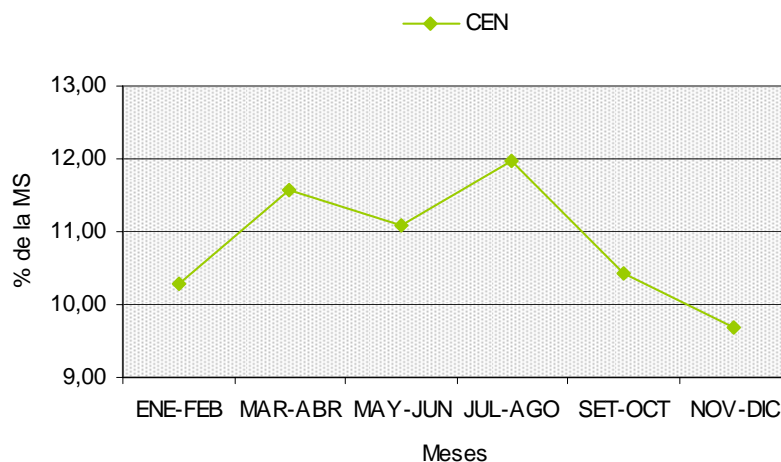


Figura 28. Efecto de la época de muestreo sobre el contenido de cenizas (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

Se observó un efecto altamente significativo de la finca ($P \leq 0,0001$) sobre el contenido de cenizas de las muestras evaluadas. En la finca A se presentaron los contenidos menores de este componente, tal y como puede apreciarse en la Figura 29.

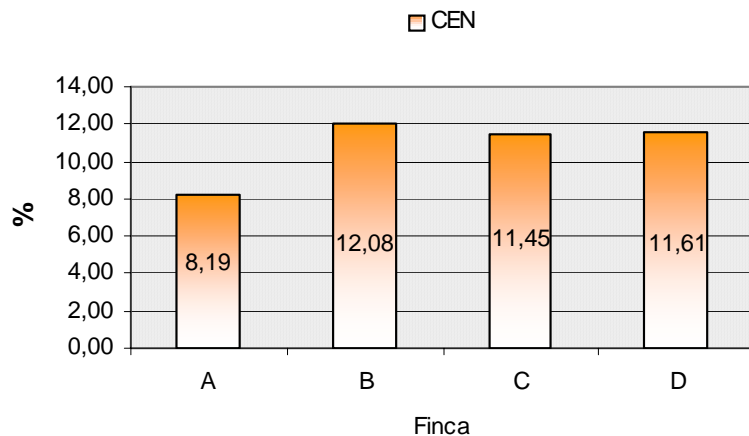


Figura 29. Efecto de la finca sobre el contenido de cenizas (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

4.4.6. Digestibilidad "*in vitro*" de la materia seca

Los efectos de finca, época de muestreo y tratamiento no generaron diferencias significativas en los valores de digestibilidad "*in vitro*" del pasto kikuyo.

La digestibilidad aparente de un pasto, expresa la proporción en que se encuentran los nutrientes digestibles y su utilización con respecto al total del alimento ingerido por el animal. Una digestibilidad del 65% en un forraje es indicativa de un buen valor nutritivo y permite un consumo adecuado de energía en la mayoría de los animales (Pirela 2005).

Los forrajes tropicales poseen alrededor de 15 unidades menos de digestibilidad en comparación a los de clima templado debido a que tienen una mayor cantidad de pared celular y una menor cantidad de carbohidratos no fibrosos. Así mismo, esa pared es más lignificada y por lo tanto menos digestible (Sánchez 2007).

El valor promedio obtenido para la DIVMS fue de 63,95%. Andrade (2006) reporta un valor promedio de 63,69% para el kikuyo, el cual es ligeramente menor al obtenido en esta investigación. Los valores de DIVMS reportados en la literatura van desde 50% (Royal y Hughes 1976, citados por Reeves 1997) a 0.74% (Mannetje 1975, citado por Reeves 1997).

Al analizar los valores promedio de DIVMS y DIVFDN se observó que en la finca A se presentaron los valores menores para cada tratamiento, mientras que las fincas B, C y D mantuvieron valores más homogéneos para ambos parámetros (Cuadro 13). Esta menor digestibilidad de los pastos de la finca A se debe a que estos presentaron mayores concentraciones de FDN, y de lignina la cual como se sabe ejerce un efecto negativo sobre la DIVMS (Barahona y Sánchez 2005).

Cuadro 13. Digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca y digestibilidad “*in vitro*” de la fibra neutro detergente (%) del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago.

Finca	DIVMS	DIVFDN
	%	
A	59,88 ± 10,79	34,56 ± 17,09
B	66,24 ± 7,57	40,20 ± 14,78
C	65,04 ± 9,77	42,84 ± 15,97
D	64,66 ± 9,15	41,44 ± 13,64

n=96 muestras

A pesar de que no hubo un efecto significativo de la época de muestreo sobre la DIVMS, se constató que los valores más altos correspondieron a la época seca (Figura 30). Como se comentó anteriormente, el contenido de FDN ejerce un efecto inversamente proporcional sobre la digestibilidad de la MS. Es de esperarse que la digestibilidad aumente al reducirse el contenido de FDN. Eso fue

lo que ocurrió durante la época seca; los valores de digestibilidad fueron mayores puesto que los de la FDN fueron más bajos.

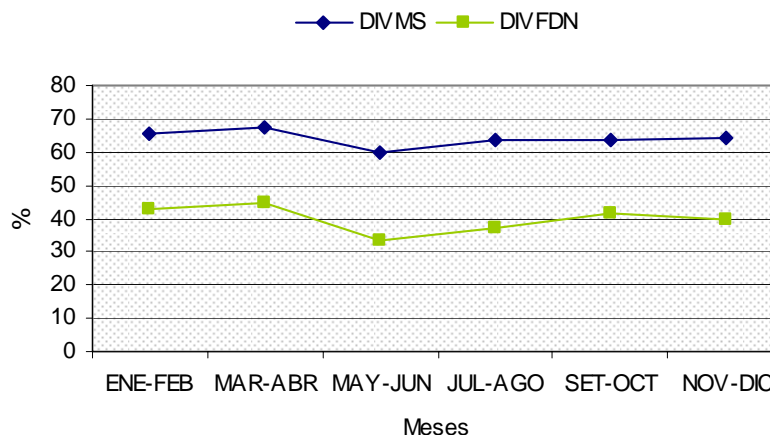


Figura 30. Efecto de la época de muestreo sobre la digestibilidad “*in vitro*” y la digestibilidad “*in vitro*” de la fibra detergente neutro (%) del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año.

En cuanto al efecto del tratamiento sobre la digestibilidad se observó que la misma no varió significativamente en el rango de edades evaluado (día -8 a día +4). Esto quiere decir que las pasturas evaluadas todavía se encontraban en su estado vegetativo.

4.4.7. Digestibilidad de la pared celular

La digestibilidad de la FDN no mostró variaciones por los efectos de finca, tratamiento o muestreo.

A pesar de esto, se observó una tendencia de la DIVFDN a aumentar en los meses de verano (enero a abril), como se refleja en la Figura 30. Esto ocurrió fundamentalmente porque es durante la época de verano cuando se presentaron los valores menores para el contenido de lignina en las muestras de pasto kikuyo evaluadas.

El valor promedio de DIVFDN encontrado en esta investigación fue de 39,76 % de la FDN.

Tampoco existió diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada finca lo cual refleja que la digestibilidad de la fibra no fue afectada por las edades de rebrote evaluadas (Cuadro A3).

No existieron diferencias significativas entre fincas, sin embargo se observó que la finca C mostró el valor promedio más alto de DIVFDN (Cuadro 13), esta finca posee el ciclo de rotación más corto (31 días), sus pasturas son las más jóvenes en comparación a las pasturas de las otras fincas. Los valores menores promedio para la DIVFDN correspondieron a la finca A; esta finca también obtuvo la mayor concentración de lignina entre todas las fincas y como se ha comentado anteriormente, la lignina es la fracción de la pared celular que las bacterias ruminales tienen mayor dificultad en digerir (Barahona y Sánchez 2005).

Los valores promedio de DIVFDN para las cuatro fincas se encontraron entre 34,56 y 42,84 % de la FDN. Sniffen y Emerick (1988, citados por Chase y Overton 1999) señalan que para los pastos una digestibilidad de la FDN menor a 35% de la FDN se considera como pobre o baja, si el valor de la digestibilidad se encuentra entre 35 y 45% se considera como buena y si su valor es superior a 45% de la FDN es considerada como excelente.

4.4.8. Contenido energético

La energía es el principal factor que limita la producción de leche a base de pasturas de kikuyo, debido a la deficiencia de CNE fácilmente digestibles y a una digestibilidad baja de los componentes estructurales (Marais 2001).

Se estimó el total de nutrimentos digestibles (TND) y el contenido energético en términos calóricos utilizando el programa de cómputo del NRC (2001).

Se observó que en todos los parámetros de energía evaluados, tanto el efecto de la finca como el efecto de la época de muestreo generaron variaciones significativas.

La finca A presentó los valores energéticos mayores en todos los parámetros evaluados. Esto por cuanto esta finca posee los valores más bajos de cenizas, más altos de CNF y valores más altos de EE (Cuadro A4).

Cuadro 14. Efecto de la época de muestreo sobre el contenido energético del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago, durante un periodo de un año¹.

Época	TND	ED	EM(3x)	EN _L (3x)	EN _G (3x)
	%	Mcal/ kg MS			
ENE-FEB	57,75	2,65	2,10	1,29	0,74
MAR-ABR	58,42	2,71	2,15	1,32	0,78
MAY-JUN	56,60	2,60	2,07	1,26	0,70
JUL-AGO	55,24	2,54	2,02	1,23	0,66
SET-OCT	55,18	2,50	1,99	1,21	0,64
NOV-DIC	58,57	2,68	2,13	1,31	0,76

n=96 muestras

¹ Ración constituida por kikuyo, un alimento balanceado (PC 16%, FDN 20%, CNE 54%, EN_L 1,85 Mcal/kg) y un suplemento mineral.

Cuadro 15. Efecto de la finca sobre el contenido energético del pasto kikuyo evaluado en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en las zonas altas de Cartago¹.

Finca	TND	ED	EM(3x)	EN _L (3x)	EN _G (3x)
	%		Mcal/ kg MS		
A	58,60	2,68	2,12	1,30	0,76
B	56,91	2,61	2,08	1,27	0,71
C	56,18	2,58	2,05	1,25	0,69
D	56,14	2,58	2,05	1,25	0,69

n=96 muestras

4.4.8.1. Total de nutrimentos digestibles

El contenido de TND varió de forma altamente significativa por el efecto de finca ($P \leq 0,0001$) y de forma significativa por el efecto de la época de muestreo ($P=0,0007$).

Durante la época seca el contenido de TND fue mayor al compararlo con la época lluviosa. Sánchez y Soto (1999b) observaron la misma variación con respecto a la época para el kikuyo en la zona de San Carlos. Ellos obtuvieron valores promedio de 57,8 y 56,1% de la MS para el TND durante las épocas seca y lluviosa respectivamente.

Andrade (2006) reportó un valor promedio para este parámetro de 63,72% para el kikuyo en la zona de Heredia. El contenido promedio de TND en esta investigación fue de 56,96 %, valor menor al obtenido por Andrade (2006), posiblemente por el mayor contenido de pared celular registrado en esta investigación.

¹ Ración constituida por kikuyo, un alimento balanceado (PC 16%, FDN 20%, CNE 54%, EN_L 1,85 Mcal/kg) y un suplemento mineral.

La finca A obtuvo el contenido mayor de TND en comparación a las otras tres fincas, probablemente porque posee un contenido mayor de EE y un menor contenido de cenizas. Las fincas B, C y D presentaron valores muy similares de TND (Cuadro 15).

4.4.8.2. Energía digestible, metabolizable, neta de lactancia y de ganancia

Los efectos de la época de muestreo y de la finca generaron diferencias en el contenido de ED. La ED tuvo concentraciones mayores durante la época seca. El contenido promedio de ED fue de 2,61 Mcal/kg MS, este valor es mayor a los valores de ED reportados por Sánchez y Soto (1999b) de 2,55 y 2,47 Mcal/kg de MS en la época seca y lluviosa respectivamente, en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos, para el pasto kikuyo.

Los mayores contenidos de ED se dieron durante la época seca (Cuadro 14) y la finca A obtuvo un contenido mayor (Cuadro 15) al compararla con las otras fincas.

La energía metabolizable también varió con la época de muestreo y a la finca evaluada. El efecto de la época mostró una alta significancia ($P \leq 0,0001$) al igual que el efecto de la finca ($P=0,0006$).

Sánchez y Soto (1999b) obtuvieron un valor promedio para la EM de 2,13 Mcal/kg de MS para el kikuyo; Andrade (2006) reportó un valor de 2,38 Mcal/kg de MS, mientras que el contenido promedio de EM en la presente investigación fue de 2,08 Mcal/kg de MS, valor más cercano al reportado por Sánchez y Soto (1999b) que al reportado por Andrade (2006).

La época de muestreo en la cual se registró el contenido mayor de EM fue en la época seca (Cuadro 14). Sánchez y Soto (1999b) encontraron el mismo

comportamiento al obtener un valor promedio de 2,17 Mcal/kg de MS en la época seca y de 2,11 Mcal/kg de MS en la época lluviosa.

La finca A mostró los contenidos mayores de EM, mientras que las fincas B, C y D mostraron contenidos muy similares (Cuadro 15).

El contenido promedio de energía neta de lactancia fue de 1,27 Mcal/ kg de MS. Los efectos de finca y de la época de muestreo fueron significativos y altamente significativos para el contenido de energía neta de lactancia ($P=0,0017$ y $P\leq 0,0001$, respectivamente). El efecto del tratamiento no provocó mayores variaciones en este parámetro.

Andrade (2006) reporta valores de 1,48 Mcal/ kg de MS, contenido superior al encontrado en esta investigación. Sin embargo Sánchez y Soto (1999b) obtuvieron un valor promedio de 1,30 Mcal/ kg de MS, el cual se asemeja más al obtenido en este ensayo.

Con respecto a la variación estacional que ocurrió para este parámetro, se observó un valor mayor en la época seca que en la lluviosa (Cuadro 14). Sánchez y Soto (1999b) observaron esta misma tendencia estacional al obtener contenidos de 1,32 Mcal/ kg de MS y 1,29 Mcal/ kg para la época de verano y la época de invierno respectivamente.

Las fincas B, C y D mostraron valores muy similares (1,27, 1,25, 1,25 Mcal/ kg de MS respectivamente) y más bajos que los mostrados por la finca A (1,30 Mcal/ kg de MS)(Cuadro 15).

El contenido promedio de EN_G fue de 0,71 y las variaciones entre los valores fueron provocadas por un efecto significativo de la finca ($P=0,005$) y un efecto altamente significativo del muestreo ($P\leq 0,0001$). Andrade reportó un valor

de 0,97 Mcal/ kg de MS y Sánchez (2002) un valor de 0,88 Mcal/ kg de MS, ambos sustancialmente mayores que los obtenidos en la presente investigación.

Al igual que para los otros contenidos energéticos se produjo una variación estacional. Los valores mayores se dieron en la época seca (Cuadro 14). La finca A presentó los contenidos mayores de EN_G (Cuadro 15).

4.5. Simulación de la producción de leche con base en pasto kikuyo

Se estimó la capacidad potencial que posee un animal para producir leche a base de kikuyo para todas las fincas evaluadas por medio del programa de balance de raciones del NRC (2001).

Para la finca A se estimó que un animal Holstein promedio de 600 kg de peso consumiría 14 kg de MS de kikuyo y que la distancia promedio que caminó para llegar a la sala de ordeño fue de 750 m, cuatro veces al día. El animal se encuentra en un balance energético (0) y bajo estas condiciones se estimó que produciría 7,8 kg de leche con un 3,4% de grasa y 3,2% de proteína. La dieta contiene un 18% de PC y 1.43 Mcal/kg (2x) de MS. El nutrimento más limitante en esta dieta son los CNF, cuyo contenido es de 13% de la MS.

Para la finca B se estimó que un animal Jersey promedio de 450 kg de peso consumiría 12 kg de MS de kikuyo y que la distancia promedio que caminó para llegar a la sala de ordeño fue de 650 m, cuatro veces al día. El animal se encuentra en un balance energético (0) y bajo estas condiciones se estimó que produciría 7 kg de leche con un 4,2% de grasa y 3,9% de proteína. La dieta contiene un 18,6% de PC y 1,38 Mcal/kg (2x) de MS. El nutrimento más limitante en esta dieta son los CNF, cuyo contenido es de 13% de la MS.

Para la finca C se estimó que un animal Jersey promedio de 450 kg de peso consumiría 12 kg de MS de kikuyo y que la distancia promedio que caminó

para llegar a la sala de ordeño fue de 650 m, cuatro veces al día. El animal se encuentra en un balance energético (0) y bajo estas condiciones se estimó que produciría 7 kg de leche con un 4,2% de grasa y 3,9% de proteína. La dieta contiene un 18,4% de PC y 1,37 Mcal/kg (2x) de MS. El nutrimento más limitante en esta dieta son los CNF, cuyo contenido es de 11,5% de la MS.

Para la finca D se estimó que un animal Jersey promedio de 450 kg de peso consumiría 12 kg de MS de kikuyo y que la distancia promedio que caminó para llegar a la sala de ordeño fue de 600 m, cuatro veces al día. El animal se encuentra en un balance energético (0) y bajo estas condiciones se estimó que produciría 6,6 kg de leche con un 4,2% de grasa y 3,9% de proteína. La dieta contiene un 18,2% de PC y 1,35 Mcal/kg (2x) de MS. El nutrimento más limitante en esta dieta son los CNF, cuyo contenido es de 12% de la MS.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Disponibilidad de materia seca

La disponibilidad de materia seca varió de manera significativa por el efecto de finca y el efecto de la época de muestreo.

Las disponibilidades mayores de materia seca a través del año, se presentaron durante la época seca. Los valores altos que se dieron durante esta época se relacionaron con los niveles altos de radiación solar y brillo solar registrados. El valor promedio anual de disponibilidad de la materia seca fue de 7434,36 kg MS/ha/corte. La época que determina la carga animal es la época lluviosa ya que esta es la época en la que se dan los rendimientos menores por unidad de área y también es la época en la que las condiciones ambientales limitan el pastoreo.

Las diferencias en las disponibilidades de materia seca observadas entre fincas se deben a condiciones propias de las fincas y a las variaciones propias del manejo. En la finca D se presentó el valor más alto de disponibilidad de MS probablemente por poseer una de las cargas animales menores en comparación a las otras fincas, en tanto que para la finca C se obtuvieron valores menores posiblemente debido a que posee el ciclo de rotación más corto y a que utilizan vacas seguidoras después de cada pastoreo.

A pesar de que el efecto de los tratamientos no fue significativo, si se observó una tendencia de la disponibilidad de materia seca a aumentar conforme aumentaba la edad de rebrote. El tratamiento día 0, es decir, el periodo de recuperación que se aplica en las fincas, se constituye como la edad de rebrote más apropiada para todas las fincas puesto que las disponibilidades promedio para este tratamiento son las más altas, en comparación a las obtenidas con los otros tratamientos. Lo anterior confirma que los productores han logrado

establecer un ciclo de rotación apropiado para el pasto kikuyo. Así mismo, la calidad de los forrajes no difirió entre tratamientos en las fincas objeto de estudio.

Para un adecuado manejo del momento e intensidad del pastoreo en las dos épocas del año, conviene regular la utilización de los potreros, alargando o acortando los ciclos de rotación. Así, sería apropiado acortar el ciclo de rotación y destinar los potreros restantes a la conservación de forraje, cuando la época lo permita y exista un superávit forrajero como el que se da en los meses de enero a abril. Por otra parte la fertilización nitrogenada permitirá acelerar el crecimiento de la pastura en el periodo de escasez, siempre y cuando las condiciones de humedad sean las adecuadas.

La suplementación del ganado lechero con alimentos balanceados, subproductos y pastos conservados, en función de su productividad y de la disponibilidad y calidad de la pastura, permitirá compensar el déficit de forraje y mantener las frecuencias e intensidades de pastoreo sin poner en riesgo la producción ni la condición corporal de los animales.

5.2. Composición botánica de la pastura

La composición botánica de la pastura varió por el efecto de la finca y por la época de muestreo.

Los componentes de la pastura que variaron de manera estacional fueron el kikuyo y el material senescente. El porcentaje de kikuyo fue menor en el periodo seco ya que en esta época se dio una acumulación mayor de material senescente y el porcentaje de material senescente fue mayor en la época seca probablemente porque al haber una disponibilidad mayor de materia seca se da un aprovechamiento menor del pasto que conlleva a la presencia de material remanente después del pastoreo el cual no es utilizado y se pierde.

La finca A mostró el menor porcentaje de kikuyo y los mayores porcentajes de malezas y material senescente debido a que el análisis de fertilidad de sus suelos, evidenciaron que los indicadores de acidez fueron mayores a los recomendados. Este factor disminuye la productividad del kikuyo y puede contribuir al fortalecimiento de las malezas. Las fincas B, C y D mostraron porcentajes altos y muy similares de kikuyo.

Los porcentajes bajos de material senescente evidencian un buen manejo de las pasturas de las fincas incluido el periodo de rotación.

5.3. Edad fenológica de la planta

La evaluación de la edad fenológica de la pastura se constituye como un método sencillo y práctico para determinar el momento idóneo para cosechar el forraje desde el punto de la fisiología de la planta. La utilización del número de hojas para decidir cuando pastorear es más preciso, genérico, es decir, se puede utilizar en cualquier especie. Refleja el grado de recuperación energética de la planta después del pastoreo o la cosecha y también evalúa que tan apropiada es la pastura desde el punto de vista nutricional para el animal. Por estas razones se dice que un manejo de la pastura más adecuado debe enfocarse en indicadores propios o relativos a la planta, los cuales se basan en su crecimiento y que maximizarán la producción de forraje y su persistencia.

La edad fenológica de las pasturas fue influenciada por el efecto del tratamiento, la época de muestreo y la interacción entre la finca y el tratamiento. Conforme aumentó la edad de rebrote de las pasturas se produjo un aumento en el número de hojas producidas por rebrote.

La época del año durante la cual se produjo un mayor número de hojas fue la lluviosa. Esto puede deberse a que durante la época seca tanto las temperaturas máximas como las mínimas fueron menores, en comparación a la

lluviosa y como se sabe la aparición de hojas nuevas en el rebrote se ve influenciada por la temperatura.

La edad de rebrote recomendada para realizar el pastoreo del kikuyo, según investigaciones conducidas en Australia (Reeves 1997), se da cuando el rebrote ha desarrollado 4 ½ hojas nuevas por rebrote ya que después de alcanzada esta edad se produce un descenso en la calidad nutricional de la planta.

Sin embargo en esta investigación se observó que el valor nutricional de las pasturas en cada finca se mantuvo muy homogéneo a pesar de que existió diferencias numéricas para el promedio de hojas nuevas (4,17- 5,32 hojas nuevas por rebrote) encontrado para todas las fincas y todos los tratamientos evaluados.

Por esta razón se concluye que en nuestro medio tropical, la recomendación de pastorear las pasturas de kikuyo cuando estas han desarrollado en promedio 4 ½ hojas nuevas, puede adaptarse y extenderse a 5 hojas nuevas por rebrote por cuanto el análisis nutricional no varió dentro de las edades evaluadas.

5.4. Valor nutricional

El valor nutricional del pasto kikuyo no varió significativamente con la edad de rebrote, es decir la edad fenológica no produjo diferencias significativas en el valor nutricional de este pasto; sin embargo la época de muestreo si provocó cambios sustanciales en la calidad nutricional. Además se obtuvo diferencias en el valor nutricional de los pastos entre las cuatro fincas.

El valor promedio de materia seca en el pasto kikuyo fue de 14,81%. El contenido de MS fue mayor en la época seca y se redujo en la lluviosa. El

contenido promedio de proteína cruda fue de 18,61% de la MS. Durante la época seca se obtuvo los valores mayores de PC.

El porcentaje de FDN en las pasturas de kikuyo fue mayor durante la época lluviosa y su valor promedio fue de 60,29% de la MS. La mayor cantidad de fibra se presentó en la época de menor aprovechamiento de pasto, lo cual puede disminuir el consumo de materia seca, por eso se recomienda suplementar la dieta del animal con heno. Durante la época lluviosa se dieron las mayores concentraciones de FDA. El valor promedio de esta fracción de la pared celular fue de 32,14% de la MS.

El contenido promedio de lignina fue de 3,24% de la MS. Los contenidos de lignina fueron mayores en la época lluviosa. Los valores promedio de hemicelulosa y celulosa fueron de 28,19 y 28,91 % de la MS respectivamente. Durante los meses de julio y agosto se produjo una caída en los valores de ambos componentes por lo que se recomienda la inclusión de heno en la dieta para evitar problemas de acidosis.

El contenido promedio de CNF fue de 15,26% de la MS. Durante la época lluviosa se dieron los mayores porcentajes de CNF. En los meses de marzo y abril se dio un descenso en los valores de CNF, por lo cual se recomienda que especialmente en esta época se haga énfasis en la suplementación con alimentos altos en CNF.

El contenido promedio de extracto etéreo fue de 1,17% de la MS. Durante la época seca se presentaron los mayores valores de EE. El contenido promedio de cenizas fue de 10,83% de la MS. Durante la época seca el contenido de cenizas fue ligeramente mayor en comparación a la época lluviosa.

El valor promedio de DIVMS fue de 63,95% y los valores más altos registrados a lo largo del año, correspondieron a la época seca porque fue en esta época cuando se presentaron los menores contenidos de FDN. La edad de rebrote no generó variaciones significativas en los valores de DIVMS.

El contenido promedio de TND fue de 56,96%. Los mayores valores de TND se dieron durante la época seca al igual que los valores de ED, EM, EN_L, y EN_G. Los valores promedio de ED, EM, EN_L, y EN_G fueron de 2,61, 2,08, 1,27 y 0,71 Mcal/ kg MS, respectivamente.

5.5. Digestibilidad de la pared celular

La DIVFDN no mostró variaciones producto de la edad de rebrote o la época de muestreo. A pesar de esto, se observó una tendencia de los valores de DIVFDN de aumentar en los meses de verano (enero a abril). Esto porque en esta época se registraron las concentraciones menores de FDN, específicamente de lignina. El valor promedio de DIVFDN fue de 39,76% de la FDN, valor que es considerado como bueno para este parámetro.

En investigaciones conducidas en Estados Unidos por numerosos investigadores, entre ellos Oba y Allen (1999, 2000), se ha demostrado que un incremento en la DIVFDN estimula una mayor producción láctea ya que promueve un mayor consumo de materia seca. El CMS mayor se logra debido a que una FDN más degradable posee una tasa de pasaje en el rumen mayor a la que tendría una fibra menos digestible. Este aumento en la tasa de pasaje libera espacio en el rumen, el cual puede ser ocupado por más materia seca. Esto resulta de mayor importancia en el caso de las vacas altas productoras.

A nivel de campo es importante considerar que la DIVFDN disminuye a medida que la planta madura, ya que se produce una mayor acumulación de tejido

lignificado. El concepto de la DIVFDN es relativamente nuevo y en nuestro medio empieza a utilizarse ya que es un parámetro útil y necesario para evaluar el valor nutricional de los forrajes. A medida que se genere una amplia base de datos que muestre los valores de DIVFDN para la gran gama de ingredientes utilizados en la alimentación animal tropical, este parámetro cobrará mayor importancia y utilidad.

5.6. Simulación de la producción de leche con base en pasto kikuyo

Se estimó el potencial que posee el ganado de lechero cuya alimentación se base en el consumo de pasto kikuyo únicamente. Se estimó que una vaca Holstein podría producir entre 7 y 8 de leche y una Jersey, entre 6 y 7 kg de leche.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, M. S.; MERTENS, D. R. 1988. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *Journal of Nutrition*. 118 (2):261-270.
- ALVARADO, A. 2001. Manejo de suelos derivados de cenizas volcánicas. En: Memoria curso: Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos. Meléndez, G; Molina, E. (eds). 11-26p.
- AMADOR, A. L; JIMENEZ, C. 2003. Papel de los sistemas ganaderos basados en pasturas en el desarrollo sostenible y el incremento en la competitividad. En: Producción y utilización de forrajes. Volumen 1. Documento digital. Curso AZ-4104. Producción de Pastizales. 112 p.
- ANDRADE, M. 2006. Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. Tesis presentada para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 225 p.
- AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. 2000. Official methods of analysis. 16th. Washington, D.C.
- APRÁEZ, E; MONCAYO, O, A. 2000. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. En: <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote14.htm>
- BALL, D. M.; COLLINS, M.; LACEFIELD, G. D.; MARTIN, N. P.; MERTENS, D. A.; OLSON, K. E.; PUTNAM, D. H.; UNDERSANDER, D. J.; WOLF, M. W. 2001. Understanding Forage Quality. Publication 1-01. American Farm Bureau Federation, Park Ridge, Illinois. 20 p.

- BARAHONA ROSALES, R; SÁNCHEZ PINZÓN, S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pasos tropicales y estrategias para a mentarla. Revista Corpoica.6 (1):69-82.
- BARQUERO, M. 2008a. Precios de maíz, trigo y soya continuarán en alza este año. En: La Nación. 19 de febrero. Sección Economía.
- BARQUERO, M. 2008b. Lecheros se quedan cortos para atender demanda en el exterior. En: La Nación. 14 de abril. Sección Economía.
- BRAND, T.S; FRANCK, F. 1999. Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture for sheep. 1. Pasture quality and nutrient intake of ewes. New Zealand of Agricultural Research.42: 459-465.
- CARO, F; CORREA, H.J. 2006. Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macrominerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development Volume 18, Article # 143. En:<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/10/caro18143.htm>
- CASTILLO, E; COWARD, J; SANCHEZ, J; JIMENEZ, C; LOPEZ, C. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre productividad, composición química y digestibilidad *in vitro* del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. Agronomía Costarricense. 7 (1 / 2):9-15.
- CHASE, L.E; OVERTON, T.R. 1999. Forage digestibility-A tool to refine ration formulation. Cornell University. 6 p.
- CHERNEY, R.H.; HALL, M. H. *sf*. Forage quality in perspective. Agronomy Facts 30. Pennsylvania State University. College of Agricultural Sciences. Cooperative Extensión. 4 p.
- CHINCHILLA, E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. San José. Costa Rica. 395 p.

- CORNACCHIONE, M.V. 2003. Alfalfa: Crecimiento y manejo para un uso eficiente como integrante de la cadena forrajera de los sistemas ganaderos locales. INTA EEA Santiago del Estero. En: http://www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/forraje/0007art_alfacrec.htm#sist
- CORREA, H.J; PABON, M.L; CARULLA, J.E. 2008a. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20, Article #59. En: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/4/corra20059.htm>
- CORREA, H.J; PABON, M.L; CARULLA, J.E. 2008b 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*. Volume 20, Article #61. En: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/4/corr20061.htm>
- CRUZ, M.; SANCHEZ, J. M. 2000. La fibra en la alimentación del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical*. 6 (1): 39-74.
- DADO, R. G.; ALLEN, M. S. 1996. Enhanced Intake and production of cows offered ensiled alfalfa with higher neutral detergent fiber digestibility. *Journal of Dairy Science*. 79 (3): 418-428.
- DONAGHY, D; FULKERSON, W. 1999. Principles for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures. *Tasmanian Institute of Agricultural Research, Burnie, Tasmania*. 10 p.
- DORYAN, E.; SANCHEZ, J. A.; MONGE, G. 2001. La competitividad genuina y el bienestar sostenible. en: *Competitividad empresarial en Centroamérica*. 1era ed. INCAE; CLACDS, Alajuela, Costa Rica. 3-39 p.
- DUGARTE, M. 1991. La producción de pastos de altura. Kikuyo y ryegrass perenne en el estado Mérida. *FONIAP Divulga*. 36 (abril-junio).

- DUMONT, J. C.; ANRIQUE, R.; ALOMAR, D. 2005. Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. *Agricultura Técnica*. 65 (4): 388-396.
- EASTRIDGE, M. 2006. Major advances in applied dairy cattle nutrition. *Journal of Dairy Science*. 89(4): 1311-1323.
- FERNANDEZ ARIAS, M. E. 2003. La agricultura costarricense ante la globalización: las nuevas reglas del comercio internacional y su impacto en el agro. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 244 p.
- FUKUMOTO, G.K; LEE, C.N. 2003. Kikuyugrass for forage. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Manoa. LM-5. 4p.
- FULKERSON, W. J.; DONAGHY, D. J. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence- key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. (41): 261-275.
- FULKERSON, W. J.; SLACK, K. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. *Grass Forage Science*. 49: 373-377.
- FULKERSON, W. J.; SLACK, K.; HAVILAH, E. 1999. The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). *Tropical grasslands*. 33: 138-145.
- FULKERSON, W. J.; SLACK, K.; HENNESSY, D. W.;HOUGH, G. M. 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.

- GIRALDO, L.A; GUTIERREZ, L.A; RUA, C. 2007. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*. 20: 269-279.
- GOERING, H.K; VAN SOEST, P.J. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook No. 379*. ARS-USDA. Washington, DC.
- GOOGLE EARTH. 2008. Vista aérea del cantón de Oreamuno, provincia de Cartago. Consultado el 21/04/08. En: www.googleearth.com
- GRANT, R. J. 1998. Feeding highly digestible diets to lactating cows. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*: 27-34.
- HOFFMAN, P. C.; LUNDBERG, K. M.; BAUMAN, L. M.; SHAVER, R. D.; CONTRERAS-GOVEA, F. E. 2007. Digestibilidad in vitro del FDN (fibra detergente neutro): El debate de 30 vs 48 horas. *Focus on Forage*. 5 (16).
- JIMENEZ, 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.
- JOHNSON, C; REILLING, B; MISLEVY, P; HALL, M. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber and protein fractions of tropical grasses. *Journal of Animal Science*. 79. 2439-2448.
- LASCANO, C. 2002. Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal*. 10(2): 126-132.
- LICITRA, G. T. M.; VAN SOEST, P. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 57: 347-358.

- LINARES, B.A; PÉREZ, G. 1985. Gramíneas hospederas de *Aeneolamia spp* (Homoptera:cercopidae) en la Región Centro Occidental de Venezuela. Caña de Azúcar. 3(1): 34-42.
- MADRIZ, C. L. 2007. Repercusiones de una mala nutrición en la salud del hato. Congreso Nacional Lechero 2007: "Momentos de cambio: de la lechería tradicional a la empresa lechera", Hotel Ramada-Herradura, Costa Rica.
- MARAIS, J.P. 2001. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*)-a review. Tropical Grasslands. 35: 65-84.
- MCGRAW, L. 2000. Amazing graze. Agricultural Research Magazine. 48 (4): 21.
- MCGUIRE, M. A.; MCGUIRE, M. K. 1999. Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. Proceedings of the American Society of Animal Science.
- MILA, A; CORREDOR, G. 2004. Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. Revista Corpoica. 5 (1):70-75.
- MOLINA, E .2001. Manejo de la acidez y encalado de los suelos. En: Memoria curso: Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos. Meléndez, G; Molina, E. (eds) 27-40p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutritional requirements of dairy cattle. 7th rev. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. 408 p.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. Journal of Dairy Science. 82 (3): 589-596.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. 2000. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent

- fiber: 3. Digestibility and microbial efficiency. *Journal of Dairy Science*. 83 (6): 1350-1358.
- ONDARZA, M. B. 2006. Conocer la evita hacer los cambios en las raciones por prueba y error. *Hoard's Dairyman* en español. Julio: 449-450.
- PEZO, D; JIMENEZ, C. 2003. Uso de las plantas forrajeras en pastoreo y ramoneo. Características, diseño y planificación de sistemas de pastoreo de plantas forrajeras En: *Producción y utilización de forrajes*. Volumen 2. 82 p.
- PIRELA, M.F. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. En: *Manual de Ganadería Doble Propósito*. González-Stagnaro, C., Soto-Belloso, E. (eds.). Ediciones Astro data, S.A. Maracaibo-Venezuela VIII (1): 176-182p.
- RAMÍREZ ORDUÑA, R.; RAMÍREZ LOZANO, R. G.; LÓPEZ GUTIÉRREZ, F. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL*. 5 (2): 180-189.
- RAMÍREZ, J.L; LEONARD, I; KIJORA, C; LOPEZ, 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.
- READ, J.W; FULKERSON, W. 2003. Managing kikuyu for milk production. *Agfact P2.5.3*; 3rd ed. NSW Agriculture. New South Whales. Australia. 4 p.
- REEVES, M. 1997. Milk production from kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) grass pastures. Tesis presentada para optar por el título de Doctorado. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Sydney. 211 p.
- REEVES, M.; FULKERSON, W. J. 1996. Establishment of an optimal grazing time of kikuyu pastures for dairy cows. *Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference*, Towomba, Australia. 5 p.

- RETANA, J. 2008. Caracterización del clima en Santa Rosa de Oreamuno de Cartago. Instituto Meteorológico Nacional. Comunicación personal.
- ROJAS, F; ALVARADO, C; GRANADOS, C; DIDONNA, F; LÓPEZ, J; ACUÑA, J.R; VÍQUEZ, J; VARGAS, R. 2004. El gobierno local de Oreamuno en la gestión de políticas de desarrollo rural. Cartago. Costa Rica. Fundación ILIDES. Editorial del Norte. 31 p.
- SALAZAR, S. 2007. Disponibilidad y valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos. Tesis presentada para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 96 p.
- SÁNCHEZ, J. 2001. Valor nutritivo de los pastos tropicales. En: Curso actualización de la nutrición del ganado lechero. LANCE. Balsa, Atenas. Costa Rica. 32 p.
- SÁNCHEZ, J. 2002. Uso de recursos tropicales en la alimentación del ganado lechero. En: Curso actualización de la nutrición del ganado lechero. LANCE. Balsa, Atenas. Costa Rica. 25 p.
- SÁNCHEZ, J. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. En: XI Seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela. P 14-30.
- SÁNCHEZ, J. 2008. Caracterización del pasto kikuyo en Costa Rica. Comunicación personal.
- SÁNCHEZ, J.; SOTO, H. 1999a. Calidad nutricional de los forrajes en una zona con niveles medios de producción de leche, en el trópico húmedo del norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 23(2):165-171.
- SÁNCHEZ, J; COWARD, J; JIMENEZ, C; SOSA, R; LOPEZ, 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, 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. 1998. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. *Nutrición Animal Tropical*. 4(1): 3–23.
- SÁNCHEZ, J; SOTO, H. 1999b. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. III. Energía para la producción de leche. Serie Técnica *Nutrición Animal Tropical*. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Volumen 5. Pg: 31 – 49.
- SKERMAN, P; RIVEROS, F. 1992. *Gramíneas Tropicales*. F.A.O. Roma, Italia. 850 p.
- SOLANO, J; VILLALOBOS, R. sf. *Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica*. Instituto Meteorológico Nacional. 32p.
- 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.
- TOTHILL, J. C.; HARGRAVES, J. N. G.; JONES, R. M. 1992. BOTANAL – a comprehensive sampling and computing procedure for estimating the pasture yield and composition. I. Field Sampling. *Tropical Agronomy Technical Memorandum*. (78).
- URBANO, D ; CASTRO, F; DAVILA, C. 2005. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización NPK sobre la composición botánica de la asociación kikuyo-maní forrajero en la zona alta del estado Mérida. *Zootecnia Tropical*. 23 (4):333-344.

- VAN MAN, N ; WIKTORSSON, H. 2003. Forage yield, nutritive value, feed intake and digestibility of three grass species as affected by harvest frequency. *Tropical Grasslands*. 37. 101-110.
- VAN SOEST, P; ROBERTSON, J. 1985. Analisis of forages and fibrous feeds. Cornell University, Ithaca, New York. 165 p.
- VAN SOEST, P; ROBERTSON, J.; LEWIS, B. 1991. Methods for dairy fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3586-3597.
- VAN SOEST, P;ROBERTSON, J. 1979. Forage Fiber Analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook No. 379. ARS-USDA. Washington, DC.
- VARGA, G. 2006. In vivo digestibility of forages. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Indiana. USA. 95-106.
- VERGARA, R. sf. Propuesta para un manejo integrado de plagas en pasturas tropicales. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Colombia. 24 p.
- VILLALOBOS, L. 2006. Disponibilidad y valor nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) en las zonas altas de Costa Rica. Tesis presentada para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 127 p.
- WEISS, W.P. 1997. Energy values for feeds. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Indiana. USA. 171 p.
- YOUNGNER, V.B; McKELL, C.M. 1972. The biology and utilization of grasses. Academic Press Inc. USA. 426 p.

VII. ANEXOS

Cuadro A1. Efecto de los tratamientos sobre los contenidos de materia seca y proteína (% de la MS) del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en la zonas altas de Cartago.

Finca	Tratamiento	MS	PC
		% de la MS	
A	TRAT dia -8	17,73	19,25
	TRAT dia -4	17,49	17,93
	TRAT dia 0	15,89	18,55
	TRAT dia +4	19,82	17,73
B	TRAT dia -8	15,09	19,21
	TRAT dia -4	14,56	19,02
	TRAT dia 0	13,91	19,26
	TRAT dia +4	14,83	18,20
C	TRAT dia -8	12,81	18,71
	TRAT dia -4	12,80	18,60
	TRAT dia 0	12,82	17,26
	TRAT dia +4	12,91	20,12
D	TRAT dia -8	14,22	19,55
	TRAT dia -4	14,11	18,09
	TRAT dia 0	14,39	17,62
	TRAT dia +4	13,61	18,66

Cuadro A2. Efecto de los tratamientos sobre la composición de la pared celular del pasto kikuyo (% de la MS) evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en la zonas altas de Cartago.

		FDN	FDA	Lignina	Hemicelulosa	Celulosa	CNF
Finca	Tratamiento	% de la MS					
A	TRAT día -8	61,27	31,40	3,52	29,85	27,89	16.73
	TRAT día -4	61,38	31,60	3,58	29,76	28,03	17.88
	TRAT día 0	59,98	31,79	3,53	28,18	28,27	18.15
	TRAT día +4	63,10	33,27	4,10	29,84	29,16	17.28
B	TRAT día -8	58,70	31,48	2,75	27,21	28,72	13.15
	TRAT día -4	58,83	31,07	2,63	27,78	28,44	16.25
	TRAT día 0	58,35	32,47	2,63	25,89	29,85	14.75
	TRAT día +4	59,37	32,04	3,03	27,33	29,01	15.72
C	TRAT día -8	61,07	31,69	2,87	29,35	28,82	14.88
	TRAT día -4	62,45	31,98	2,87	30,46	29,13	11.63
	TRAT día 0	61,32	33,32	3,38	27,98	29,92	14.13
	TRAT día +4	59,77	32,17	3,20	27,59	28,97	13.37
D	TRAT día -8	59,40	31,77	3,30	27,61	28,48	14.47
	TRAT día -4	61,02	33,16	3,73	27,87	29,44	15.95
	TRAT día 0	60,25	32,07	3,15	28,18	28,94	15.90
	TRAT día +4	58,47	32,99	3,48	26,22	29,52	13.92

Cuadro A3. Efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia seca y la digestibilidad de la fibra detergente neutro del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en la zonas altas de Cartago.

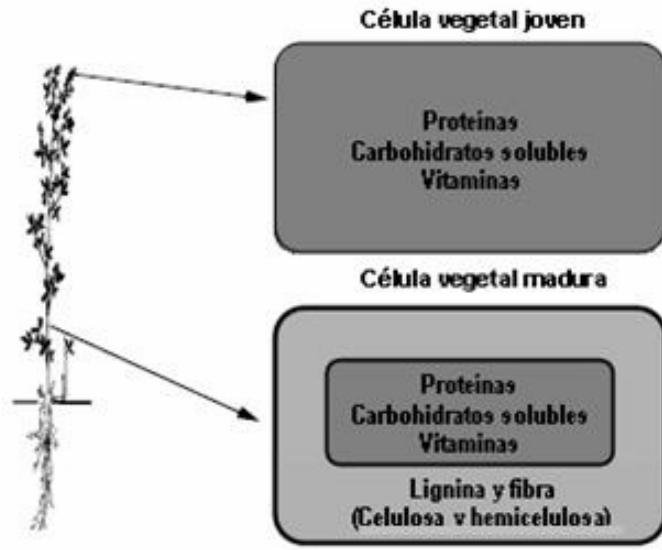
Finca	Tratamiento	DIVMS	DIVFDN
		%	
A	TRAT día -8	58,57	32,80
	TRAT día -4	61,15	36,98
	TRAT día 0	64,06	39,05
	TRAT día +4	55,73	29,40
B	TRAT día -8	65,52	41,39
	TRAT día -4	64,88	40,23
	TRAT día 0	68,07	44,72
	TRAT día +4	66,49	34,45
C	TRAT día -8	66,21	44,72
	TRAT día -4	62,60	39,71
	TRAT día 0	65,89	42,96
	TRAT día +4	65,46	43,97
D	TRAT día -8	67,19	44,35
	TRAT día -4	62,99	39,62
	TRAT día 0	66,03	43,56
	TRAT día +4	62,43	38,23

Cuadro A4. Efecto de los tratamientos sobre los contenidos de extracto etéreo y cenizas del pasto kikuyo (% de la MS) evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en la zonas altas de Cartago.

Finca	Tratamiento	EE	Cenizas
		% de la MS	
A	TRAT dia -8	1,18	8,27
	TRAT dia -4	1,23	7,88
	TRAT dia 0	1,40	9,20
	TRAT dia +4	1,07	7,40
B	TRAT dia -8	1,18	11,87
	TRAT dia -4	1,15	12,00
	TRAT dia 0	1,17	12,38
	TRAT dia +4	1,17	12,07
C	TRAT dia -8	1,10	11,17
	TRAT dia -4	1,13	11,42
	TRAT dia 0	1,15	11,48
	TRAT dia +4	1,20	11,75
D	TRAT dia -8	1,18	11,63
	TRAT dia -4	1,17	10,95
	TRAT dia 0	1,15	11,68
	TRAT dia +4	1,08	12,18

Cuadro A5. Efecto de los tratamientos sobre los contenidos de energía del pasto kikuyo evaluado a cuatro edades de cosecha en cuatro fincas de ganado lechero, ubicadas en la zonas altas de Cartago.

Finca	Tratamiento	TND	ED	EM	EN _L	EN _G
		%	Mcal/Kg MS			
A	TRAT día -8	58.60	2.69	2.13	1.31	0.76
	TRAT día -4	58.96	2.68	2.13	1.31	0.76
	TRAT día 0	58.83	2.70	2.14	1.31	0.77
	TRAT día +4	58.02	2.65	2.10	1.29	0.74
B	TRAT día -8	56.80	2.62	2.09	1.28	0.72
	TRAT día -4	57.51	2.64	2.10	1.29	0.73
	TRAT día 0	57.05	2.63	2.09	1.28	0.72
	TRAT día +4	56.28	2.58	2.05	1.25	0.69
C	TRAT día -8	57.34	2.63	2.09	1.28	0.73
	TRAT día -4	56.06	2.57	2.05	1.25	0.68
	TRAT día 0	55.22	2.51	2.00	1.22	0.64
	TRAT día +4	56.12	2.60	2.07	1.27	0.70
D	TRAT día -8	56.46	2.61	2.08	1.27	0.71
	TRAT día -4	56.26	2.58	2.05	1.25	0.69
	TRAT día 0	56.46	2.58	2.05	1.25	0.69
	TRAT día +4	55.38	2.55	2.03	1.24	0.67



Fuente: Adaptado de Cherney y Hall, sf.

Figura A1. Maduración de las células de la pared celular de la planta.