

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
Escuela de Zootecnia

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

Marcela Andrade Soto

Tesis presentada para optar por el título
de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de
Licenciado en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

JUNIO DEL 2006

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
AGRONÓMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA

TRIBUNAL EXAMINADOR

----- Ing. Carlos Arroyo Oquendo. M. Sc.	Director de Escuela
----- Ing. Jorge Ml. Sánchez González M. Sc.	Director de Tesis
----- Ing. John Brealey Orlich M. Sc.	Miembro del Tribunal
----- Ing. Luis Ortega Ortega.	Miembro del Tribunal
----- Ing. Gilberto Cabalceta Aguilar. M. Sc.	Miembro del Tribunal
----- Marcela Andrade Soto.	Sustentante

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza, paciencia y perseverancia para escalar este peldaño de mi vida.

A mi mamá y a mi abuelita por todo su amor, apoyo y esfuerzo.

A mi papá y a mi hermana por su apoyo.

A todos los productores que poseen pasto kikuyo en sus fincas y que están interesados en conocer sobre él y a ingenieros agrónomos zootecnistas a los que espero sirva de guía.

AGRADECIMIENTO

A don Jorge Sánchez por su guía y apoyo, ya que sin él este trabajo no habría sido posible llevarlo a cabo.

A don John Brealey por haberme propuesto el tema de esta tesis, por ofrecerme su finca para llevarla a cabo e influenciar en mí un gran interés por este pasto.

A don Luis Ortega por su invaluable apoyo.

Y a los tres por confiar en mí para realizar este trabajo de investigación.

A Maritza Araya, a doña Mayra Montiel y a don Carlos Jiménez por su interés y su importante ayuda.

A Gilberto Cabalceta, a Eloy Molina, a Francisco Saborío y a Floria Bertsch del Centro de Investigaciones Agronómicas.

A don José Retana y a don Luis Felipe Rivera del Instituto Meteorológico Nacional

A Marco Lobo, a Bill Fulkerson, a Eladio Alvarado, a Marco Esnaola y a Henry Soto.

A todo el personal del Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, en especial a don Gerardo Alvarado, a Adrián Martínez, a Rigoberto Corrales y a Katherine Madrigal.

A mis amigos y en especial a Luis Villalobos, Sergio Salazar, Catalina Salas, Silvia Herrera y Karla Peters.

A los trabajadores de la finca La Amalia.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
LISTA DE CUADROS DEL ANEXO.....	xix
LISTA DE FIGURAS DEL ANEXO.....	xix
RESUMEN.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	6
I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
1.1. Introducción.....	9
1.2. Características del pasto kikuyo.....	12
1.2.1. Taxonomía y morfología.....	13
1.2.2. Anatomía y fisiología.....	17
1.2.3. Producción de biomasa a partir de pasturas de kikuyo.....	20
1.2.4. Valor nutricional del pasto kikuyo para el ganado lechero y los factores que afectan su contenido energético.....	23
1.2.4.1. Materia seca.....	25
1.2.4.2. Proteína cruda.....	27
1.2.4.2.1. El nitrógeno no proteico	27
1.2.4.2.2. La proteína verdadera.....	30
1.2.4.2.3. Factores que afectan el contenido proteico.....	33
1.2.4.3. Carbohidratos.....	34
1.2.4.3.1. Fibra (Carbohidratos estructurales).....	34
1.2.4.3.2.1. Fibra detergente neutro (FDN).....	35
1.2.4.3.1.2. Fibra detergente ácida (FDA).....	36

1.2.4.3.2. Carbohidratos no estructurales (CNE).....	37
1.2.4.3.3. Carbohidratos no fibrosos. (CNF).....	40
1.2.4.3.4. Extracto etéreo.....	40
1.2.4.3.5. Digestibilidad.....	41
1.2.4.3.6. Macro minerales.....	42
1.2.4.3.7. Micro minerales.....	48
1.2.5. Desventajas nutricionales en el pasto kikuyo.....	50
1.3. Factores que afectan el crecimiento y el rendimiento en el pasto kikuyo.....	52
1.3.1. Suelo.....	52
1.3.1.1. Características físicas y químicas.....	52
1.3.1.1.1. Fertilización nitrogenada.....	53
1.3.1.1.2. Fertilización con fósforo y potasio.....	57
1.3.2. Temperatura y pluviosidad.....	58
1.3.3. Radiación solar.....	59
1.3.4. Principales insectos que atacan al pasto kikuyo.....	62
1.4. Técnicas utilizadas para mejorar la productividad de las pasturas de kikuyo.....	63
1.4.1. Rotación o frecuencia de utilización.....	63
1.4.2. Relación hoja: tallo: material senescente.....	65
1.4.3. Número de hojas por tallo.....	68
1.4.4. Renovación, mediante remoción de residuos (corte o desmenuzado)..	72
1.4.5. Carga animal.....	75
1.4.6. Asperjado con herbicida.....	78
1.4.7. Presupuesto de pasto, variaciones según el manejo.....	78
1.5. El consumo del pasto kikuyo como base de la dieta del ganado en pastoreo y la importancia y los efectos de su suplementación.....	80
1.6. Producción de leche a partir de pasto kikuyo.....	84
1.6.1. Ubicación de las pasturas de kikuyo en Costa Rica	86

II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	87
2.1. Descripción de la finca.....	88
2.1.1. Ubicación.....	88
2.1.2. Condiciones climatológicas y edáficas.....	89
2.1.2.1. Precipitación y radiación.....	89
2.1.2.2. Manejo normal de las pasturas.....	90
2.1.3. Manejo del hato.....	92
2.1.3.1. Suplementación.....	92
2.2. Descripción del experimento.....	93
2.2.1. Área utilizada.....	93
2.2.2. Metodología utilizada en el muestreo del suelo.....	94
2.2.3. Descripción de los tratamientos.....	94
2.2.4. Distribución de los tratamientos.....	94
2.2.5. Metodología utilizada en el muestreo para estimar disponibilidad, rechazo, consumo y aprovechamiento de la pastura de kikuyo.....	96
2.2.5.1. Disponibilidad (Kg MS ha ⁻¹).....	96
2.2.5.2. Rechazo de forraje (kg MS ha ⁻¹).....	98
2.2.5.3. Consumo estimado.....	98
2.2.5.4. Aprovechamiento.....	99
2.3. Metodología utilizada en la determinación de la composición botánica de la pastura.....	99
2.4. Metodología utilizada en la determinación de la estructura de la pastura.....	99
2.5. Metodología utilizada en el análisis nutricional.....	100
2.6. Metodología utilizada en la determinación de la edad fenológica de la pastura.....	101
2.7. Análisis estadístico.....	102

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	103
3.1. Monitoreo de la fertilidad del suelo de la finca La Amalia, luego de implementar un programa de fertilización para un ciclo productivo de un año.....	104
3.2. Evaluación de la práctica cultural denominada “mulch” o desmenuzado en potreros de pasto kikuyo.....	109
3.2.1. Descripción cuantitativa de la pastura desmenuzada y no desmenuzada.....	109
3.2.1.1. Disponibilidad de materia seca antes del pastoreo.....	109
3.2.1.2. Descripción de la composición estructural de las pasturas de kikuyo ofrecidas durante un año, mediante la relación hojas: tallos/ estolones: material senescente/ muerto (en base seca).....	115
3.2.1.3. Análisis de la composición botánica de la pastura.....	122
3.2.2. Calidad nutricional de la pastura desmenuzada y no desmenuzada, en muestras recolectadas simulando pastoreo.....	125
3.2.2.1. Materia seca (MS).....	125
3.2.2.2. Digestibilidad “in vitro” de la materia seca (DIVMS).....	127
3.2.2.3. Proteína cruda y su fraccionamiento.....	128
3.2.2.3. Carbohidratos	130
3.2.2.3.1. Carbohidratos estructurales.....	130
3.2.2.3.1.1. Fibra detergente neutro (FDN).....	130
3.2.2.3.1.2. Hemicelulosa.....	132
3.2.2.3.1.2. Fibra detergente ácido (FDA).....	132
3.2.2.3.1.3. Celulosa.....	133
3.2.2.3.1.4. Lignina.....	134
3.2.2.3.2. Carbohidratos no fibrosos (CNF).....	135
3.2.2.4. Contenido de ceniza y minerales.....	136
3.2.2.4.1. Ceniza.....	136
3.2.2.4.2. Calcio.(Ca).....	137
3.2.2.4.3. Fósforo (P).....	138

3.2.2.4.4. Magnesio (Mg).....	139
3.2.2.4.5. Potasio (K).....	140
3.2.2.4.6. Cobre (Cu).....	142
3.2.2.4.7. Manganeseo (Mn).....	143
3.2.2.4.8. Hierro (Fe).....	144
3.2.2.4.9. Zinc (Zn).....	145
3.2.2.5. Contenido de extracto etéreo (EE).....	146
3.2.2.6. Contenido energético.....	148
3.2.2.6.1. Total de nutrimentos digestibles (TDN).....	148
3.2.2.6.2. Energía digestible (ED).....	149
3.2.2.6.3. Energía metabolizable (EM).....	150
3.2.2.6.4. Energía neta de lactancia (EN _l).....	152
3.2.2.6.5. Energía neta de ganancia (EN _g).....	154
3.3. Descripción de las estructuras componentes de la pastura de kikuyo.....	155
3.3.1. Descripción de la edad fenológica de la pastura.....	155
3.3.2. Contenido de materia seca (hojas, tallos /estolones y material senescente /muerto).....	157
3.3.3. Contenido de proteína cruda (hojas y tallos/ estolones).....	158
3.3.4. Digestibilidad “in vitro” de la MS (hojas y tallos /estolones).....	160
3.4. Descripción de los estratos (bajo (1), intermedio (2) y alto (3)) presentes en pasturas de kikuyo.....	163
3.4.1. Altura (cm) de los estratos.....	163
3.4.2. Relación hoja : tallo/ estolón: material senescente/ muerto según el estrato.....	165
3.4.3. Producción de hojas (kg MS ha ⁻¹) en cada estrato de la pastura de kikuyo.....	166
3.5. Utilización de la pastura de kikuyo, determinada mediante los datos obtenidos en campo.....	168

3.5.1. Aprovechamiento (%).....	168
3.5.2. Consumo (kg por vaca por día).....	169
3.6. Consumo de MS de forraje por vaca por día a partir de los datos de producción, utilizando el método denominado “reversa”.....	170
3.7. Carga animal.....	178
IV. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	182
BIBLIOGRAFÍA.....	191
ANEXO.....	211

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Distribución porcentual de los costos de producción de leche en San Carlos y Cartago entre 1997 y 1998.	3
Cuadro 2. Distribución porcentual de los costos de alimentación para la producción de leche en San Carlos y Cartago, entre 1997 y 1998.	4
Cuadro 3. Producción de leche (kg) por vaca por día y por ha por año según la raza y la carga animal, en base a pasturas de kikuyo, sin suplementación.	11
Cuadro 4. Producción anual de materia seca (kg MS ha ⁻¹) reportada para pasto kikuyo en diferentes países y por diferentes autores.	21
Cuadro 5. Producción de materia seca (kg MS ha ⁻¹), por corte reportada para pasto kikuyo en diferentes países y por diferentes autores	22
Cuadro 6. Calidad energética del pasto kikuyo (Mcal kg ⁻¹) reportada por varios autores.	24
Cuadro 7. Contenido de MS (%) del pasto kikuyo reportado por varios autores.	26
Cuadro 8. Contenido de proteína cruda (PC en base a MS) reportado y fraccionamiento (% de la PC, según el autor) en el pasto kikuyo. y los requerimientos para una vaca de raza Jersey.	31
Cuadro 9. Perfil de aminoácidos presente en el pasto kikuyo (% de la MS).	
Cuadro 10. Contenido de fibra detergente neutro en el pasto kikuyo (% de la MS) reportado por varios autores.	32 36
Cuadro 11. Contenido de fibra detergente ácida y lignina en el pasto kikuyo (% de la MS) reportado por varios autores.	37
Cuadro 12. Contenido de carbohidratos no estructurales en el pasto kikuyo (% de la MS) reportado por varios autores.	39
Cuadro 13. Contenido de carbohidratos no fibrosos en el pasto kikuyo (% de la MS) reportado por varios autores.	40

Cuadro 14. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca del pasto kikuyo reportado por varios autores.	41
Cuadro 15. Contenido macromineral del pasto kikuyo (% de la MS) reportado por varios autores.	43
Cuadro 16. Contenido macromineral del pasto kikuyo según la época del año, en la zona montañosa central de Costa Rica.	44
Cuadro 17. Contenido micromineral en el pasto kikuyo (mg kg ⁻¹) reportado por varios autores.	48
Cuadro 18. Contenido micromineral del pasto kikuyo según la época del año, en la zona montañosa central de Costa Rica.	49
Cuadro 19. Eficiencia de la fertilización sobre la producción de kikuyo, reportada por varios autores en diferentes países.	55
Cuadro 20. Días de recuperación de potreros de kikuyo en varios países reportados por varios autores.	64
Cuadro 21. Producción anual en kg MS ha ⁻¹ y en porcentaje (%) de hojas, tallos, material muerto y total, de kikuyo según el intervalo de defoliación (2, 4 y 6 hojas por rebrote) y la altura de corte (3, 6 y 12cm), en Australia.	71
Cuadro 22. Efecto del tratamiento de desmenuzado a 10 cm de rastrojo luego del pastoreo en cuanto a aspectos de calidad de la hoja en una pastura de <i>Chloris gayana</i> .	74
Cuadro 23. Disponibilidad de MS (forraje verde, FVSD), presión de pastoreo, días de ocupación y carga animal en pasturas de kikuyo, tratadas con o sin labranza mínima.	77
Cuadro 24. Valores de consumo diarios (kg MS) de pasto kikuyo en sistemas de pastoreo rotacional, sin suplementación.	82
Cuadro 25. Promedio de estimaciones del consumo de pasto kikuyo (kg ⁻¹ vaca ⁻¹ día ⁻¹) utilizando cuatro técnicas.	84
Cuadro 26. Estatus de la fertilidad general del suelo en la finca la Amalia (Enero 2004), San José de la Montaña, Barva, Heredia.	91

Cuadro 27. Fertilización aplicada a los potreros en la finca La Amalia durante el 2004 y el 2005.	91
Cuadro 28. Calidad nutricional de los suplementos ofrecidos a las vacas en Amalia, San José de la Montaña, Barva; Heredia.	93
Cuadro 29. Rangos adecuados (kg MV por marco*) de las muestras de referencia para realizar el Botanal ® y el valor estimado de los niveles intermedios.	97
Cuadro 30. Análisis de la fertilidad del área experimental luego de aplicado el tratamiento e iniciado el plan de fertilización en la finca la Amalia, San José de la Montaña, Barva. Heredia.	105
Cuadro 31. Disponibilidad (kg ha ⁻¹) de pasto kikuyo, en tres épocas del año, por ciclo de recuperación (28 días) potreros desmenuzados y no desmenuzados, en San José de la Montaña, Barva; Heredia.	109
Cuadro 32. Comportamiento de la proporción de las hojas, tallos y material senescente (%) en pasturas de kikuyo desmenuzadas o no desmenuzadas, en tres épocas del año; en San José de la Montaña, Barva; Heredia.	115
Cuadro 33. Producción de hojas (kg ha ⁻¹) de kikuyo en pasturas desmenuzadas y no desmenuzadas, durante tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	121
Cuadro 34. Composición botánica de la pastura en potreros desmenuzados y no desmenuzados, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	123
Cuadro 35. Contenido de materia seca (% MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	125
Cuadro 36. Digestibilidad <i>in vitro</i> (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.	127

Cuadro 37 .Comportamiento del contenido de la proteína cruda (PC, % de la MS) durante la época experimental en pasturas de kikuyo en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	128
Cuadro 38. Producción de PC (kg ha^{-1}) en hojas de kikuyo en pasturas desmenuzadas y no desmenuzadas en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	129
Cuadro 39. Contenido de fibra detergente neutra (FDN, % de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	131
Cuadro 40. Contenido de hemicelulosa en pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado en San José de la Montaña, Barva, Heredia, a lo largo de un año.	132
Cuadro 41. Contenido de fibra detergente ácida (FDA % de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas en San José de la Montaña, Barva, Heredia; en tres épocas del año.	132
Cuadro 42. Contenido de celulosa en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas en tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	133
Cuadro 43. Contenido de lignina (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas en tres épocas del año; en San José de la Montaña, Barva. Heredia.	134
Cuadro 44. Contenido de carbohidratos no fibrosos en pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado en tres épocas del año; en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	135
Cuadro 45. Contenido de ceniza (% de la MS) del pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	136
Cuadro 46. Contenido de Ca (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	137

Cuadro 47. Contenido de P (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	138
Cuadro 48. Contenido de Mg (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	139
Cuadro 49. Contenido de K (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	140
Cuadro 50. Contenido de Cu (mg kg^{-1} MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	142
Cuadro 51. Contenido de Mn (mg kg^{-1} MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	143
Cuadro 52. Contenido de Fe (mg kg^{-1} MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	144
Cuadro 53. Contenido de Zn (mg kg^{-1} MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	146
Cuadro 54. Contenido de extracto etéreo (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	146
Cuadro 55. Contenido de total de nutrimentos digestibles (% MS) en pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado según la época del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	148
Cuadro 56. Contenido de energía digestible (Mcal kg^{-1}) presente en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado durante un año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	150

Cuadro 57. Contenido de energía metabolizable (Mcal kg ⁻¹) en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado durante un año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	151
.Cuadro 58. Contenido de energía neta de lactancia (3x) en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado durante un año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	152
Cuadro 59. Contenido energético (Mcal ha ⁻¹) aportado por las hojas en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año, año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	153
Cuadro 60. Contenido de energía neta de ganancia en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, según época del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	154
Cuadro 61. Contenido de MS (%) en hojas, tallos/ estolón: material senescente/ muerto, componentes de la pastura de kikuyo durante tres épocas, en San José de la Montaña, Barva Heredia.	158
Cuadro 62. Contenido de proteína cruda (% de la MS) en las hojas y en los tallos de pasto kikuyo y su comportamiento durante tres épocas; en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	159
Cuadro 63. Digestibilidad “in vitro” de la MS en hojas y en tallos de pasto kikuyo durante tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	160
Cuadro 64. Altura media (cm) del pasto kikuyo según el estrato (1, 2 y 3) al tomar las referencias reales del Botanal® en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	163
Cuadro 65. Relación hoja: tallo/ estolón: material senescente/ muerto, según el estrato, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	165
Cuadro 66. Producción de hojas (kg MS ha ⁻¹) del pasto kikuyo según el estrato (1, 2 y 3) y el tratamiento, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.	167

Cuadro 67. Aprovechamiento (%) del pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado, a partir de la MS total disponible durante tres épocas, en San José de la montaña, Barva. Heredia.	168
Cuadro 68. Consumo estimado (kg de MS) por vaca y total, en pasturas desmenuzadas y no desmenuzadas; en San José de la Montaña, Barva. Heredia.	170
Cuadro 69. Balance energético ¹ (Mcal ENI día ⁻¹) para una vaca Jersey promedio según la producción, el alimento suplementado y el pasto consumido en pastoreo, en base a la MS total del pasto, en comparación al estimado mediante el método de reversa.	172
Cuadro 70. Aprovechamiento (%) del pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado, a partir de la MS de las hojas disponibles durante tres épocas, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.	174
Cuadro 71. Consumo estimado (kg de MS de hojas) por vaca en pastoreo, en áreas desmenuzadas y no desmenuzadas y el total por día en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	175
Cuadro 72. Balance energético (Mcal EN _i día ⁻¹) para una vaca Jersey promedio según la producción, el alimento suplementado y el pasto consumido en pastoreo, en base a la MS de las hojas del pasto kikuyo, en comparación al balance estimado mediante el método de reversa.	176

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Comparación entre los costos de producción y los precios de la leche fluida en diferentes países del mundo a principios de este siglo.	2
Figura 2. Morfología de la planta de kikuyo (hojas, tallos y estolón).	14
Figura 3. Morfología de la planta de kikuyo (estolón y rizoma).	15
Figura 4. Ginesceo y androceo del pasto kikuyo	15
Figura 5. Fotomicrografía del corte transversal de una hoja de kikuyo (Poaceae tropical C-4), mostrando la anatomía de Krantz	18
Figura 6. Relación entre nivel de nitrógeno (% MS) y nitrato (mg kg ⁻¹ MS) en pasturas de kikuyo sobre los 5 cm de rastrojo.	28
Figura 7. Comportamiento de los carbohidratos solubles en agua durante el día, en el pasto kikuyo, en Australia.	38
Figura 8. Comportamiento de los macrominerales (K, Ca, P y Mg) al avanzar los días de rebrote del pasto kikuyo, en Australia.	45
Figura 9. Curva de respuesta de una hoja de kikuyo a la radiación lumínica, a 20 °C en dos latitudes del planeta.	61
Figura 10. Efecto del intervalo de rebrote de <i>Pennisetum clandestinum</i> en el rendimiento (kg MS ha ⁻¹), el valor energético (Mcal EM kg ⁻¹ MS) y la proporción de las hojas y los tallos en una pastura.	67
Figura 11. Cambios en la proporción (% de la MS) de: (a) limbo de las estructuras morfológicas y (b) proteína cruda (PC) y digestibilidad de la materia orgánica (DMO) en relación al número de hojas nuevas presentes, completamente expandidas.	69
Figura 12. Precipitación en Sacramento, San José de la Montaña, Barva; Heredia, durante el último cuatrimestre del año 2004 y los dos primeros del año 2005.	89
Figura 13. Radiación solar (mJ m ⁻² día ⁻¹) registrada en el último cuatrimestre del 2004 y los dos primeros del 2005, en Santa Bárbara de Heredia.	90

Figura 14. Mapa de la finca La Amalia y los potreros evaluados	95
Figura 15. Pasto kikuyo (a) luego de 56 días de desmenuzado y (b) sin desmenuzar	110
Figura 17. Proporción de hojas, tallos/ estolones (Tallo) y material senescente/ muerto (Senescente), durante los primeros tres meses de muestreo en pasturas de kikuyo desmenuzadas y sin desmenuzar, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.	117
Figura 18. Distribución de la frecuencia de observaciones del número de hojas verdes por rebrote presentes en pasturas de kikuyo a 28 días de rebrote durante dos épocas.	155

LISTA DE CUADROS DEL ANEXO

	Página
Cuadro A1. Diferencias fotosintéticas entre plantas C ₃ y C ₄ .	211
Cuadro A2. Fertilidad del suelo del área analizada luego de aplicado el tratamiento e iniciado el plan de fertilización, según la interacción época-tratamiento en San José de la Montaña, Barva; Heredia.	212
Cuadro A3. Índice de diversidad Shanon Winner para la composición botánica de la pastura en potreros desmenuzados y no desmenuzados, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	213
Cuadro A4. Calidad nutricional de <i>Holcus lanatus</i> (mielcilla) presente en potreros de kikuyo durante la época semiseca del 2005.	213
Cuadro A5. Calidad nutricional de <i>Trifolium repens</i> (trébol blanco) presente en potreros de kikuyo durante la época semiseca del 2005.	213
Cuadro A6. Relación hoja : tallo/ estolón : material senescente/ muerto, según el estrato, el tratamiento y la época del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.	214
Cuadro A7. Material rechazado (kg ha ⁻¹) de pasto kikuyo, en tres épocas del año, por día de ocupación en potreros desmenuzados y no desmenuzados, en San José de la Montaña, Barva; Heredia.	215

Cuadro A8. Material rechazado estimado de hojas (kg ha^{-1}) de kikuyo en pasturas desmenuzadas y no desmenuzadas, durante tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.	215
Cuadro A9. Descripción de una vaca promedio (Vp) para la finca La Amalia.	216

LISTA DE FIGURAS DEL ANEXO

	Página
Figura A1a. Diferencial de precios para el maíz entre Abril 2003 y Abril 2004 (\$/Bushell).	217
Figura A1b. Comportamiento semanal del precio del maíz desde mayo del 2003 a Octubre del 2004 (\$/ Bushell)	217
Figura A1c. Diferencial de precios para la soya entre Abril 2003 y Abril 2004 (\$/Tonelada corta).	218
Figura A1d. Comportamiento semanal del precio de la soya desde mayo del 2003 a Octubre del 2004 (\$/ tonelada corta).	218
Figura A2. Comportamiento de la producción del pasto kikuyo en Oceanía (Australia y Nueva Zelanda), según las estaciones del año.	219
Figura A3 Vía para la fijación del carbono en una planta C4. Hoja de maíz (<i>Zea Mays</i>).	220
Figura A4. Ilustraciones de plantas de kikuyo en varias etapas de rebrote desde 1 a 6 hojas por tallo.	222
Figura A5. Equipo utilizado en la remoción de residuos de pasto kikuyo en la finca La Amalia.	223
Figura A6. Variaciones en el comportamiento de la precipitación entre setiembre del 2004 a agosto del 2005, con respecto al promedio de los años en la finca La Giralda.	223
Figura A7. Gramíneas diferentes al pasto kikuyo en pasturas de la finca La Amalia.	224
Figura A8. Malezas encontradas en pasturas de kikuyo en la finca La Amalia.	228

RESUMEN

Debido al creciente mercado globalizado y a que la leche es un producto agropecuario de gran demanda, Costa Rica, país declarado como autosuficiente en productos lácteos, debe buscar maneras de producir de una manera más competitiva para poder subsistir como país productor.

Al comparar diferentes sistemas de producción, se concluye que los países que producen con base en pasturas; son los que obtienen mayores márgenes de ganancia de esta actividad. El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) es un pasto tropical de buena calidad, cuya producción en Costa Rica se dá en tierras de altura, a lo largo de todo el año y es utilizado por muchos productores como recurso forrajero en sus sistemas de producción.

Con el fin de conocer mejor el pasto kikuyo, se realizó una amplia revisión de literatura sobre su ubicación geográfica, su descripción taxonómica, morfológica, anatómica, fisiológica, productiva (kg MS ha^{-1}) y bromatológica. Entre los datos de análisis bromatológicos recopilados se encuentran: energía, materia seca, proteína cruda y su fraccionamiento, carbohidratos estructurales (fibra detergente neutro, hemicelulosa, fibra detergente ácida, celulosa), carbohidratos no estructurales y carbohidratos no fibrosos, lignina, contenido de extracto etéreo y su digestibilidad, así como contenido de cenizas, macro y micro minerales. Además, se comentan algunas de las desventajas nutricionales propias de este pasto, factores ambientales que lo afectan (fertilidad del suelo, temperatura, precipitación, radiación solar, plagas), manejo (rotación, relación hoja: tallo, edad fenológica, renovación mediante la remoción de residuos, uso de herbicidas y carga animal), aprovechamiento y producción por parte del ganado lechero, la importancia y los efectos de la suplementación, así como la distribución de las pasturas de kikuyo en las zonas productoras de leche de altura de Costa Rica.

Además, para evaluar algunas de las técnicas de manejo mencionadas anteriormente en busca de mejorar su utilización, se realizó un estudio durante un año, en que se comparó el sistema de pastoreo propio de la finca (rotaciones de 28 días, en potreros divididos en dos apartos, con programa de fertilización de $174 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) con la incorporación a dicho sistema de manejo la remoción de residuos postpastoreo como son el corte y desmenuzado; esto con el fin de efectuar una poda y revitalización de la pastura de kikuyo.

El efecto del tratamiento se evaluó al medir variables convencionales de campo como producción de biomasa (kg MS ha^{-1}), a través de mediciones de tipo Botanal®, aprovechamiento y consumo de la pastura por parte del hato en producción, monitoreando la fertilidad del suelo, la precipitación y radiación solar en la zona. Variables de laboratorio como: análisis bromatológico, mediante las metodologías indicadas para rumiantes y estimando el valor energético del pasto mediante las metodologías NRC (2001). Además de otras variables como proporción

hoja: tallo: material senescente y edad fenológica de la pastura (en campo), como técnicas de manejo a evaluar para conocer cómo implementarlas posteriormente.

Al realizar el desmenuzado se provocó una disminución en la disponibilidad de la biomasa total de la pastura, aumentando la proporción de hojas y disminuyendo la proporción de tallos, estolones, material senescente y material muerto, sin provocar cambios significativos en la fertilidad del suelo, en la composición botánica de la pastura, ni en la calidad nutricional de las hojas, en comparación con el área sin tratar. Sin embargo, al parecer, la práctica de la fertilización sí logró la mejoría de la calidad nutricional de las hojas producidas y además favoreció el aumento en la producción de hojas (kg MS), aumentando por consiguiente la disponibilidad de nutrimentos para los animales en pastoreo. Al haber mayor proporción de hojas en áreas desmenuzadas, puede haber una mayor accesibilidad para los animales a las hojas de buena calidad obtenidas a través de la fertilización de la pastura. Sin embargo, debido a la elevada suplementación recibida por el hato en estudio se pueden enmascarar los beneficios obtenidos en la pastura a través del manejo al tratar de evaluarla mediante su aprovechamiento y consumo. Al estimar el consumo por vaca por día mediante los muestreos de disponibilidad de materia seca prepastoreo-postpastoreo, y compararlo con el estimado mediante el método de reversa, se constata que cuando la proporción de hojas en la biomasa total es mayor a 32%, el estimado en campo se aproxima bastante al estimado mediante la reversa; sin embargo si esta proporción es menor, las estimaciones de consumo basadas en la materia seca total distan del estimado mediante la reversa (NRC 2001), por lo que se propone realizar las estimaciones con base en el consumo de materia seca de las hojas, con lo que se logra una mayor proximidad con respecto al estimado mediante el método de reversa.

Por otra parte, el ciclo de rotación o la carga animal de las pasturas no parecieran ser capaces de mantener la pastura en un estado de crecimiento activo por más de dos ciclos, (además de los dos ciclos de recuperación) posterior al desmenuzado, por lo que se infiere que sería conveniente reconsiderar la carga animal o bien realizar nuevamente el tratamiento posterior a este lapso.

Además, se compara el contenido de materia seca entre los tres componentes morfológicos de la pastura; y entre las hojas y los tallos, la proteína y la digestibilidad. Encontrando que la estructura que presentó mayor contenido de materia seca fue el material senescente/ muerto, luego las hojas y por último los tallos, además que las hojas presentaron mayor contenido proteico que los tallos y que los últimos presentaron mayor digestibilidad de la materia seca.

Se determinó que el pasto kikuyo a partir de 4 hojas por rebrote comienza a presentar senescencia en sus hojas, por lo que posterior a esta etapa las hojas comienzan a traslocar nutrimentos al tallo y a las otras estructuras de la planta, de menor predilección por parte de los animales en pastoreo. Con esto se determina la edad fenológica indicada para la pastura de kikuyo, mediante el número de hojas verdes por rebrote.

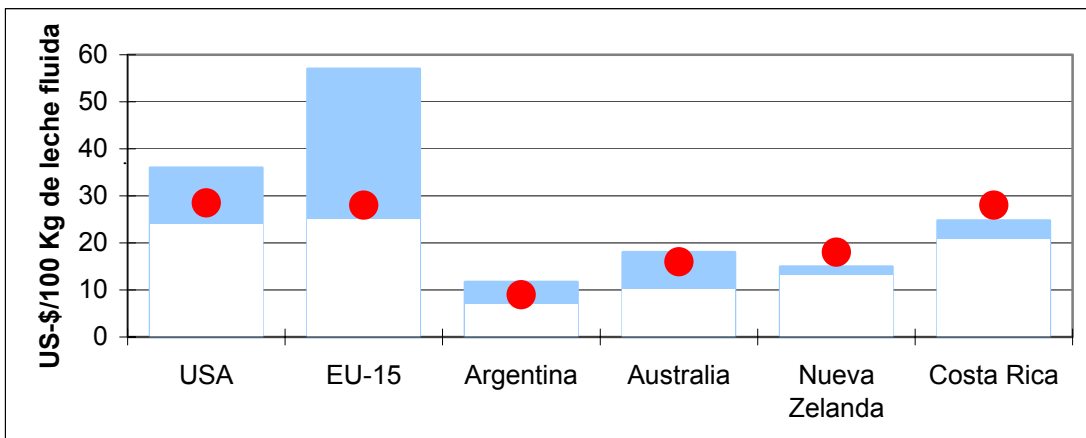
INTRODUCCIÓN

Según COMEX (2004), luego de la aprobación del Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos de Norte América, Costa Rica dispondrá de 20 años antes de que ingrese leche en cantidades ilimitadas sin pagar los impuestos que en la actualidad protegen la producción nacional. Ésta es una gran amenaza a largo plazo, sin embargo se deben tomar las medidas necesarias como concienciar a los productores que hay que ser más eficientes, al quedar Costa Rica compitiendo en un mercado globalizado.

Según un artículo publicado en la revista *Hoards Dairyman* (2005), la leche disponible para el mercado internacional es tan solo el 8% de la producción mundial (un poco menos de 6 millones de toneladas de sólidos, lo que equivale a unos 49 millones de toneladas de leche fluida con 12,7% de contenido de sólidos). No obstante, este mercado tiene una tendencia creciente y en el 2003 se ofertaron 1,5 millones de toneladas de sólidos más que en 1995, lo que representa un incremento del 25%. Este incremento se debe a los tratados internacionales de libre comercio y a la liberación de las tasas impositivas en muchos países. No obstante estas tendencias globalizantes del comercio de la industria láctea, la producción doméstica de leche en ciertas regiones del mundo ha disminuido. Según Galetto (1996) los países de la Comunidad Europea, los Estados Unidos de Norte América, Nueva Zelanda y Australia son los más influyentes en el mercado mundial de la leche, debido a que comercializan grandes volúmenes.

En la Figura 1 se denota la diferencia tan grande que existía en el año 2002 entre los costos de producción de leche fluida (100 kg) entre algunos países, de los cuales resaltan los Estados Unidos (25-35 US \$ 100kg⁻¹) y La Unión Europea (25-57 US \$ 100 kg⁻¹) con costos de producción muy altos, comparados con los costos de países como Australia (25 US \$ 100 kg⁻¹), Nueva Zelanda (14 US \$ 100 kg⁻¹) y Argentina (10 US \$ 100 kg⁻¹); aunque Otrowski y Deblitz (2001) afirman que por factores como costo de la tierra, mano de obra y capital, los costos de producción en Argentina son realmente

más altos (entre 15 y 20 US \$ 100 kg⁻¹). En esta figura también se aprecia cómo en algunos países el precio pagado no cubre los costos de producción, como en los Estados Unidos de Norte América y La Unión Europea (en los que la actividad lechera no desaparece debido a subsidios otorgados). Así mismo, en otros se ven márgenes de ganancia bastante buenos como en Nueva Zelanda y Australia, donde la producción de ganado lechero se basa en el pastoreo. Costa Rica también presenta un buen margen de ganancia, gracias a que tiene la capacidad de producir con base en pasturas de manera continua a lo largo del año.



Costos de producción: solamente el costo de la producción de leche = costos completos que incluyen costos de cuota- retornos no de leche (venta de ganado, pagos directos, etc)

Granjas típicas: en cada país se analizaron de 2 a 4 fincas, que representan las granjas promedio de los diferentes tamaños de granjas.

Precio de la leche: precios promedio nacionales (según año calendario) provistos por los investigadores del IFCN (ajustado a 4% de grasa y 3,3% de proteína)

Precio de la leche en Oceanía: los precios reflejan el precio estacional 2001/2002. El precio para la estación 2002/2003 es alrededor de 15 US-\$ 100kg⁻¹ de leche

Fuente: Hemme (2000)

Costo de producción y precio de la leche en Costa Rica son valores calculados para el año 2004, tomando como referencia un margen de ganancia entre 16,6-30% Abarca y Madríz, (1999), a partir de un precio pagado de \$29,7 por 100 kg.

- Rango: costos sólo de la producción de leche de granjas típicas analizadas
- Nivel del precio de la leche

Figura 1. Comparación entre los costos de producción y los precios de la leche fluida en diferentes países del mundo a principios de este siglo.

Según Sánchez (2004), los pastos tropicales son idóneos para ser la base de los sistemas de alimentación del ganado bovino en las zonas tropicales, debido a que crecen en forma más o menos continua durante todo el año (siempre y cuando dispongan de suficiente humedad).

Cada país tiene su forma diferente de producción de leche (subsidios, tipo de alimentación del hato, infraestructura y maquinaria, tamaño del hato, área destinada a la producción, entre otros factores.) y aunque éstas no se pueden copiar de manera idéntica, dado que las condiciones económicas y geográficas difieren entre países, en el caso de Costa Rica, debido a que es un país cuya producción se basa principalmente en sistemas de pastoreo, acá se puede intensificar la producción y utilización de pasturas y forrajes de manera similar a Nueva Zelanda y Australia.

En cuanto a los costos de producción nacional, Abarca y Madríz (1999) ilustran esta situación comparando dos zonas importantes de producción lechera: San Carlos y Cartago. Del Cuadro 1 se deriva que tanto en San Carlos como en Cartago, casi el 60% de los costos se orientan hacia la alimentación, lo que recalca la importancia de un buen plan nutricional para mejorar la eficiencia de la productividad.

Cuadro 1. Distribución porcentual de los costos de producción de leche en San Carlos y Cartago entre 1997 y 1998.

Rubros	San Carlos(%)	Cartago(%)	Promedio(%)
Alimentación	56	60	58
Inseminación	3	2	2,5
Veterinarios	3	4	3,5
Administrativos	5	4	4,5
Ordeño	9	9	9
Generales	24	21	22,5

Fuente: Abarca y Madríz (1999)

El Cuadro 2 denota que tanto en San Carlos como en Cartago, los costos de los alimentos balanceados constituyen casi el 80% de la alimentación, valor bastante preocupante ya que los concentrados son elaborados especialmente con base en materias primas importadas.

Cuadro 2. Distribución porcentual de los costos de alimentación para la producción de leche en San Carlos y Cartago, entre 1997 y 1998.

Rubros	San Carlos (%)	Cartago (%)	Promedio (%)
Alimento balanceado	76	82	79
Suplementos	6	3	4,5
Fertilización	14	12	13
Control de malezas	3	1	2
Pasto de corta	1	2	1,5

Fuente: Abarca y Madríz (1999)

Para lograr producciones altas, a las vacas se les alimenta usualmente con cantidades grandes de suplementos balanceados, que son normalmente caros y que también son utilizados para consumo humano (Stobbs 1976). Los alimentos balanceados destinados a la alimentación animal, tanto de rumiantes como de monogástricos, están compuestos por cantidades altas de soya y de maíz. En el 2004 se registraron aumentos significativos en los precios de estas materias primas, de abril de 2003 a abril de 2004 el maíz tuvo un diferencial de precio del 50% (2,28 a 3,4 US \$ Bu⁻¹ ¹) y la soya uno del 100% (167 a 340 US \$ TC⁻¹ ²) (Anexo Figura A1), aunque a finales de setiembre del mismo año se observó un decrecimiento en estos precios.

La utilización de las pasturas para vacas lecheras, dá como resultado sistemas de alimentación de menor costo, porque el forraje pastoreado es la fuente más barata de nutrimentos (Clark y Kanneganti, 1998 y Peyraud y Delaby, 2001; citados por Bargo *et al.* 2003). El cultivo de los pastos para la producción de leche es una actividad que se ha intensificado en los últimos años en Costa Rica, debido a factores como el aumento en el precio de granos como el maíz y la soya, así también la concientización en el ahorro de insumos como fertilizantes, con el propósito de sostener o incrementar la productividad del sistema lechero (Cabalceta y Rivera 2003).

El intensificar el uso de las pasturas presentes en el área que posee el productor nacional como fuente nutricional de bajo costo para el ganado lechero, es una solución viable para preparar al sector lechero ante el comercio mundial. Según

¹ 1 BU= 35,2393 l

² 1 TC= 907,185 kg

Weiss (2004), las pasturas manejadas correctamente pueden proveer una proporción substancial de los nutrimentos requeridos por las vacas durante su lactancia, y Costa Rica cuenta con zonas aptas para la producción de pastos tropicales de alta calidad, tal como lo es el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov), con respecto a otras.

Un manejo apropiado de las pasturas de kikuyo consiste en una adecuada fertilización, la remoción de residuos pospastoreo (mediante el desmenuzado, o bien con cargas animales que aprovechen al máximo las pasturas), el saber cuándo las pasturas poseen la mejor calidad en sus hojas y la cantidad de alimento que éstas pueden suplir a los animales, para así intensificar el uso del área de la que se dispone y a la vez sacar el mejor provecho a partir de ellas (Andrewes y Jagger 1999;.Reeves, Fulkerson y Kellaway 1996).

Objetivos

General:

Evaluar técnicas de manejo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov) en una finca de ganado de la raza Jersey, en Sacramento, San José de la Montaña, Barva, Heredia.

Específicos:

1. Monitorear la fertilidad del suelo de la finca luego de implementar un programa de fertilización para un ciclo productivo de un año.
2. Evaluar la práctica cultural denominada “ mulch” o desmenuzado en potreros de pasto kikuyo establecidos.
 - 2.1. Describir de manera cuantitativa la pastura desmenuzada y no desmenuzada:
 - 2.1.1. Disponibilidad de MS (kg de MS) antes del pastoreo.
 - 2.1.2. Descripción de la composición estructural de las pasturas mediante la relación hojas : tallos/ estolones : materia senescente/ muerta (en base seca) en la pastura de kikuyo ofrecida durante un ciclo de un año.
 - 2.1.3. Análisis de la composición botánica de la pastura.
 - 2.2. Analizar la calidad nutricional de la pastura desmenuzada y no desmenuzada en muestras recolectadas simulando pastoreo.
 - 2.2.1. MS, digestibilidad “in vitro” de la MS (DIVMS) y CNF
 - 2.2.2. Proteína cruda (PC) y su fraccionamiento
 - 2.2.3. Pared celular y su fraccionamiento (FDN, FDA, Lignina)
 - 2.2.4. Contenido de ceniza y minerales (Ca, P, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn)
 - 2.2.6. Contenido energético (TND, ED, EM, EN_l o EN_g).

3. Describir los estratos (bajo (1), intermedio (2) y alto (3)) presentes en pasturas de kikuyo
 - 3.1. Altura (cm) de los estratos
 - 3.2. Relación hoja: tallo/ estolón: material senescente/ muerto según el estrato.
 - 3.3. Producción de hojas (kg ha^{-1} MS) de cada estrato, según el tratamiento

4. Describir las estructuras componentes de la pastura de kikuyo desde el punto de vista fenológico y bomatológico.
 - 4.1. Edad fenológica de la pastura.
 - 4.2. Contenido de MS (hojas, tallo/ estolón y material senescente /muerto).
 - 4.3. Contenido de proteína cruda (hojas y tallo/ estolón).
 - 4.4. Digestibilidad “in vitro” de la MS (hojas y tallo /estolón).

5. Estimar el consumo de forraje de las vacas en pastoreo (kg por vaca por día) y el aprovechamiento de la pastura por el hato mediante los datos obtenidos en campo.

6. Estimar el consumo de MS de forraje por animal por día a partir de los datos de producción de leche, utilizando el método denominado “reversa”.

7. Cuantificar la carga animal real en la finca La Amalia.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. 1. Introducción

El pasto kikuyo está presente alrededor del mundo en las partes altas de la zona geográfica denominada Tórrida (entre Lat. 0° y 27,5° N y S). En Costa Rica se encuentra a más de 1500 y hasta 2800 msnm, así como en Sur América, África Media y Asia. También se encuentra a nivel del mar en la zona Subtropical (entre Lat. 27,5 y 40° N y S), en algunas zonas de Australia, en Nueva Zelanda y Sur África. Herrero *et al.* (sf), citan a Ivory y Whiteman (1978), quienes informan no haber encontrado variaciones en el crecimiento del kikuyo a bajas temperaturas (>8°C), lo que explica su adaptación a la región subtropical y a las regiones más frías del trópico. En la Zona Tórrida, la vegetación es denominada “termófila perennifolia”, en la cual el kikuyo se comporta como un pasto que se mantiene en producción a lo largo del año, mientras que en la Zona Subtropical, la vegetación presenta un período de latencia estacional, en la que el kikuyo crece de manera más vigorosa en los meses de verano y otoño (Anexo Figura A2). En el invierno se quema por el frío, pero mantiene sus estolones listos para rebrotar en cuanto las condiciones sean favorables. En la Zona Tórrida las pasturas que se presentan producen una cantidad mayor de MS por hectárea por año que en la Zona Subtropical; por ejemplo el kikuyo en Costa Rica produce entre 20 y 25 toneladas (Sánchez 2003) de material en crecimiento activo por año. A diferencia de Australia donde se reportan entre 8 y 14 toneladas de kikuyo bien manejado (Fulkerson, Slack y Havilah 1999) y en Nueva Zelanda éste produce entre 10 y 16 toneladas (Andrewes y Jagger 1999).

En cuanto a la clasificación climática de Köppen, Costa Rica se clasifica como un país de clima tropical lluvioso, mientras que Australia, al menos en las zonas donde se produce kikuyo, como templado y húmedo. El comportamiento de la producción de kikuyo en ambos países se debe a que según Herrero *et al.* (2000b) tanto la altitud, como la latitud provocan ciclos estacionales similares, por lo que ambas variables, según los autores, son muy difíciles de separar.

Reeves (1996) explica que la mayoría de pastos tropicales producen una biomasa de estructura erecta, para lo que necesitan tallos fuertes, que son los que presentan mayor contenido de carbohidratos estructurales, los cuales a su vez limitan el consumo del mismo, en comparación con los de clima templado. El pasto kikuyo, aunque con menor cantidad de tallos erectos que otros pastos tropicales, se reproduce mediante estolones y además acumula material senescente en su base. Esto propicia un ambiente húmedo para el desarrollo de hongos e insectos parásitos, lo que afecta el consumo por los animales, favoreciéndose así la formación y persistencia de este “colchón vegetal”³.

Las prácticas de manejo del pasto kikuyo se deben orientar hacia la eliminación de este “colchón vegetal” mediante rotaciones cortas. En vez de establecer días fijos de rotación de los potreros, debería de aplicarse el concepto fenológico de las 4,5 hojas verdes por rebrote, ya que luego de esta etapa se presenta un aumento gradual en la proporción de tallos y un aumento marcado del material muerto Reeves (1997). Al basar el pastoreo en la fenología de la planta, debe aumentarse la carga de pastoreo y eliminar residuos de pasto no consumido, de tal manera que para la siguiente rotación no permanezcan residuos sin consumir, los que no serán consumidos debido a su baja calidad. Además, el pastoreo en el momento oportuno permite que la pastura se encuentre en un crecimiento activo de hojas. Para lograr tal objetivo, el manejo que debe dársele al kikuyo se tiene que enfocar hacia una defoliación constante a lo largo de todo el año, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente los potreros KAG, (2002a). Con esto aumenta la disponibilidad de MS de hojas en el potrero.

En Australia se expresa la producción con base en los kg de leche que se producen por hectárea, y no tanto por los kg de leche que se obtienen por vaca, ya que la producción total no sólo depende de la vaca, sino como de la capacidad de carga de la pastura (Stobbs 1967). Este es un concepto que abarca tanto el potencial del animal, como lo que ofrece la pastura, incorporando el concepto de “pastura como productora

³ Colchón vegetal de kikuyo, se refiere a la porción más próxima al suelo, de la pastura constituida básicamente de estolones, material senescente y muerto.

de leche”; según Clark y Kanneganti (1998), citado por Bargo *et al.* (2003). Sistemas eficientes, basados en pasturas se caracterizan por una producción elevada de leche por unidad de área, mientras que los sistemas de confinamiento se caracterizan por altas producciones por vaca. En el Cuadro 3 se citan algunos autores que presentan la producción de leche en términos de área, la producción de cada vaca para cumplir con esa producción y el número de vacas por ha que se requieren para ello. Al aumentar la carga estable, usualmente la producción por vaca disminuye, sin embargo, esto se compensa por la mayor cantidad de vacas soportadas, por lo que la producción por hectárea aumenta (Stobbs 1967 y Colman y Kaiser 1974). Sin embargo, al llegar al punto en que la producción comienza a disminuir, tanto por vaca como por hectárea, se habrá sobrepasado la capacidad de carga máxima de la pastura (Stobbs 1967).

Cuadro 3. Producción de leche (kg) por vaca por día y por ha por año según la raza y la carga animal, con base en pasturas de kikuyo, sin suplementación.

Fuente	Raza	Carga estable (vacas ha ⁻¹)	Producción	
			kg vaca ⁻¹ día ⁻¹	kg ha ⁻¹ año ⁻¹
Colman <i>et al.</i> (1970)	Guernsey	1,8	9,3	4711
Anon (1969) ¹	Guernsey	0,7	7,8	3293
Jeffrey <i>et al.</i> (1970) ¹	Guernsey	1,9	7,8	3682
Plunknet (1970) ²	-	0,8	8,2	3218
Colman y Kaiser (1974)	Jersey y Guernsey	2,5	7,8	5351
		3,3	7,1	6227
		4,7	6,9	9000

Fuente: Stobbs (1976)

¹ En Australia. Pastura asociada con leguminosa.

² En Australia. Fertilizado con nitrógeno.

En Nueva Zelanda se hacen reportes de la producción de leche con base en los sólidos de leche producidos a partir de las pasturas, así Andrewes y Jagger (1999) indican que a partir de pasturas de kikuyo se pueden obtener 730 kg de sólidos de leche ha⁻¹ (SL ha⁻¹) en condiciones de secano, 1000 kg SL ha⁻¹ si el kikuyo se combina con tréboles y pasturas de clima templado y hasta 1200 Kg SL ha⁻¹ con irrigación. Piggot (2001) reporta una producción anual de grasa láctea de 144 kg por vaca, y de 330 kg ha⁻¹ (2,29 UA ha⁻¹) con base en pasturas de kikuyo. La empresa

industrializadora de leche más grande de Nueva Zelanda, paga a sus productores en términos de kg de SL (grasa y proteína). Para la temporada 2003 / 2004 dicha empresa pagó a \$NZ 4,23 el kg (\$US 2,62) y se proyectó el pago para la temporada 2004 / 2005 en \$ NZ 3,8 kg SL⁻¹ (\$US 2,36).

1.2. Características del pasto kikuyo

El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), es originario del territorio de Kenia, en la región de los lagos salados de Eimeitteita y de Naivasha, provincia de Kikuyo (Dávila y Cavaría 1968). En esta zona el clima también es trópico húmedo, al igual que en Costa Rica. Actualmente se encuentra distribuido en áreas tropicales, especialmente en Costa Rica, Colombia, Hawaii, Australia y el sur de África (FAO, 2004), en las tierras altas (entre 1950 y 2700 m) de Kenia, Etiopía, Uganda, Ruanda, Zaire, Tanzania y el Congo (Mears 1970, citado por Marais 2003). También en Norte América (California y México), en Centro América (Guatemala), en Sur América (Venezuela y Brasil). Además en Oceanía en el extremo norte de Nueva Zelanda y en ciertas regiones de Australia. En Asia también se encuentra presente.

Entre los usos que se le dan a este pasto están el pastoreo, corte (forraje verde); con menos frecuencia para heno o ensilado (Agrisoft 2000). También se conoce su uso para el control de la erosión. Cransberg (1995) agrega que la biomasa verde del kikuyo actúa como un filtro que atrapa nutrientes y sedimentos, por lo que este pasto es beneficioso en potreros que limitan con ríos o quebradas.

Esta gramínea se caracteriza por ser de alta producción de biomasa, tener una buena respuesta a la fertilización y producir un forraje muy palatable y de buena calidad nutricional (Sánchez 2000) .

1.2.1. Taxonomía y morfología

Taxonómicamente, el kikuyo pertenece al reino Plantae, al filo Magnoliophita, a la clase Liliopsida, al orden Poales a la familia Poaceae, su Orden es *Pennisetum* y su especie *clandestinum*.

Burger (1980), cita la descripción realizada por Anuario Reale (1903), el cual detalla la morfología del pasto kikuyo como sigue:

Perenne, vigorosa, rastrera (Figura 2), ramas erectas de hasta 45 cm cuando no se pastorea, usualmente de 15 cm o menos de altura; rizomas y estolones presentes (Figura 3); internudos muy cortos y densamente protegidos con vainas que se traslapan, ramificación profusa y erecta que se produce en la mayoría de los nudos, perfilo prominente, retrorsamente escabroso sobre las quillas, vainas dentadas glabras o usualmente papilo hirsutas especialmente en los márgenes superiores, lígula en un arco densamente ciliado, hasta de 2 mm de largo; láminas dobladas o planas de 3 a 9 cm de largo y de 2 a 5 cm de ancho, la punta es roma y a veces ligeramente bífida, superficies superior e inferior glabras o con tricomas largos y esparcidos.

La inflorescencia es una corta y casi escondida espiga axilar de 1 a 4 espiguillas sésiles y solitarias que salen de las vainas de las hojas en los nudos de un raquis corto y aplanado, solamente su punta es exerta de la vaina de la hoja. Las espiguillas no se desarticulan de la planta y alrededor de cada una hay un fascículo basal de tricomas delgados de diferentes tamaños, la mayoría con un tamaño menor a la mitad de la espiguilla, la forma de la angosta espiguilla es lanceolada, reduciéndose a una punta delgada; primera gluma ausente, la segunda ausente o reducida a una escama pequeña y débil, lemas inferior y superior iguales o similares de 19 a 22 cm de largo; lema inferior vacía y sin pálea de 10 a 13 nervios, lema superior de 10 a 12 nervios, su pálea de 2 a 7 nervios, de 16 a 17 mm de largo; lodículas ausentes; flores sexualmente hermafroditas, proteroginas, de estilo corto, plumoso y solitario de 3 cm de largo excerto que va hasta la punta de la flor, estigmas con sus partes expuestas (Figura 4a);

anteras de 4 a 5 cm de largo exsertas de la flor (Figura 4b), erectas, filamentos blancos de 3 cm de largo, las anteras pendulando en sus puntas. No se han observado cariósides (Pohl, 1980)

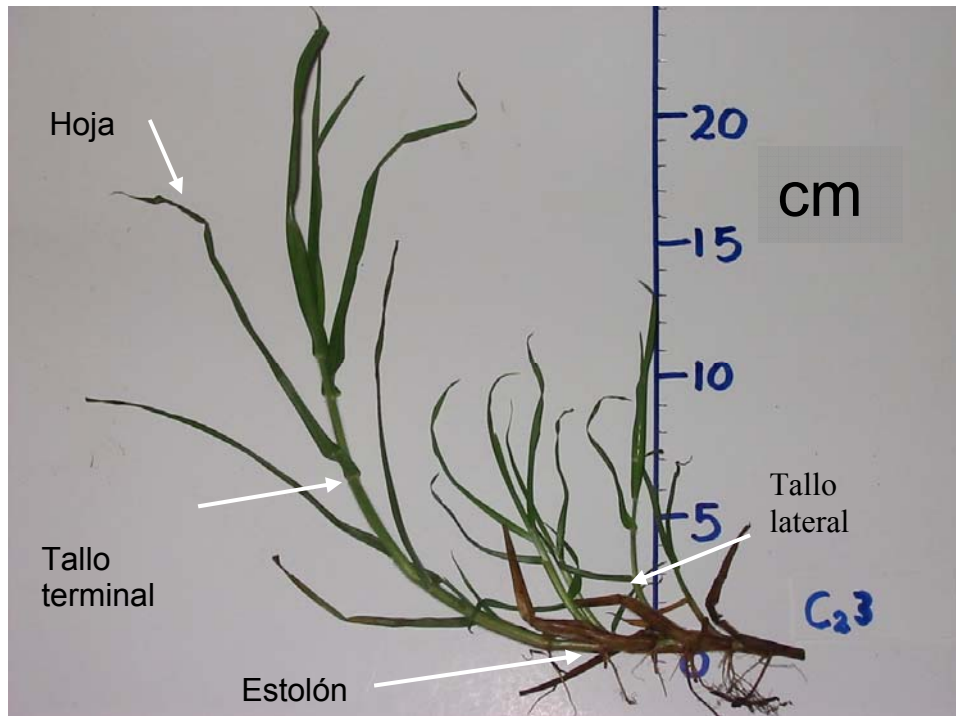


Figura 2. Morfología de la planta de kikuyo (hojas, tallos y estolón)

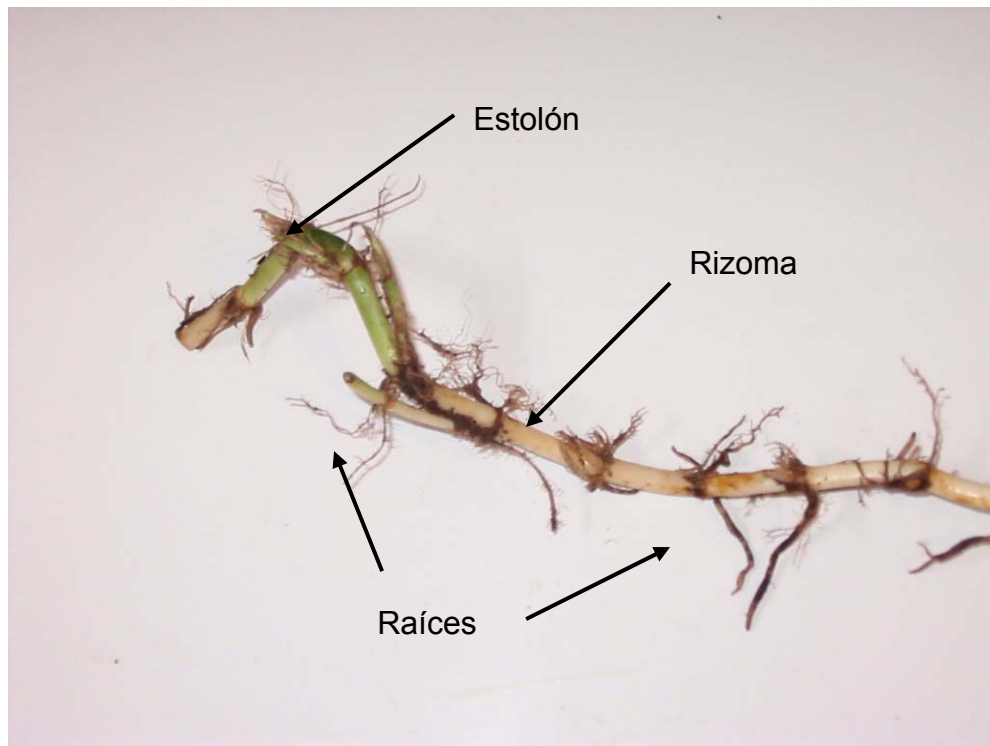


Figura 3. Morfología de la planta de kikuyo (estolón y rizoma)



(a)



(b)

Figura 4. Ginesceo(a) y androceo(b) del pasto kikuyo

En cuanto a las raíces del kikuyo, Agrosoft (2000) indica que profundizan hasta 5,5 m en el suelo, sin embargo el 90% de su peso total se ubica en los primeros 60 cm del suelo. Quinlan *et al.* (1975) y Mears y Humpreys (1974), citados por Herrero *et al.*, (sf), establecen que la mayoría de las raíces del pasto kikuyo se encuentran en los primeros 70 cm de suelo y que su masa de raíces puede ser tan alta como la MS sobre la superficie.

Mears (1970), citado por Mora (1988) indica que el kikuyo en condiciones naturales puede alcanzar hasta 46 cm de altura, formando un césped denso que cubre rápidamente el terreno bajo pastoreo. La morfología de la planta en la pastura influencia tanto su disponibilidad como su valor nutricional para una vaca. Así en un pasto tropical se requiere mayor cantidad de tallos para mantener una morfología erecta, propia de estos pastos con relación a las pasturas de clima templado. El kikuyo es menos erecto que otros pastos tropicales, por lo que su proporción hoja: tallo es mayor. Se esperaría que mientras el kikuyo madura, la respectiva elongación de tallos disminuye la densidad de hojas y presumiblemente reduce su consumo por bocado, por lo que aumentaría el tiempo y la energía requerida por el animal para cosechar las hojas (Reeves 1997), ya que el animal invertiría más en seleccionar cada bocado y en digerir una dieta compuesta en su mayoría por hojas.

Al poseer el kikuyo dominancia apical, la poda de los estolones provocan el crecimiento de estolones secundarios, o bajo ciertas circunstancias, a cortos culmos que llevan espigas, cada una consiste de 2–5 espiguillas cortas y séciles o con un pedúnculo corto. Debido a la naturaleza sécil de la inflorescencia, se mantiene dentro de la vaina de la hoja terminal del culmo. Sólo los estigmas largos y anteras son expuestas, usualmente en la noche, pero se marchitan al calor del día (Marais 2003). Wilson y Rumble (1975) y Wilson *et al.* (1975), citados por Herrero *et al.* (sf), indican que el manejo del kikuyo orientado hacia la producción de semilla consiste en cortar o pastorear, de manera que se estimule la producción de tallos secundarios que florecen de manera prolífica y forman semilla.

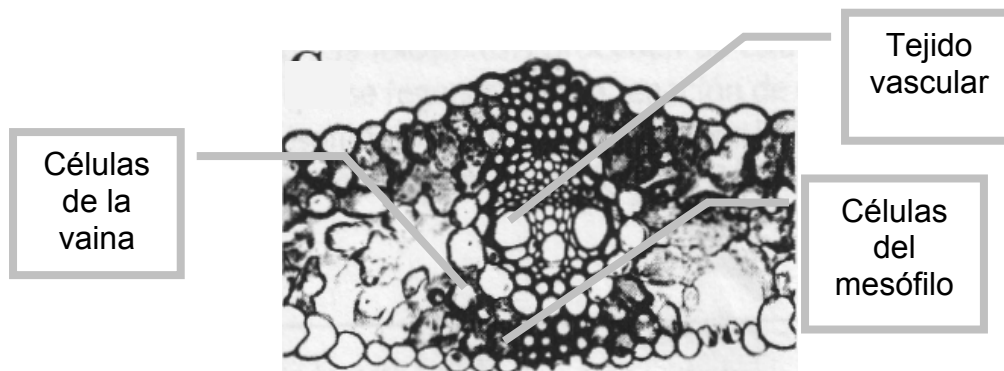
En muchos países existe la creencia de que el kikuyo se reproduce solamente de manera vegetativa; sin embargo existen razas bisexuales y de esterilidad masculina (sin estambres) (Younger 1961, citado por Marais 2001). En Costa Rica, su reproducción se lleva cabo por medio de material vegetativo ya que el kikuyo, en el país no produce semilla fértil (Lobo y Días 2001).

Para el establecimiento de pasturas con semilla fértil, Cransberg (1995) indica que se necesitan 1,5 kg de semilla por ha del ecotipo Whittet. Pearson e Ison (1987), citados por Herrero *et al.* (sf) indican que se necesitan entre 1 y 6 kg ha⁻¹, esto posterior a un control de malezas mediante un pastoreo fuerte hasta cuatro semanas antes de sembrar, se debe dejar descansar una semana y luego se aplica un herbicida como el glifosato. Dos semanas después se realiza la siembra.

1.2.2. Anatomía y fisiología

Fulkerson y Lowe (2002) se refieren al pasto kikuyo como una especie tropical, considerada como una gramínea de tipo C₄. Reeves (1997) indica que las pasturas tropicales y subtropicales llevan a cabo tanto las vías fotosintéticas del ciclo de Hatch y Slack (C₄) como el de Calvin (C₃). Las especies que producen moléculas de cuatro carbonos como productos iniciales de la fijación del CO₂, son llamadas especies C₄, mientras que las que fijan inicialmente el CO₂ en 3-PGA (ácido fosfoglicérico) son llamadas especies C₃ (Salisbury y Ross 1992). (Anexo Figura A3).

Salisbury y Ross (1992) denotan que en las plantas C₄ se encuentran una o dos capas de células de la vaina, las cuales están muy bien empacadas y poseen una pared gruesa ligeramente impermeable al gas, las cuales normalmente rodean los acces vasculares y a los que separa de las células del mesófilo. Explican que a este arreglo concéntrico de células de la vaina, Laetsch en 1974 lo denominó como la “anatomía de Krantz” (Figura 5), que quiere decir espiral, en alemán.



Fuente: Villalobos (2001), Cortesía de Mayra Montiel, Unidad de Microscopía Electrónica, Universidad de Costa Rica.

Figura 5. Fotomicrografía del corte transversal de una hoja de kikuyo (*Poaceae* tropical C-4), mostrando la anatomía de Kranz.

Las plantas C_4 evolucionaron en zonas del mundo con temperaturas elevadas, intensidades de luz fuertes y cantidades limitadas de agua. Además tienen un óptimo de temperatura más elevado, un óptimo de luz más intenso, fuertes intensidades de fotosíntesis y crecimientos y una pérdida menor por transpiración que las plantas que sólo disponen de las vías C_3 (Viljee, 1994). Las pasturas C_4 toleran mayores temperaturas y requieren mayores temperaturas para un crecimiento óptimo (Reeves, 1997). La principal ventaja que poseen los pastos C_4 vs. los C_3 es su mayor tolerancia a las sequías y mejor eficiencia de utilización del agua, además poseen una mayor tolerancia al calor, probablemente debido a una fotorespiración reducida (Brown y Simmons 1979; Treharne y Nelson 1975; citados por Marais 2003). Al utilizarse la combinación de los ciclos en las plantas C_4 , da como resultado una fotosíntesis más eficiente que en las C_3 , así como un mejor uso del agua y del nitrógeno (Reeves 1997). Montiel (1998) clasifica a las plantas C_4 como “*los vegetales más eficientes en la captación de CO_2 de los trópicos*”. Ya que las hojas de las plantas C_4 generalmente exportan los productos de la fotosíntesis de manera más rápida y completa que las plantas C_3 (Raven, Evert y Eichhorn 1986). Salisbury y Ross (1992) explican que a temperaturas elevadas, el CO_2 es menos soluble en el agua de los cloroplastos, lo que disminuye la fotosíntesis en las plantas C_3 , más que en las C_4 . Además, que con el

estrés de la sequía, acompañado por el cierre de los estomas, disminuye la entrada de CO₂ a la planta, lo que aventaja las plantas C₄ vs. las C₃ (Anexo, Cuadro A1), por su ciclo de Hatch y Slack, ya que según Audesirk y Audesirk (1996) al cerrarse los estomas para evitar la transpiración, disminuye la concentración de CO₂ dentro de los mismos, y al tener la PEPcarboxilasa alta afinidad por el CO₂ (Villalobos 2001) lo capta de manera eficiente. Entonces, una rápida fotosíntesis en las especies C₄ bajo altas radiaciones, dan como resultado un menor requerimiento de agua por gramo de MS producida (Salisbury y Ross 1992).

En cuanto a otras diferencias anatómicas entre las plantas C₄ y C₃, se encuentra el tamaño y la distribución de los vasos vasculares, que en las primeras son más grandes, y más frecuentes que en las segundas; por lo que cubren una mayor superficie de la hoja; disminuyendo la digestibilidad de estas plantas (Reeves 1997). Las células de la vaina de la mayoría de las plantas C₄ contienen paredes celulares más gruesas, mucho más cloroplastos, mitocondrias y organelas; y vacuolas centrales más pequeñas en comparación con las células de la vaina de las plantas C₃ (Salisbury y Ross 1991). Una mayor proporción de tejido vascular tanto en hojas y tallos; y menos células del mesófilo, que son más delgadas, en las células de los pastos tropicales en comparación a los pastos de clima templado, les brinda mayor resistencia a la ruptura tanto mecánica como microbial en el rumen. Resultando un mayor tiempo de retención ruminal, restricción en el consumo voluntario y por lo tanto en la producción por el animal en pastoreo (Norton 1982; citado por Reeves 1997).

El kikuyo, aunque comparte todas las características antes mencionadas para las pasturas tropicales, difiere de otras pasturas C₄ en varias formas: tiende a ser una pastura tropical de clima más frío o una pastura “C₄ subtropical”, produce semilla a partir de estolones cuando se pastorea o corta bajo y tiende a presentar una mejor calidad si se maneja apropiadamente (Fulkerson y Lowe 2002).

Los pastos tropicales se caracterizan por ser excelentes productores de MS, que los hace idóneos para ser la base de los sistemas de alimentación del ganado bovino

en las zonas tropicales. Esta cualidad se debe a que son C₄, a que su selección estuvo orientada a la producción de biomasa y a que crecen en forma más o menos continua durante todo el año (Sánchez 2004).

1.2.3. Producción de biomasa a partir de pasturas de kikuyo

Fulkerson y Lowe (2002) indican que se han registrado producciones de más de 50 t de MS ha⁻¹ a partir de pasturas tropicales con fertilizaciones óptimas de N e irrigación, pero en la práctica sólo se pueden utilizar 6-10 t MS ha⁻¹ de hojas de alta calidad.

En el Cuadro 4 se presenta una recopilación de valores de producción de biomasa de kikuyo, reportados por diferentes autores.

Se debe considerar que la información reportada para Australia y Nueva Zelanda debe tratarse con cautela, ya que al tener estos países una ubicación geográfica tan diferente a Costa Rica, las producciones anuales están influenciadas por estaciones muy marcadas (Anexo Figura A2). Herrero *et al.* (sf), advierten que es difícil comparar entre estudios de campo aún en regiones similares, al no haberse estandarizado los procedimientos experimentales.

Herrero *et al.*(sf), recalcan la importancia de la altura a la cual se realiza el corte en la pastura al realizar estudios de campo, diciendo que su importancia radica en las incongruencias producidas por la acumulación de biomasa y la densidad de la pastura a través de su estrato vertical, e indican que los horizontes más bajos son más densos y contienen la mayoría de la MS, por lo que a alturas de corte mayores, se incurre en subestimaciones del rendimiento de la MS de la pastura.

Cuadro 4. Producción anual de materia seca (kg MS ha⁻¹) reportada para pasto kikuyo en diferentes países y por diferentes autores.

Ton MS ha ⁻¹ año ⁻¹	Condiciones	País	Fuente
20-25	Corte de entre 35 y 45 días y fertilización de 300-500 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹	Costa Rica	Sánchez (2003)
7-23,5	Producciones máxima y mínima	Nueva Zelanda	Andrewes y Jagger (1999)
14,5	-	Nueva Zelanda	Piggot (2001)
25	Pasturas bien manejadas	Australia	Lean, (1996)
9	Fertilizado con nitrógeno	Australia	Fulkerson et al. (1997)
18	Kikuyo asociado con trébol blanco	Australia	Fulkerson et al. (1997)
8,9-17,4	21 días de rebrote 0-950 kg N año ⁻¹	Australia	Kemp (1976) ¹
9,3-21,9	42 días de rebrote 0-950 kg N año ⁻¹	Australia	Kemp (1976) ¹
14,8-24,9	63 días de rebrote 0-950 kg N año ⁻¹	Australia	Kemp (1976) ¹
30-32	Fertilizado con más de 850 kg N ha ⁻¹ Bajo condiciones de temperatura y de humedad favorables	Australia	Colman (1966), Whitney (1974) y Colman y O'Neil, (1978)
4,5-17,3	Menos de 500 kg N ha ⁻¹	Varios	Varios autores ²
6.6- 32			Rango

¹ Comenzando con un corte entre 8 y 7 cm del suelo

² Citados por Herrero *et al.* (sf).

A continuación, en el Cuadro 5 se presentan informes de producciones de kikuyo por cortes, en el que los datos procedentes de Australia, son obtenidos en las épocas de verano y / u otoño.

Cuadro 5. Producción de materia seca (kg MS ha⁻¹), por corte reportada para pasto kikuyo en diferentes países y por diferentes autores.

Ton MS ha ⁻¹ por ciclo	Condiciones	País	Fuente
2,0-2,38	Corte a 10 cm, cada 28 d, entre 0 y 500 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ en verano	Costa Rica	Sosa (1981)
1,55	Corte a 10 cm, cada 28 d, entre 0 y 500 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ en invierno	Costa Rica	Castillo (1981)
1,65-1,84	Corte a 10 cm, cada 28 d, entre 0 y 500 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ en invierno	Costa Rica	Vargas (1981)
1,98-2,09	Corte a 10 cm, cada 28 d, entre 0 y 500 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ en verano	Costa Rica	Vargas (1981)
0,50-1,51	Corte a 10 cm, en suelo de 1,59 kg cm ⁻² de compactación, verano, 0-200 kg N ha ⁻¹	Costa Rica	Mora (1988)
0,097-0,43	Corte a 10 cm, en suelo de 2,32 kg cm ⁻² de compactación, verano, 0-200 kg N ha ⁻¹	Costa Rica	Mora (1988)
0,33-0,48	Corte a 5 cm del suelo, cada 28 d, 0-400 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ y 0-500 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ año ⁻¹ , en verano	Costa Rica	Quesada (1986)
0,63-0,43	Corte a 5 cm del suelo, cada 28 d, 0-400 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ y 0-500 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ año ⁻¹ , en invierno	Costa Rica	Quesada (1986)
5,6-6,4	Ciclo entre 25 y 35 días	Costa Rica	Herrero (1997) ¹
3,7-5,8	2 hojas por rebrote (6-7 d), cortado entre 3 y 12 cm del suelo, verano	Australia	Fulkerson, Slack y Havilah (1999) ²
3,3-4,3	4 hojas por rebrote (~12 d), cortado entre 3 y 12 cm del suelo, verano		
2,6-4,0	6 hojas por rebrote (~18 d), cortado entre 3 y 12 cm del suelo, verano		
3,2-3,8	60 días de rebrote, 100 kg N ha ⁻¹	Colombia	Apráez y Moncayo (2005)
3,6-5,6	55 días de rebrote, pos tratamiento de labranza mínima, 100 kg N ha ⁻¹		
0,17-0,46	Rotación tradicional de las pasturas (50-60d)	Colombia	Ramírez y García (2004) ³
0,17-0,43	63 días, sin renovar pero con manejo de carga animal (pastoreo en franjas)		
0,36-0,64	63 días, pradera renovada		
0,74-1,24	63 días, pradera renovada, 50 kg ha ⁻¹ de TSP ⁴ , 100 kg ha ⁻¹ KCl y 6 kg ha ⁻¹ de semilla de trébol.		
0,2-8,3			Rango

¹ Citado por Herrero *et al.* (2000b)

² Medido con plato medidor y un medidor de capacitancia electrónico (probe).

³ Valores aproximados, medidos luego de renovar la pradera mediante un "equipo renovador de praderas para tracción animal" construido y diseñado por Borda e Ipaz (1999); determinados mediante muestreo doble.

⁴ Fertilizante : triplesuperfosfato (0-46-0-0-13)

Varios autores (Andrewes 2002, Reeves 1997, Wilson y t' Mannetje 1978, Murtagh *et al.* 1986, Stobbs 1997; citados por Fulkerson y Slack 1993) advierten que el kikuyo no se puede evaluar solamente con base en la producción de kg de MS ha⁻¹. Reeves (1997), indica que en Australia, bajo condiciones de crecimiento irrestricto del kikuyo, con alta humedad y temperatura, la calidad de la pastura ofrecida (prepastoreo) es generalmente baja, debido a la alta proporción de tallos de baja calidad, en comparación con las hojas que son de mejor calidad. Además, el “colchón vegetal” de kikuyo que se forma promueve un mayor desperdicio de hojas, en términos de la utilización de las vacas, a través de la senescencia.

1.2.4. Valor nutricional del pasto kikuyo para el ganado lechero y los factores que afectan su contenido energético

El contenido de energía de los forrajes es frecuentemente el nutrimento más limitante para la producción del ganado lechero que pastorea forrajes tropicales. Si las dietas son deficientes en energía, el comportamiento productivo y reproductivo de los animales es pobre (Sánchez 2004).

A continuación se presentan datos reportados del valor nutricional del pasto kikuyo en cuanto a energía se refiere, declarados por varios autores (Cuadro 6)

Según el NRC (2001), el contenido energético de un pasto, como único alimento para el ganado lechero, está influenciado por el contenido de MS (%), de proteína cruda (% de la MS), la fibra detergente neutra (% de la MS), la fibra detergente ácida (% de la MS), la fracción de nitrógeno adherida a cada una de las fracciones de la fibra (% de la MS), la lignina (% de la MS), el contenido de grasa (% de la MS), y de ceniza (% de la MS). A continuación se describe cada uno de estos factores para el pasto kikuyo.

Cuadro 6. Calidad energética del pasto kikuyo (Mcal kg⁻¹) reportada por varios autores.

	Época seca	Época lluviosa	Promedio y/o rango	Fuente
Energía digestible	2,55	2,47	2,50	Sánchez y Soto (1999) ¹
	2,89	2,98	2,95	Sánchez (2001) ²
Energía metabolizable	2,17	2,11	2,13	Sánchez y Soto (1999) ¹
			2,37	Reeves (1997) ³
			2,69	Andrewes y Jagger (1999)
			(2,46-2,84)	Andrewes y Jagger (1999) ⁴
			2,29	Jagger (1999) ⁴
			2,6	Andrewes y Jagger (1999) ⁵
			1,46-2,6	Reeves (1997)
		2,1-2,2	Fulkerson, Slack y Havilah ((1999)	
Energía neta de lactancia (3x)	1,32	1,29	1,30	Sánchez y Soto (1999) ¹
	1,36	1,38	1,37	Sánchez (2004) ⁶
Energía Neta de mantenimiento			1,51	Sánchez (2001) ²
	1,5	1,53	1,52	Sánchez (2004) ⁶
Energía neta de ganancia	0,86	0,89	0,88	Sánchez (2004) ⁶
			0,94	Sánchez (2001) ²

¹Promedio de 30 muestras

² Promedio de 40 muestras por estación y entre 35 y 45 días de rebrote

³ A partir de Kikuyo "bien manejado", entre 18 y 25 días de rebrote y antes de que aparecieran tallos de manera significativa por encima de 5 cm del rastrojo

⁴ Para kikuyo mal manejado

⁵ Para kikuyo bien manejado

⁶ Promedio de 40 muestras

1.2.4.1. Materia seca (MS)

Entre el 70 y 85% de la MS que consume un animal es utilizada para generar energía; la cual a su vez se usa para mantener la temperatura corporal, el crecimiento, la actividad, la producción y la reproducción. Los procesos digestivos y metabólicos a que son sometidos los carbohidratos, proteínas y lípidos contenidos en los alimentos, liberan la energía y la hacen disponible al animal (Sánchez y Soto 1999).

Según Bargo (2003), el bajo consumo de MS de las pasturas es el principal factor que limita la producción de leche en vacas altas productoras. Reeves (1997) señala que el contenido de humedad se puede disminuir al cortar el pasto y dejarlo ventilarse antes del pastoreo. Sin embargo, esta técnica es bastante laboriosa. Además se esperaría que al dejarlo ventilar, se reduciría la concentración de carbohidratos solubles en el forraje, eliminando cualquier ventaja al aumentar la MS.

Sánchez y Soto (1996), al comparar el contenido de MS en varias gramíneas forrajeras tropicales: *Setaria anceps*, *Pennisetum clandestinum*, *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria ruziziensis* y *Pennisetum purpureum x Pennisetum americanum*; de entre 26 a 30 días de descanso las primeras cinco; y el último cosechado entre 50 y 60 días; en el cantón de San Carlos, encontraron que el contenido de MS en las dos primeras (San Juan y kikuyo) es menor que en el resto de los pastos analizados (13; 15; 22; 18 y 17 % MS, respectivamente) y que este efecto se ve acentuado en la época de mayor precipitación.

Dado el hecho de que el contenido de MS de los pastos de clima templado, como por ejemplo el ryegrass (*Lolium sp*) que posee un promedio de 16,31% MS y un rango de 13,0-18,6 % MS (Andrewes y Jagger 1999); es menor que el del kikuyo (Cuadro 7), Reeves (1997) indica que el contenido de MS no es un factor clave en una baja productividad por parte de las pasturas de kikuyo. Sánchez y Soto (1999), denotan que los niveles de producción de los animales que consumen forrajes tropicales son inferiores a los de aquellos animales similares que consumen pastos de clima

templado, debido a su calidad nutricional menor. Así mismo, Fulkerson y Lowe (2002) indican que se obtiene una producción de leche aproximada de 21 l por vaca por día a partir de pasturas de clima templado, mientras que a partir de kikuyo, se produce hasta 15 l de leche por vaca por día. Por otra parte, Piggot (2001) observa que con producciones de 14,5 t de MS ha⁻¹ de kikuyo como de ryegrass en granjas de tamaño y número de animales similar; se obtienen 144 kg de grasa láctea por vaca con pasturas de kikuyo y 147 con pasturas de clima templado. A pesar de que la producción por hectárea con pasturas de clima templado fue mejor que con kikuyo (374 vs. 330 kg ha⁻¹, respectivamente), el autor indica que la eficiencia en términos de kg de grasa láctea por kg de MS fue similar (37 vs. 36, respectivamente).

Cuadro 7. Contenido de MS (%) del pasto kikuyo reportado por varios autores.

Promedio(%)	Rango (%)	Fuente
31,49	23,8-35,7	Mora (1988) ¹
20,56	15,35-27,11	Sosa (1981) ¹
24,8		Quesada (1986) ^{2a}
19,8		Quesada (1986) ^{2b}
17,64	12,8-20	Andrewes y Jagger (1999)
	30,2	Andrewes y Jagger (1999) ³
	18,2	Andrewes y Jagger (1999) ⁴
15,4	14,5-17,1	Sánchez y Soto (1996) ⁵
	13-17,5	Ramírez y García (2004)
	12,8-35,7	Rango

¹ Kikuyo cortado a 10 cm, durante el verano, en Costa Rica

^{2a} Kikuyo cortado a 5 cm del suelo, durante el verano

^{2b} Kikuyo cortado a 5 cm del suelo, durante el invierno

³ Kikuyo mal manejado (6-8 semanas de descanso) en Nueva Zelanda

⁴ Kikuyo bien manejado en Nueva Zelanda

⁵ Kikuyo de 26 a 30 días de rotación, en Costa Rica

1.2.4.2. Proteína cruda (PC)

La proteína cruda (PC) presente en la pastura se compone de una parte rápidamente soluble que puede ser aprovechada de manera instantánea por los microorganismos ruminales, otra que es aprovechada en el rumen para producir proteína microbial y que es afectada por la velocidad de pasaje ruminal (ambas componen la proteína degradable), otra que no es degradable en el rumen y puede ser digerida y absorbida a nivel intestinal (insoluble aprovechable), y otra fracción que no es aprovechada del todo y se excreta (insoluble no aprovechable).

Valores elevados de PC no significan automáticamente altos valores de solubilidad de nitrógeno al comparar especies (Reeves 1997). Aii y Stobbs (1980) citados por Reeves (1997), encontraron que aunque el kikuyo presenta los valores más altos de proteína dentro de los pastos tropicales, presenta valores intermedios de solubilidad (35,1% de la PC) en comparación a *Brachiaria mutica* (Brachiaria) (43,3%) y *Setaria anceps* (Setaria) (26,3%). Ellos encontraron que la solubilidad del N en kikuyo no se altera entre 2 y 6 semanas de rebrote y confirmaron que la solubilidad del N en el tallo fue significativamente mayor que la de la hoja (66 vs 24%, respectivamente). Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996) encontraron en sus estudios que el 71% del nitrógeno presente en el kikuyo es en forma de aminoácidos.

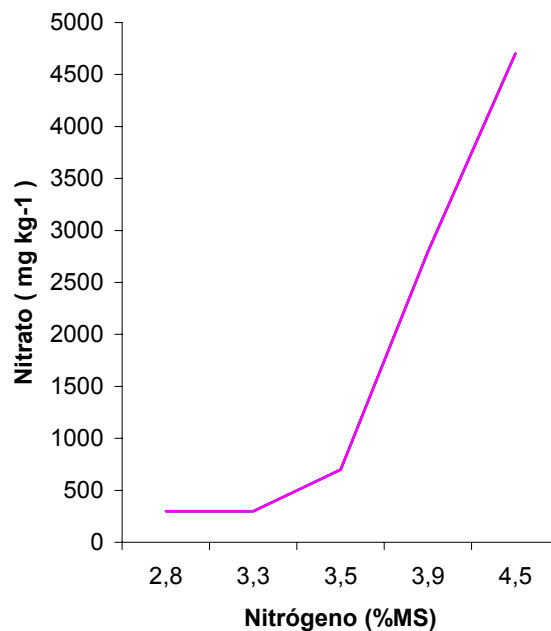
1.2.4.2.1. El nitrógeno no proteico

La fracción de nitrógeno no proteico está compuesta por sales de amonio, nitratos, aminoácidos libres, péptidos, compuestos heterocíclicos (que incluye ácidos nucleicos) y nitrógeno lignificado, de los cuales algunos son incorporados a la proteína microbial del rumen (Reeves 1997).

El nitrato como tal, relativamente no es tóxico, pero es reducido a amonio por los microorganismos ruminales, produciéndose nitrito como intermediario, que sí es tóxico. El nitrito es absorbido hacia el torrente sanguíneo donde reacciona con la hemoglobina

para formar meta hemoglobina que no es capaz de unirse al oxígeno, causando una falta de oxígeno en el tejido (cianosis) y en casos severos, la muerte (Marais 1997, citado por Marais 2003). Marais (2003) además agrega que los microorganismos ruminales pueden adaptarse a una mejor reducción de nitratos, presentándose una disminución en la concentración de meta hemoglobina, en rumiantes que consumen nitratos por varias semanas; pero agrega posteriormente, que el crecimiento en cultivo de 3 de las 4 principales bacterias celulolíticas se disminuye al estar en presencia de nitrito, por lo que el rendimiento animal se puede ver afectado antes de que se vean síntomas clínicos de una intoxicación con nitritos.

El nitrato en el kikuyo aumenta vertiginosamente luego de que el nivel de N exceda 3,5% de la MS, lo que es equivalente a 22% de proteína cruda (PC) (Read y Fulkerson 2003) (Figura 6).



Fuente: Read y Fulkerson (2003)

Figura 6. Relación entre nivel de nitrógeno (% MS) y nitrato (mg kg⁻¹ MS) en pasturas de kikuyo sobre los 5 cm de rastrojo.

Se pueden presentar valores altos de nitratos debido a diferencias en condiciones ambientales Ej.: temperatura, humedad y de manejo: cantidad de fertilizante y tipo (Marais 1980, citado por Reeves, Fulkerson y Kellaway 1996).

Se han encontrado concentraciones de nitratos en kikuyo desde 0,03% (300 mg kg⁻¹) hasta 0,8% de la MS (8000 mg kg⁻¹), éstas aumentan dramáticamente cuando el contenido de N en el kikuyo es mayor a 3,7% (21,9% PC) de la MS. Además que las concentraciones de nitrato en las hojas no exceden de 0,45 % MS (4500 mg kg⁻¹) (promedio de 0,17 % MS; 1700 mg kg⁻¹) mientras que las concentraciones de nitrato en el tallo llegan hasta 1,3 % MS (13000 mg kg⁻¹) (promedio de 0,68 % MS; 6800 mg kg⁻¹) (Marais *et al.* 1990; Reeves 1997 y Marais 2003).

Reeves (1997) encontró valores porcentuales de PC similares para pasturas fertilizadas vs sin fertilizar (23 vs 22,1 % MS, respectivamente), pero valores mayores de N no proteico para la pastura fertilizada (0,69 vs 0,53% de la MS), así como mayores valores de N soluble (0,95 vs 0,81% de la MS) y de nitratos (0,09 vs 0,04% de la MS). La autora presume que valores como estos pueden aumentar las concentraciones de NH₃ ruminal, lo que podría disminuir el consumo de la pastura debido a que al inhibir la actividad microbial ruminal se disminuye la digestibilidad en el rumen y con esto el pasaje ruminal. Marais (2003), cita a Jackson *et al.* (1996) quienes indican que aparentemente el kikuyo no contiene taninos condensados, que puedan reducir la formación de amonio en el rumen.

Marais (2003) advierte que la acumulación de nitritos en exceso se puede prevenir al utilizar los fertilizantes nitrogenados de una manera moderada. En el animal, suplementando con carbohidratos de fácil digestibilidad se pueden disminuir los efectos negativos del nitrito (Wright y Davison 1964; citados por Marais 2001).

Al haber deficiencias de Ca, Mg, Fe, Mn y Mo, se aumentan las concentraciones de nitratos en las plantas, además las altas concentraciones de K en el suelo, también aumentan los contenidos de nitratos en la planta y por consiguiente de potasio, ya que

son elementos sinérgicos al absorberse. También se debe poner atención a las bajas concentraciones de S en el suelo. (Hewit 1971; Marais *et al.* 1987, Marais 1990a y McClure y Hunter 1983, citados por Reeves 1997).

1.2.4.2.2. La proteína verdadera

Reeves (1977) al citar a Marais (1990a), indica que se encontró que el 77% de la PC en las hojas estaba constituido de nitrógeno proteico, en comparación con 59% en los tallos.

ARC (1984) y Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996), indican que el contenido de PC de un kikuyo fertilizado con nitrógeno, excede las concentraciones recomendadas para niveles razonables de producción de leche (16,1-16,8 % de la MS, para producciones de leche entre 25 y 35 kg (4,2% de grasa); NRC, 2001). Los altos niveles de NNP encontrados en el kikuyo y el valor bajo relativo de la proteína verdadera, sugieren que el valor de la proteína cruda ($N \times 6,25$) puede sobreestimar el valor de la proteína para el animal.

En el Cuadro 8. se presentan valores de PC reportadas por diferentes autores, para el pasto kikuyo y valores de su fraccionamiento.

Cuadro 8. Contenido de proteína cruda (PC en base a MS) reportado por varios autores y fraccionamiento (% de la PC, según el autor) en el pasto kikuyo. y los requerimientos para una vaca de raza Jersey.

	Req ⁷	Rango	Promedio	Fuente
PC	16,1-16,8	7,4-28,2	16,4	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		25,2-28,6		Lean <i>et al.</i> (2004) ¹
			17,4	Sánchez y Soto (1996)
		12,10-15,2	13,53	Sosa (1981)
		13-15		Quesada (1986)
		22,0-23,2	22,6	Sánchez (2001) ³
		22,7-23,3	23	Sánchez (2004) ⁴
			15,88	Vargas y Fonseca (1989)
			20,7	Reeves (1997) ⁵
		17,8-29,9	21,85	Andrewes y Jagger (1999)
			12,6	Andrewes y Jagger (1999) ⁶
	8,5-25,7		Marais (2003)	
	7,4-29,9		Rango	
Fracción soluble	54,3-60,2	32,9-41,6		Lean <i>et al.</i> (2004) ¹
		33,3-39,8	34,3	Sánchez (2001) ³
		32,31-32,4	32,36	Sánchez (2004) ⁴
		32,3-41,6		Rango
Fracción Insoluble aprovechable	39,8-45,7	41,0-43,6	42,3	Sánchez (2001) ³
		43,45-43,99	43,72	Sánchez (2004) ⁴
		41-44		Rango
Fracción Insoluble no aprovechable	-	23,7-24,14	23,92	Sánchez (2004) ⁴

¹ Etapa de 4,5 hojas

² San Carlos, Zona Alta

³ Promedio de 40 muestras por estación, entre 35 y 45 días de rebrote, Zona Central

⁴ Promedio de 40 muestras

⁵ A partir de kikuyo "bien manejado", entre 18 y 25 días de rebrote y antes de que aparecieran tallos de manera significativa por encima de 5 cm del rastrojo

⁶ Kikuyo mal manejado 6-8 semanas de descanso)

⁷ Req= requerimiento, NRC (2001)

Del Cuadro 8 se concluye que el contenido de PC (% de la MS) en el pasto kikuyo sufre aparentemente las necesidades proteicas de la vaca en lactación, sin embargo al tener en cuenta el fraccionamiento de la proteína, es probable que la fracción soluble no sea suplida, mientras que la fracción insoluble aprovechable podría llegar a ser suplida, aunque no en todos los casos.

Reeves (1997) a partir de sus estudios concluye que al pastorear el kikuyo a la etapa de 4,5 hojas, el contenido de PC ha disminuido; efecto que se da por la

maduración de las hojas y la emergencia de hojas nuevas que contienen menores concentraciones de PC y agrega que aún así, las concentraciones de PC soluble puede que excedan los requerimientos establecidos según el NRC (1989), y por esto se aumenten los niveles de NH₃ a nivel ruminal y la actividad microbial se vea disminuida.

Según Dennison y Phillips (1983), citado por Marais (2003), luego de la digestibilidad ruminal, el aminoácido histidina es considerado como el principal aminoácido que limita la producción de leche con base en pasturas de kikuyo, seguido de lisina y metionina. Esto es confirmado por Cole y Van Lunen (1994) citado por Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996), quienes presentan el perfil de aminoácidos en el kikuyo (Cuadro 9)

Cuadro 9. Perfil de aminoácidos presente en el pasto kikuyo (% de la MS).

Aminoácido	% de la MS
Aspartato	16,93
Glutamato	17,80
Serina	8,03
Glicina	7,94
Histidina	2,86
Arginina	10,30
Treonina	7,00
Alanina	12,67
Prolina	7,96
Tirosina	6,23
Valina	9,84
Isoleucina	7,90
Leucina	13,88
Fenilalanina	8,38
Lisina	9,08
Metionina	2,62
Cisteína	2,29
Triptofano	1,33

Fuente: Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996)

1.2.4.2.3. Factores que afectan el contenido proteico

Origen: Los pastos tropicales contienen menores concentraciones de PC que sus contrapartes de clima templado debido al uso de vías C₄ para la fotosíntesis, a la alta proporción de tallos en la planta y a los largos haces vasculares (Reeves y Little 1980; citados por Reeves 1997).

Madurez de la planta: Marais (2003), indica que el contenido de nitrógeno se ve afectado por la madurez de la planta. Minson (1990), citado por Reeves (1997), reportó que el contenido de PC en la planta de kikuyo aumentó 2 semanas luego de la fertilización y después declinó rápidamente debido a los incrementos en las tasas de crecimiento. Kemp (1976) en Australia, reporta que en el pasto kikuyo la proteína cruda disminuyó al aumentar el intervalo de corta de 3 a 6 y a 9 semanas (23,8 a 21,1 a 19,8 % de la MS respectivamente) con una fertilización de 950 kg N ha⁻¹ año⁻¹.

Estado vegetativo: Sánchez *et al.* (1986) indican que antes de la floración, el kikuyo presenta niveles de PC mayores (19,22 % de la MS) en comparación con la etapa de post floración (15,39 % de la MS).

Componentes de la planta: Las hojas verdes de kikuyo contienen mayores concentraciones de PC que los tallos (en promedio 17, 6 y 12,0 % de la MS respectivamente) (Drummond 1975, t' Mannelje 1975, Forde *et al.* 1976, Taylor *et al.* 1976, Marais *et al.* 1987 y 1992, Marais 1990a; Dugmore *et al.* 1991; citados por Reeves 1997).

Fertilización: Mora (1988), indica que la proteína de los pastos aumenta al aplicar nitrógeno, al encontrar diferencias significativas cuando comparó el porcentaje de PC en pasto kikuyo sin aplicar fertilizante nitrogenado, con la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de N y con 200 kg de N ha⁻¹, obteniéndose 13,4, 17,86 y 18,64% para cada tratamiento, respectivamente. Lean *et al.* (2004) observaron un aumento en la PC de

0,7%, al aplicar fertilizante nitrogenado (entre 40 y 50 kg N corte⁻¹) cada 15 días vs cada 30 días (de 26,2 a 26,9%, respectivamente). Kemp (1976) en Australia, encontró que la recuperación del nitrógeno aplicado como fertilizante, por las plantas fue de 275 a 315 kg N ha⁻¹ año⁻¹ al no aplicar nitrógeno; de 661 a 788 kg N ha⁻¹ año⁻¹ al aplicar 950 kg N ha⁻¹ año⁻¹ y que sólo se recuperó 5% más al aplicar 2860 kg N ha⁻¹ año⁻¹, que en la dosis anterior. Gomide *et al.* (1969 a), citados por Reeves (1997), observaron que la diferencia de PC en rebrotes de 4 semanas era de 5,6% al aplicar entre 0 y 200 kg N ha⁻¹, mientras que en rebrotes de 36 semanas, la diferencia fue de 2,4%.

Miles *et al.* (2000), hacen referencia a información sin publicar que indica que un nivel crítico de N en el kikuyo para un máximo crecimiento se encuentra a 2,8% N, equivalente a 17,5% de PC, sin embargo se han reportado valores menores (Cuadro 8).

1.2.4.3. Carbohidratos

Los carbohidratos estructurales (pared celular; compuesta por la celulosa y la hemicelulosa), los no estructurales (azúcares, almidones) y los estructurales no fibrosos (pectina) son fermentados por los microorganismos del rumen para producir ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) (Sánchez, 2001), dióxido de carbono y metano. Además, aportan la energía requerida por los microorganismos del rumen para utilizar la fracción soluble de las proteínas y sintetizar proteína microbial, la cual aporta aminoácidos a nivel intestinal para la síntesis de la leche (Hoover 1986), citado por (Sánchez 2001).

1.2.4.3.1. Fibra (Carbohidratos estructurales)

La fibra juega un papel muy importante dentro de la alimentación del ganado lechero y rumiantes en general. Es indispensable para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado y la rumia y mantener un pH ruminal adecuado que permita la buena salud y digestión (Cruz y Sánchez 2000).

Es importante conocer la cantidad de fibra que está presente en la dieta, ya que es un indicador que sirve para alertar sobre posibles disminuciones en el contenido de grasa láctea, desbalances metabólicos (acidosis), desplazamiento del abomaso y disminución del consumo. Los forrajes con menores cantidades de fibra por lo general son más digestibles y se consumen en cantidades mayores que los forrajes con cantidades mayores de esta fracción nutricional (Sánchez 2004), debido al llenado físico que producen.

El frío es el principal factor ambiental que influye en los bajos contenidos de lignina y altos de carbohidratos solubles en pasturas de clima templado (Van Soest y Giner-Chavez 1994).

1.2.4.3.1.1. Fibra detergente neutro (FDN)

La FDN o pared celular, está compuesta por la fibra detergente ácida (FDA) más la hemicelulosa y se ha considerado que está correlacionada negativamente con el contenido energético de los alimentos, y relacionada positivamente con el efecto de llenado físico. Según Sosa (1981), los valores de FDN disminuyen al aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado (0 a 125 kg N ha⁻¹), sin embargo no encontró diferencias significativas luego de aplicar 250 kg N ha⁻¹ año⁻¹, el autor reconoce que la edad del forraje y las condiciones ambientales son las que ejercen mayor alteración en cuanto al contenido de FDN.

Según estimaciones de Sánchez (2001), la pared celular del kikuyo aporta un 40,8% del total de la energía digestible.

En el Cuadro 10 se presentan valores de FDN reportados por varios autores.

Cuadro 10. Contenido de fibra detergente neutro en el pasto kikuyo (% de la MS) reportado por varios autores.

Req ⁷ .	Rango	Promedio	Fuente	
25-33	45,1-56,2		Lean <i>et al.</i> (2004) ¹	
	64,6-68,3	67,0	Sánchez y Soto, (1998)	
	62,9-58,3	60,6	Sánchez (2001) ²	
	60-62	61	Sánchez (2004) ³	
	67,66-71,66		69,65	Sosa (1981)
			55,42	Castillo (1981)
			60,2	Reeves (1997) ⁴
	42,3-84,0	63,1	Miles <i>et al.</i> (2000)	
	58,1-74,1		Marais (2003)	
	44,1-53		49,17	Andrewes y Jagger (1999)
			61	Andrewes y Jagger (1999) ⁵
	47,4-82,7		48,6	Andrewes y Jagger (1999) ⁶
			65,4	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		49-52		Fulkerson, Slack y Havilah (1999)
		42,3-84,0		Rango

¹ Etapa de 4,5 hojas

² Promedio de 40 muestras por estación, entre 35 y 45 días de rebrote

³ Promedio de 40 muestras

⁴ A partir de Kikuyo "bien manejado", entre 18 y 25 días de rebrote y antes de que aparecieran tallos de manera significativa por encima de 5 cm del rastrojo

⁵ Kikuyo mal manejado

⁶ Kikuyo bien manejado

⁷ Req= requerimiento, Sánchez (2006)

1.2.4.3.1.2. Fibra Detergente ácida (FDA)

La fracción de la FDA está compuesta por lignina, celulosa, proteína indigestible y cenizas. Las temperaturas altas a que crecen los forrajes tropicales, así como su exposición mayor a enfermedades y depredadores, son responsables de sus niveles altos de lignina y bajos de carbohidratos no fibrosos, cualidades que hacen que sus valores nutricionales sean medios o bajos (Sánchez 2001), comparados con pasturas de clima templado.

La rigidez mecánica que brinda la lignina endurece los tallos y el tejido vascular permitiendo el crecimiento hacia lo alto, que el agua y los minerales sean conducidos a través del xilema bajo presiones negativas, sin que colapsen los tejidos (Taiz y Zeiger 1991). Sánchez y Soto, (1998) indican que la lignina es el compuesto polifenólico que tiene la mayor correlación negativa con la digestibilidad de la MS, que su mecanismo de acción no se conoce exactamente pero que puede deberse a múltiples factores

como la unión física de este compuesto y la pared celular mediante enlaces covalentes, que interfieren con la acción microbiana ruminal; el efecto tóxico del mismo polifenol sobre los microorganismos y / o el efecto hidrófobo que le confiere a la pared celular. La lignina afecta el valor energético de los pastos para el rumiante (NRC 2001). Soto *et al.* (1980); citados por Marais (2003), observaron el efecto de la disminución en el contenido de lignina, al aumentar el consumo voluntario y la digestibilidad en kikuyo, en Colombia. Vicente -Chandler (1983), citado por Mora (1988) reporta que el contenido de lignina aumenta al incrementarse las aplicaciones de nitrógeno.

En el Cuadro 11 se presentan valores de FDA y de lignina en el pasto kikuyo reportados por varios autores.

Cuadro 11. Contenido de fibra detergente ácida y lignina en el pasto kikuyo (% de la MS) reportado por varios autores

	Req. ⁴	Rango	Promedio	Fuente
FDA	17-21	25,8-29,3		Lean <i>et al.</i> (2004) ¹
		34,3-34,4	34,4	Sánchez y Soto (1998)
		28,3-28,4	28,4	Sánchez (2001) ²
			23	Reeves (1997) ³
		20,2-42,0	29,7	Miles <i>et al.</i> (2000)
		24,6-40,2	33,3	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		20,2-42,0		Rango
Lignina	-	2,95-3,81		Lean <i>et al.</i> (2004) ¹
		3,64-3,68	3,66	Sánchez y Soto (1998)
		2,4-8,8	5,4	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		2,4-8,8		Rango

¹ Etapa de 4,5 hojas

² Promedio de 40 muestras por estación, entre 35 y 45 días de rebrote

³ A partir de kikuyo "bien manejado", entre 18 y 25 días de rebrote y antes de que aparecieran tallos de manera significativa por encima de 5 cm del rastrojo

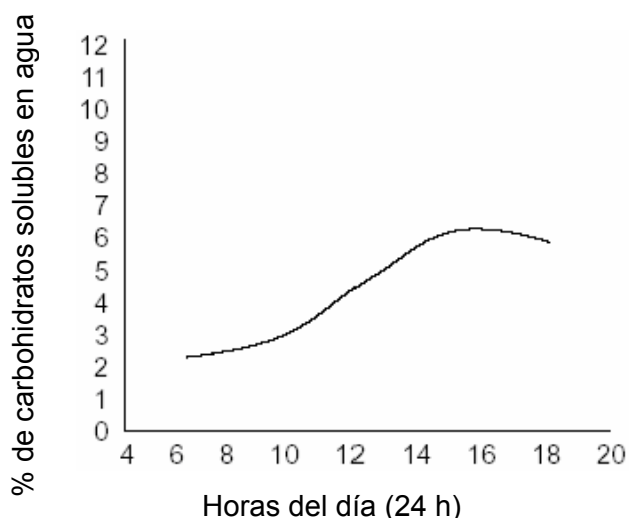
⁴ Req= requerimiento, NRC (2001)

1.2.4.3.2. Carbohidratos no estructurales (CNE)

Los principales carbohidratos no estructurales (CNE) que se encuentran en los pastos son carbohidratos solubles en agua (fructosanos, azúcares [glucosa, fructosa y sacarosa]) y almidón (Reeves 1997), cuya concentración depende de la tasa fotosintética en la planta y su tasa de respiración y de crecimiento. Los CNE tienen un efecto marcado en el potencial de crecimiento, en la persistencia de la pastura y la

palatabilidad de los pastos y pueden disminuir la susceptibilidad a la sequía (Alberda 1966, Thomas y Norris 1981, Bailey 1965, Beever *et al.* 1978 y Munns y Weir 1981; citados por Marais 2003).

Niveles altos de fertilización no parecieran tener un efecto detrimental en el contenido de CNE en el kikuyo (Reeves 1997). Herrero *et al.* (sf) citan a Marais y Fingeschou (1990) quienes describen que como los CNE son un producto de la fotosíntesis, dependen de la temperatura y de la radiación, entonces pueden ocurrir fluctuaciones marcadas de su concentración durante el día (de hasta 38%). Reeves Fulkerson y Kellaway (1996), indican que los CNE en el kikuyo aumentan durante el día al acumularse los productos de la fotosíntesis y luego disminuyen en la noche al ser utilizados para la respiración (Figura 7). Esta variación diurna en los niveles de los CNE, en la pastura sugiere que el monitorear el momento para pastorear las praderas de kikuyo durante el día pueden mejorar el aprovechamiento de la pastura por una relación de CNE: proteína, más favorable para el crecimiento de la microflora ruminal. Por esto, se recomienda dar el alimento balanceado u otro suplemento durante el día y que el pastoreo se realice en la tarde, cuando la temperatura ambiental y los CNE se encuentran en estados óptimos.



Fuente: Fulkerson, Blacklock y Nelson (1997)

Figura 7. Comportamiento de los carbohidratos solubles en agua durante el día en el pasto kikuyo, en Australia.

En el Cuadro 12 se presentan valores de carbohidratos no estructurales y no fibrosos reportados por varios autores.

Cuadro 12. Contenido de carbohidratos no estructurales en pasto kikuyo (% de la MS) reportado por varios autores.

	Rango	Promedio	Fuente
CNE	7,09-8,04		Lean <i>et al.</i> (2004) ¹
	5,2-8,7	7,17	Andrewes y Jagger (1999)
		7,4	Andrewes y Jagger (1999) ²
		1,93	Reeves (1997) ³
	3,4-15,6	7,0	Herrero <i>et al.</i> (sf)
	3,9-5,1		Fulkerson, Slack y Havilah (1999)
	1,93-15,6		Rango
Azúcar	6,53-7,47		Lean <i>et al.</i> (2004) ¹
		3,82	Marais (2003)
Sacarosa		9,9	Marais y Fingenschou (1990) ³
Glucosa		0,2	Marais y Fingenschou (1990) ⁴
Fructosa		0,23	Marais y Fingenschou (1990) ⁴
Almidón	0,3-0,58		Lean <i>et al.</i> (2004) ¹
		3,44	Reeves (1997) ⁶
	1,04-9,18	3,87	Miles <i>et al.</i> (2000)
	4,5-5,5		Fulkerson, Slack y Havilah (1999)
			Marais (2003)
	2,74-11,26		

¹ Etapa de 4,5 hojas

² Kikuyo mal manejado (6-8 semanas de descanso)

³ Promedio de 40 muestras por estación, entre 35 y 45 días de rebrote

⁴ Citados por Marais (2003)

⁵ Promedio de 40 muestras

⁶ A partir de kikuyo "bien manejado", entre 18 y 25 días de rebrote y antes de que aparecieran tallos de manera significativa por encima de 5 cm del rastrojo

⁷ De 26 a 30 días de descanso, valor mínimo del rango perteneciente a la época lluviosa y la máxima, a la semiseca.

Reeves (1997) recomienda que al pastorear kikuyo a mediados de la tarde se puede disminuir el efecto negativo del N no proteico, al aprovechar la máxima acumulación de CNE. Betteridge (1979), citado por Herrero *et al.* (sf) observa que el pasto kikuyo posee una relación de carbohidratos solubles: carbohidratos estructurales baja y los autores agregan que esto junto a las bajas tasas de degradación de los

carbohidratos estructurales, podría ser la causa de la baja retención de nitrógeno y del rendimiento animal.

1.2.4.3.3. Carbohidratos no fibrosos (CNF)

Esta fracción nutricional se compone de los carbohidratos no estructurales más la pectina (% pectina = % de CNF-CNE). En el Cuadro 13 se presentan valores de CNF presentes en el pasto kikuyo, reportado por varios autores

Cuadro 13. Contenido de carbohidratos no fibrosos en el pasto kikuyo (% de la MS) reportado por diferentes autores.

	Req ⁴	Rango	Promedio	Fuente
CNF	10,2-12,4		11,3-16,8	Lean <i>et al.</i> (2004) ¹
		9,7-12,7	11,2	Sánchez(2001) ²
		12,4-10,2	11,3	Sánchez (2004) ²
		6,81-9,86	7,83	Sánchez y Soto (1996) ³
		6,81-16,8	Rango	
Pectina			7	Lean <i>et al.</i> (2004) ¹

¹ Etapa de 4,5 hojas

² Kikuyo mal manejado (6-8 semanas de descanso)

³ De 26 a 30 días de descanso, valor mínimo del rango perteneciente a la época lluviosa y la máxima a la semiseca.

⁴ Requerimiento, Sánchez (2006)

1.2.4.3.4. Extracto etéreo

Byers y Sheelling (1989) y Sánchez y Soto (1996) indican que el extracto etéreo de los forrajes está constituido por ácidos grasos (entre 40 y 60 %), cera, clorofila, galactosa y otras sustancias no saponificables; de las cuales sólo el primer componente aporta energía al animal. Sánchez y Soto (1996) reportan valores de extracto etéreo para kikuyo de 2,71% para la época semiseca y 2,17% para la época lluviosa; con un promedio de 2,35% de la MS. Miles *et al.* (2000) en África, reportan valores entre 0,56 y 5,81, con un promedio de 2,76% de la MS.

1.2.4.3.5. Digestibilidad

Sánchez (2003), argumenta que los forrajes tropicales tienen una menor digestibilidad que los de clima templado, al poseer una mayor proporción de pared celular lignificada, por lo que la disponibilidad de la energía para el rumiante es de mediana a baja. Según Van Soest y Giner-Chávez (1994), el nivel de digestibilidad se relaciona con la latitud, lo que refleja una relación inversa con la temperatura, al comparar pasturas de clima templado vs. tropicales.

Mora (1988), en su revisión de literatura encontró que varios autores (Minson 1960, González 1976 y Minson, Raymond y Harris 1960) reportan que la digestibilidad no se ve afectada por la fertilización nitrogenada, otros (Smith 1962 y Carrillo 1974) afirman que la aumenta, mientras que sólo Ávila, (1973) encontró una leve disminución. Aunque los niveles de proteína de kikuyo fertilizado con nitrógeno con poca frecuencia limitan la producción, la baja digestibilidad sí lo hace (Reeves 1994). Sosa (1981) describe el comportamiento de la digestibilidad del kikuyo al decir que la digestibilidad es menor durante los meses en que la precipitación es baja y aumenta de manera significativa al aumentar la precipitación. Esta observación es fundamentada por Herrero *et al.* (1995), citados por Herrero *et al.* (sf), al encontrar significativamente menor degradación de la FDN durante la estación semiseca que durante el invierno (tasa de 3,68 vs. 4,68 %h⁻¹ respectivamente).

En el Cuadro 14 se presenta a continuación los valores de digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) para el pasto kikuyo, reportados por varios autores.

Cuadro 14. Digestibilidad *in vitro* de la MS del pasto kikuyo reportada por diferentes autores.

Rango (%)	Promedio(%)	Fuente
50 y 74		Royal y Hughes (1976); y 't Mannelje (1975) ¹
61,9-78	72,31	Andrewes y Jagger (1999)
50,0- 83,4	64,3	Herrero <i>et al.</i> (sf)
72,96-79,23	75,37	Sosa (1981)
	78,87	Castillo (1981)
50- 83,4		Rango

¹Citados por Reeves (1997)

Van der Merwe *et al.* (1998), citados por Marais (2003) reportan que el kikuyo pastoreado a 29, 30 y 40 días; luego de ser fertilizado con nitrógeno tenía 29, 25 y 24 % de PC (en base a la MS) respectivamente, con una degradabilidad ruminal correspondiente de 74, 55 y 57%.

1.2.4.3.6. Macro minerales

En el Cuadro 15 se presentan concentraciones de macro minerales en pasto kikuyo reportados por diferentes autores y los requerimientos de la vaca en lactación, según el NRC (2001).

Sánchez (2001) indica que el balance catión :anión en el kikuyo es de 637 en la época semiseca y de 486 en la lluviosa.

Cuadro 15. Contenido macromineral del pasto kikuyo (% de la MS), reportado por varios autores.

	Req/ Bio ⁴	Rango	Promedio	Fuente
Ca	0,57 / 0,30	0,15-0,84	0,32	Awad <i>et al.</i> (1979) y Betteridge (1979) ¹
			0,305	Vargas y Fonseca (1989)
		0,27-0,85	0,48	Reeves (1997) ²
		0,09-0,79		Miles <i>et al.</i> (2000)
		0,15-0,84	0,35	Marais (2001)
		0,09-0,85		Herrero <i>et al.</i> (sf)
				Rango
P	0,33 / 0,64	0,11-1,03	0,32	Gomide <i>et al.</i> (1969 b) y Marais <i>et al.</i> (1992) ¹
			0,308	Vargas y Fonseca (1989)
		0,18-0,64	0,4	Reeves (1997) ²
		0,15-0,40		Miles <i>et al.</i> (2000)
		0,15-0,56	0,33	Marais (2001)
		0,11-1,03		Herrero <i>et al.</i> (sf)
				Rango
K	1,02 / 0,90		3,66	Kaiser (1975) ¹
			3,08	Reeves (1997) ²
		0,69-5,51	3,4	Miles <i>et al.</i> (2000)
		0,93-4,24		Marais (2001)
		1,27-4,5	2,64	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		0,69-5,51	3,99	Vargas y Fonseca (1989)
				Rango
Mg	0,18 / 0,16	0,09-0,74	0,21	Pearson <i>et al.</i> (1985) y Marais <i>et al.</i> (1992) ¹
			0,224	Vargas y Fonseca (1989)
		0,19-0,71	0,36	Reeves (1997) ²
		0,16-0,47		Miles <i>et al.</i> (2000)
		0,1-0,4	0,23	Marais (2001)
		0,09-0,74		Herrero <i>et al.</i> (sf)
				Rango
Na	0,2 / 0,90	0,01-0,54	0,015	Said (1971) y Marais <i>et al.</i> (1992) ¹
			0,24	Reeves (1997) ³
		0,06-0,61		Miles <i>et al.</i> (2000) ³
		0,02-0,54		Marais (2001)
		0,12-0,28	0,19	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		0,01-0,61		
				Rango
Cl	0,24 / 0,90		3,1	Russell (1976) ¹
S	0,2 / 1,00	0,15-0,25		Rees y Little (1980) y Evans y Hacker (1992) ¹
		0,12-0,28	0,19	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		0,19-0,35	0,27	Miles <i>et al.</i> (2000)
		0,12-0,35		

¹Citados por Reeves (1997)

² A partir de kikuyo "bien manejado", entre 18 y 25 días de rebrote y antes de que aparecieran tallos de manera significativa por encima de 5 cm del rastrojo

³ Muestras tomadas a 3 km del mar.

⁴Req= requerimiento, Bio= biodisponibilidad (pastos C₃) NRC (2001)

Sánchez *et al.* (1986) indican que el efecto del estado vegetativo (prefloración vs. post floración) no afecta de manera significativa ($p \leq 0,05$) el contenido de Ca (0,21 vs. 0,25 % MS), de P (0,21 vs. 0,19 % MS), de Mg (0,21 vs. 0,23 % de la MS), ni de K (3,43 vs. 4,02 % de la MS), en la zona montañosa central de Costa Rica.

En el Cuadro 16 se muestra el contenido macromineral en el pasto kikuyo según la época climática en Costa Rica.

Cuadro 16. Contenido macromineral (%) del pasto kikuyo según la época del año, en la zona montañosa central de Costa Rica.

	Época			Fuente
	(Semi) seca	Lluviosa	Promedio	
Ca	0,21	0,22	0,22	Sánchez <i>et al.</i> (1986) ¹
	0,37	0,42	0,40	Sánchez (2001) ²
	0,29	0,25		Vargas (1981)
	0,19	0,10		Quesada (1986)
P	0,19	0,23	0,21	Sánchez <i>et al.</i> (1986) ¹
	0,27	0,36	0,32	Sánchez (2001) ²
	0,28	0,31		Vargas (1981)
	0,21	0,50		Quesada (1986)
K	3,66	3,31	3,49	Sánchez <i>et al.</i> (1986)
	3,14	2,56	2,85	Sánchez (2001) ²
	2,68	4,37		Vargas (1981)
	1,2	1,17		Quesada (1986)
Mg	0,21	0,21	0,21	Sánchez <i>et al.</i> (1986) ¹
	0,33	0,33	0,33	Sánchez (2001) ²
	0,29	0,25		Vargas (1981)
	0,24	0,37		Quesada (1986)
Na	0,04	0,03	0,04	Sánchez (2001) ²
Cl	1,05	1,11	1,08	Sánchez (2001) ²
S	0,18	0,21	0,20	Sánchez (2001) ²

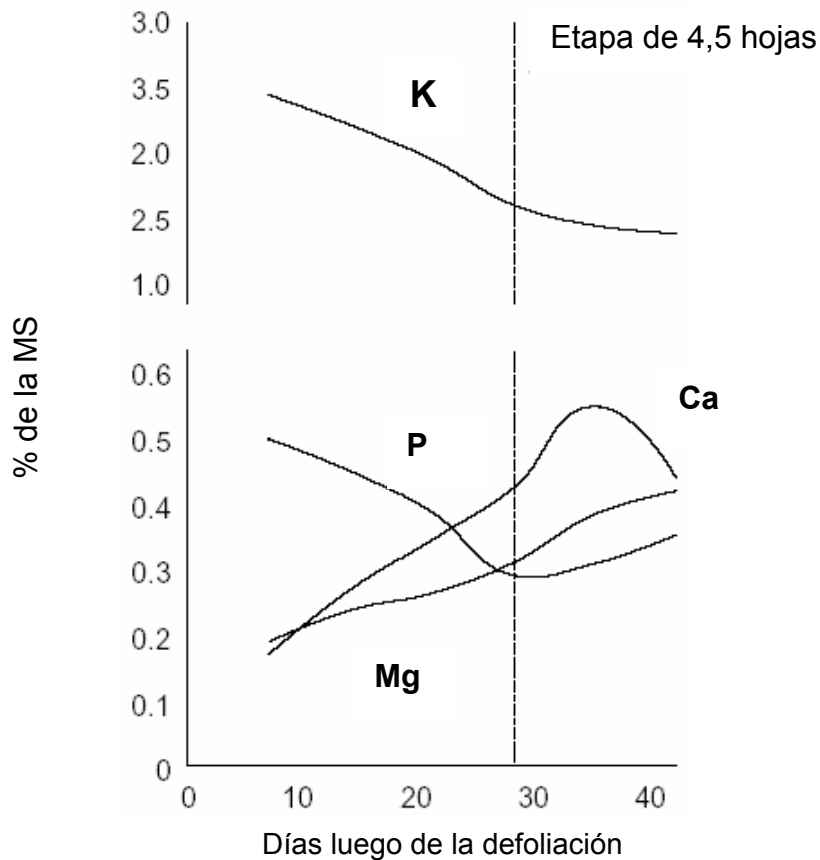
¹ Promedio de 225 muestras

² Promedio de 40 muestras por estación, ciclos entre 35 y 45 días de rebrote

Según los requerimientos del rumiante en pastoreo (Cuadro 15) y la biodisponibilidad de los minerales en pasturas C₃ (NRC, 2001), ni los requerimientos de Ca, ni de Mg se pueden suplir mediante el pasto kikuyo. Según los niveles reportados de P, K, Na, Cl y S en países diferentes a Costa Rica, el pasto kikuyo podría suplir los requerimientos mencionados, mientras que según los niveles reportados en Costa Rica,

ni el P, ni el Na, ni el S se pueden llenar mediante el pasto kikuyo, mientras que el K y el Cl podrían ser suplidos.

Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996) encontraron que al aumentar la edad de las hojas individuales de kikuyo, los niveles de P y K disminuyeron, que los niveles de Ca y Mg aumentaron(Figura 8), mientras que los de Na se mantuvieron constantes.



Fuente: Fulkerson, Blacklock y Nelson (1997)

Figura 8. Comportamiento de los macrominerales (K, Ca, P y Mg) al los días de rebrote del pasto kikuyo, en Australia.

Marais (2001) cita a Fulkerson *et al.* (1998), quienes reportan una relación Ca: P en kikuyo de 0,9: 1 durante las estaciones de verano–otoño en Australia y de 2,5:1 a principios de la primavera, esto sin tomar en cuenta la unión del calcio con el oxalato.

Pearson *et al.* (1985) citados por Reeves (1997), encontraron una depresión en las concentraciones de P al aplicar nitrógeno, mientras que Marais *et al.* (1992)

coinciden en que las concentraciones de Mg en kikuyo tienden a aumentar con la fertilización nitrogenada. Reeves (1997) recomienda considerar que al aplicar fertilizantes nitrogenados se influye en el contenido de K en la planta, ya que el N presenta sinergismo con el K. Por esto debe tenerse claro el uso prudente de fertilizantes tanto nitrogenados como los que contienen potasio (Miles *et al.* 2000). Los valores de K presentes en el kikuyo exceden los requerimientos (0,9 a 1,1% de la MS en la dieta total) y pueden inhibir seriamente la absorción de calcio y magnesio por la planta (Marais 2001) y de Mg a través de la pared ruminal en el animal (Minson 1990 citado por Reeves, Fulkerson y Kellaway 1996).

Marais (2001) en su revisión de literatura explica que el kikuyo pertenece al género de los *Pennisetum* que acumulan ácido oxálico; el que interfiere con el metabolismo energético y la precipitación de cristales de oxalato en el sistema renal y que es causante de una toxicidad aguda en ganado que consume pasturas con altas concentraciones de ácido oxálico (6,9 % MS). Sin embargo explica que los rumiantes se adaptan a niveles altos de oxalatos, debido al aumento de la población de *Oxalobacter formigenes* que es una bacteria ruminal, capaz de convertir al oxalato en formato y dióxido de carbono, inofensivos para el animal (Marais 1997, Young y James 1988, Seawright *et al.* 1970, Allison *et al.* 1977, citados por Marais 2001). Reeves (1997) reporta un nivel promedio de oxalatos en kikuyo de 0,78 % de la MS y agrega que este valor no varía con la edad de la pastura ni con la estación del año. Marais (2001) encuentra valores de oxalatos en kikuyo entre 0,3 y 2,44 % de la MS y explica que es poco probable que se presente una intoxicación con oxalatos en ganado acostumbrado a consumir este pasto, aunque sí hay un efecto negativo al formar el ácido oxálico un complejo altamente insoluble con el calcio, lo que hace que el calcio presente en el pasto sea prácticamente indisponible para el animal y es excretado vía heces. Marais (1990 b) citado por Reeves (1997), indica que las hojas de kikuyo contienen 3 veces más oxalatos que los tallos, sin embargo, sólo el 41% de este oxalato en las hojas es insoluble, mientras que en el tallo, el 95% del oxalato es insoluble. Además, encontró que había una correlación significativa entre los oxalatos en las hojas y el N en el tejido, así como el N proteico de todas las partes de la planta

de kikuyo. Al aumentar la concentración de calcio en el medio de crecimiento, aumenta la relación oxalato insoluble: soluble, mientras que el contenido total de oxalato se mantiene constante, por lo que la presencia de sodio, potasio y nitrógeno en el medio de crecimiento no parece que afecten la concentración de oxalato (Marais *et al.* 1997 y Williams 1987; citados por Marais 2001).

Aunque el kikuyo crece bien en suelos ácidos, las deficiencias de calcio se ven agravadas por el efecto antagónico del aluminio soluble en la absorción de calcio y su translocación (Awad *et al.* 1976, citados por Marais 2001).

Generalmente se asume que si el estatus mineral del suelo es adecuado para la producción de pasturas, éstos deberían contener suficientes minerales para la producción animal, esto no se aplica a Na y Ca en pasturas de kikuyo, lo que puede provocar serios desbalances en los rumiantes que pastorean kikuyo (Marais 2001). Sánchez (2004) recomienda la suplementación del ganado en pastoreo con sal blanca, para suplir estos minerales deficientes en el pasto. Al ser la concentración de Na constante en la leche; sin importar el consumo de Na, las vacas lactantes son más susceptibles a deficiencias de Na en comparación con las secas; y por esto al suplementar las vacas que pastorean kikuyo con cloruro de sodio, se aumenta la producción en 1,2 kg por vaca al día (Murphy y Plasto 1973, Davison *et al.* 1980, citados por Marais 2001). A lo que Marais (2001) agrega que es debido tanto por el efecto directo del sodio, como porque aumenta el consumo de MS.

1.2.4.3.7. Micro minerales

En el Cuadro 17. se presentan valores de concentración de micro minerales, en pasto kikuyo reportados por diferentes autores.

Cuadro 17. Contenido micromineral en el pasto kikuyo (mg kg⁻¹) reportado por varios autores.

	Req/ Bio ²	Rango	Promedio	Fuente
Fe	14 /0,10	57-379		(Pastrana <i>et al.</i> 1990) y (Gomide <i>et al.</i> 1969 b) ¹
		57-306	234	Vargas y Fonseca (1989)
		57-379	211,5	Herrero <i>et al.</i> (sf) Rango
Mn	12 /0,01	34-450		Awad (1979) ¹
		25-171	67,5	Miles <i>et al.</i> (2000)
		35-450	49	Vargas y Fonseca (1989)
		25-450	166	Herrero <i>et al.</i> (sf) Rango
Cu	10 /0,04	5,3-14		Pastrana <i>et al.</i> (1990) y Gomide <i>et al.</i> (1969b) ¹
			9	Vargas y Fonseca (1989)
		2-15	6	Miles <i>et al.</i> (2000)
		5,32-13,1	10,40	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		2-15		Rango
Zn	45 /0,15	23-44		Pastrana <i>et al.</i> (1990) y Gomide <i>et al.</i> (1969 b) ¹
			49	Vargas y Fonseca (1989)
		11-94	35,6	Miles <i>et al.</i> (2000)
		22,9-46,4	35,15	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		11-94		Rango
Se	0,3 /1,00	0,1-0,13		Pastrana <i>et al.</i> (1990) ¹
		0,14-0,20	0,17	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		0,1-0,20		Rango
Co	0,11 /1,00	0,12-0,16	0,14	Herrero <i>et al.</i> (sf)
		0,12-0,16		Rango

¹Citados por Reeves (1997)

²Req= requerimiento, Bio= biodisponibilidad (pastos C₃) NRC (2001)

En cuanto al contenido de micro minerales y el estado vegetativo (pre floración vs. post floración) del pasto kikuyo, Sánchez *et al.* (1986) indican que no hay efecto en el contenido de Fe (248 vs. 282 mg kg⁻¹), Cu (10 vs. 11 mg kg⁻¹), Mn

(63 vs 73 mg kg⁻¹) ni de Zn (36 vs. 37 mg kg⁻¹) en la zona montañosa central de Costa Rica.

En el Cuadro 18 se muestra el contenido micromineral del pasto kikuyo según la época del año, en la zona montañosa central de Costa Rica.

Cuadro 18. Contenido micromineral (mg kg⁻¹) del pasto kikuyo según la época del año, en la zona montañosa central de Costa Rica.

	Época			Fuente
	(Semi) seca	Lluviosa	Promedio	
Fe	270	227	249	Sánchez et al. (1986) ¹ Vargas (1981) Quesada (1986)
	176	129-184		
	266	191		
Mn	67	61	64	Sánchez et al. (1986) ¹ Vargas (1981) Quesada (1986)
	42	34-43		
	55	56		
Cu	10	11	11	Sánchez et al. (1986) ¹ Vargas (1981) ¹ Quesada (1986)
	6	9		
	4	4		
Zn	39	32	36	Sánchez et al. (1986) Vargas (1981) ¹ Quesada (1986)
	29	35		
	13	12		
Se	0,13	0,10	0,12	Sánchez (2001) ²
Co	0,14	0,09	0,12	Sánchez (2001) ²

¹ Promedio de 225 muestras

² Promedio de 40 muestras por estación, ciclos entre 35 y 45 días de rebrote

En Cuanto a los microminerales, solamente el contenido de Fe y de Co en el pasto kikuyo podría suplir eventualmente los requerimientos (Cuadro 17) de estos minerales en las vacas en lactancia que se encuentran en pastoreo, el resto de los microminerales, tanto en Costa Rica como en otros países no pueden ser suplidos por el forraje según la biodisponibilidad estipulada por el NRC (2001) para pasturas C₃.

Con respecto a la nutrición mineral, Sánchez (2004) indica que los forrajes en Costa Rica no satisfacen la necesidad de calcio, fósforo, magnesio, zinc, cobre, selenio, cobalto y yodo. Así mismo, los niveles de potasio por lo general son elevados y pueden interferir con el metabolismo del magnesio.

1.2.5. Desventajas nutricionales en el pasto kikuyo

El pasto kikuyo se encuentra en Costa Rica en la franja comprendida entre 1500 msnm y 2500 msnm, traslapando en el borde inferior con el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuencis*) y en el borde superior con el pasto ryegrass (*Lolium* sp.) (Sánchez, 2005); comunicación personal); dentro de esta franja de 1500 m no compete con ningún otro pasto, por lo que las fincas dedicadas a la lechería ubicadas en ella deben basar su pastoreo en el pasto kikuyo y por esto, se deben conocer de la mejor manera sus aspectos positivos, sin olvidarse de sus limitaciones, las cuales deben superarse mediante técnicas de manejo, entre otras.

Además de los problemas mencionados en cuanto a los altos niveles de nitratos, la reducida disponibilidad de Ca y el bajo contenido de Na en el kikuyo, Marais (2001) indica que este pasto produce compuestos fenólicos y flavonoides que producen un efecto de alelopatía. Explica que son producidos principalmente por el material senescente (estolonífero) y que esto le brinda al cultivo una ventaja ecológica, sin embargo afecta el crecimiento de tréboles y leguminosas en general.

Miles *et al.* (2000) mencionan que entre los problemas que se encuentran de manera esporádica en el kikuyo están: reducido consumo por baja palatabilidad, baja producción animal, así como timpanismo, fiebre de leche e infertilidad. Según Sánchez (2000) el nivel de Mg en el pasto no satisface los requerimientos de las vacas lactantes según el NRC (1989), así mismo indica que el pasto kikuyo posee niveles de K superiores a 3%, lo que según el NRC (1989) predispone a los animales para que sufran hipomagnesemia y que la relación K:(Ca+Mg) en el pasto kikuyo es mayor a 2,2, que también aumenta el riesgo de hipomagnesemia. El autor indica que los niveles altos de nitrógeno no proteico favorecen el aumento de amoníaco a nivel ruminal, los cuales a su vez reducen la absorción de Mg, además afirma que su bajo contenido de CNF no logra reducir el pH ruminal. Las condiciones antes descritas no favorecen la absorción del magnesio.

Herrero *et al.* (sf) comentan de un mal en las vacas que consumen kikuyo, llamado “envenenamiento por kikuyo”, ellos describen que la enfermedad se presenta en vacas que consumen pasto succulento producido cuando se presentan lluvias luego de un período de clima seco y cálido, sin embargo se da también la proliferación de “gusanos soldado” (*Pseudaletia separata* en Nueva Zelanda; *Spodoptera exempta* en Sur África; y *Mythimna convecta* en Australia). Los autores atribuyen el problema no al kikuyo per se, si no más bien a secreciones producidas por estos gusanos. Marais (2001) también hace referencia a esta enfermedad y explica que entre los síntomas clínicos se observa ataxia, el animal yace en el suelo, presenta distensión abdominal y salivación excesiva. Al realizar la necropsia, se ve el contenido ruminal con muchos grumos verdes, hay separación del epitelio del rumen de la submucosa, y el abomaso y la porción distal del intestino se ve relativamente vacías, además los riñones pueden estar inflamados. En casos extremos puede causar la muerte. Este autor adjudica la enfermedad además, a compuestos formados por la planta como respuesta al ataque de depredadores. Fernández (2006) (comunicación personal) indica que en Costa Rica no se ha reportado ningún caso de “envenenamiento con kikuyo”.

Por otra parte, el análisis químico del kikuyo indica un desbalance severo en la relación energético: proteica, debido a la falta de energía de rápida disponibilidad en forma de carbohidratos no estructurales (Joyce 1974; Mears y Humpreys 1974, citados por Marais 2003). Según Sánchez (2004) tanto la composición química, como la biológica de los forrajes tropicales, al compararlos con los requerimientos nutricionales del ganado especializado en la producción de leche, son de mediana a baja calidad nutricional.

El consumo de una pastura de kikuyo puede estar limitada por altos niveles de FND y digestibilidad baja, dando como resultado una degradación ruminal lenta (Reeves, Fulkerson y Kellaway 1996). Los forrajes tropicales son alrededor de 15 unidades menos digestibles que los de clima templado, lo que se debe a que tienen

una cantidad mayor de pared celular y a que ésta es más lignificada (Sánchez 2004).

1.3. Factores que afectan el crecimiento y el rendimiento del pasto kikuyo

1.3.1. Suelo

1.3.1.1. Características físicas y químicas

Según Mears (1970), citado por Marais (2001), el hábitat natural del kikuyo son suelos de origen volcánico; sin embargo, según Cransberg (1995), el kikuyo puede crecer en un amplio rango de tipos de suelo, desde arenas bien drenadas hasta suelos poco profundos y propensos a saturarse de agua, además puede tolerar altas salinidades (Russel 1976; citado por Marais 2001).

Herrero *et al.* (2000b) citan a Mears y Humpreys (1974) que concluyen a partir de sus experimentos realizados en Australia, que la biomasa por debajo del nivel del suelo en el kikuyo, es generalmente similar o mayor que la biomasa por encima del nivel del mismo. Herrero *et al.* (sf) mencionan que la absorción de nutrimentos por las plantas depende de la densidad de la raíz y del pH del suelo. Mora (1988), encuentra que al pasar de 1,59 a 2,32 kg cm⁻² de compactación en el suelo, hay una pérdida significativa en la producción de pasto kikuyo de 730,7 kg ha⁻¹, además el contenido proteico disminuye 2,69% debido a la compactación del suelo, esto durante el verano en Costa Rica.

Según Miles (1998), citado por Marais (2001), el kikuyo es bastante tolerante a la acidez del suelo, ya que no presenta efectos significativos en el rendimiento de la pastura a saturaciones de acidez de 60%. Sin embargo, agrega el autor, que bajo estas condiciones se perjudica la absorción del calcio. Según Cransberg (1995), la acidez del suelo, no limita la dispersión del kikuyo ya que crece en

condiciones tanto ácidas como alcalinas. Awad *et al.* (1976), citado por Herrero *et al.* (sf) indican que el kikuyo crece bien a pH superior a 4,8.

El kikuyo es sensible a la deficiencia de magnesio, fósforo, potasio, azufre, hierro, cobre, y manganeso, y es menos sensible a la falta de calcio, boro, molibdeno y zinc (Cassidy 1972, citado por Marais 2001).

1.3.1.1.1. Fertilización nitrogenada

Herrero *et al.* (2000b) advierten que el efecto general de la aplicación de fertilizante nitrogenado se manifiesta en un crecimiento neto de la pastura en un periodo corto de tiempo debido a que se promueve el desarrollo de hojas y una mayor fotosíntesis del dosel, sin la pérdida debida a la respiración y a la senescencia, que sí se presenta al aumentar los períodos de rebrote. La cantidad del “colchón vegetal” (material entre 0-10cm sobre el nivel del suelo) de kikuyo aumenta al aumentar la dosis de N de 250-500 a 500-1000 kg N ha⁻¹ año⁻¹, lo que puede estar relacionado a un aumento en el número de tallos al madurar las plantas que son defoliadas regularmente (Cook y Mulder 1984a y Wilson y Sandland 1976, citados por Reeves, 1997). Herrero *et al.* (sf), citan a Minson (1973) y a Mears y Humpreys (1974), quienes apoyan este efecto, ya que los últimos, además reportan una proporción de estolones de 49% sin aplicar fertilizante, y 54% al aplicar 672 kg ha⁻¹ año⁻¹.

Reeves (1997), en sus experimentos, encontró que a niveles de fertilización iguales o mayores a 46 kg de N ha⁻¹ por aplicación (100 kg ha⁻¹ de urea) había una disminución más rápida en la proporción de hojas y un correspondiente aumento de tallos. Sin embargo, la autora cita a Minson (1973) que no encontró variación en la proporción de hojas y tallos por encima de 5 cm de altura al aplicar fertilizante nitrogenado en cantidades entre 58 y 230 kg de N ha⁻¹ al mes, durante el verano, en Australia.

En el Cuadro 19 se pueden observar las diferentes respuestas de la producción de kikuyo a la fertilización con nitrógeno.

Herrero *et al.* (2000b) indican un rango de producción de biomasa de 13 a 27 kg MS kg⁻¹ N aplicado, al citar a varios autores (Mears 1970, Kemp 1975, Colman y O'Neil 1978, Soto *et al.* 1980, Taiton *et al.* 1982, Cook y Mulder 1984 y Consentino *et al.* 1985).

Al comparar los rendimientos de MS entre experimentos se debe tener cautela, ya que el grado de respuesta del kikuyo a la aplicación de N está relacionado además con el intervalo de defoliación, a las concentraciones de otros nutrimentos y a la fertilidad propia del suelo. Herrero *et al.* (sf) explican que esto sucede ante bajos niveles de materia orgánica en el suelo y además advierten que si no hay deficiencia de nutrimentos, el efecto de la temperatura provoca grandes variaciones, obteniéndose las más altas respuestas a temperaturas cercanas a la óptima (Sección 2.3.2.), también el estatus de humedad en el suelo afecta el rendimiento del pasto (Buchanan y Cowan 1990, Citados por Cowan y Lowe 1998).

Cuadro 19. Eficiencia de la fertilización sobre la producción de kikuyo, reportada por varios autores en diferentes países.

kg N ha ⁻¹ año ⁻¹	ton MS ha ⁻¹ año ⁻¹	kg MS Kg ⁻¹ N	Lugar	Fuente
0	12	-	Venezuela	Medina (1980)
0	3	-	Venezuela	Urbano (1997)
0	0,5	-	Australia	Kemp (1975) ¹
-	-	0-5	Nueva Zelanda, invierno	KAG (2002)
-	-	0,8	Nueva Zelanda, invierno	Rumbal (1991) ¹
-	-	13	Australia	Kemp (1975) ¹
-	-	13-27	Australia	Mears (1970) ¹
-	-	12-49	Australia	Colman y O'Neil (1978) ¹
-	-	17	Nueva Zelanda, verano	Rumbal (1991) ²
-	-	20	Nueva Zelanda, verano	KAG (2002)
-	-	20	Australia	Lean <i>et al.</i> (2004)
-	-	12- 23	Poás, Costa Rica	Herrero (1997) ³
-	-	50-100	Nueva Zelanda, verano	Kaiser <i>et al.</i> (2000)
117	5-10	41-87	Hawai	Whitney (1974) ²
125	11	88	Coronado, Costa Rica	Castillo (1981)
125	13	102	Coronado, Costa Rica	Sosa (1981)
150	10	68	Venezuela	Urbano (1997)
250	16	64	Coronado, CR invierno	Castillo (1981)
250	13	53	Coronado, CR verano	Sosa (1981)
300- 500	20-25	50-66	Costa Rica	Villareal (2000) ⁴
300	16	53	Venezuela	Urbano (1997)
336	12-27	37-80	-	Campbell <i>et al.</i> (1971)
375	8	23	Coronado, CR invierno	Castillo (1981)
375	14	36	Coronado, CR verano	Sosa (1981)
		10	Coronado, Costa Rica	Vargas (1981)
400	16	39	Venezuela	Medina (1980)
480	8-13	18-27	Nueva Zelanda	Goold (1979) ⁵
874	28-35	32-40	Hawaii	Whitney (1974) ²
950	17	18,3	Australia	Kemp (1975) ²
1120	30	26,8	Australia	FAO (2004)
1270	14-21	11,5-17	Australia	Kemp (1976) ⁶
2860	17	6	Australia	Kemp (1975) ²
	4,8-35	0-100		Rango

¹ Citado por Reeves (1997).

² Citados por Castillo(1981).

³ Citado por Herrero *et al.* (2000b)

⁴ Citado por Sánchez (2004).

⁵ Citado por Sosa (1981).

⁶ Citado por Fulkerson, Slack y Havilah (1999).

Kemp (1987) indica que en términos generales, una aplicación de 100 kg de N ha⁻¹ aumenta el crecimiento del kikuyo a 2,5 veces la tasa de crecimiento que se da si no se utiliza N, y que la respuesta después de esta aplicación disminuye en un tercio cada mes, por lo que no habrá más respuesta luego de 4 meses a menos que se vuelva a aplicar nitrógeno. El autor recomienda repetir aplicaciones de 50 kg de N ha⁻¹ mes⁻¹ para mantener tasas de crecimiento máximas. Esta recomendación es reforzada por Reeves (1996), en la que recomienda 50 kg N ha⁻¹ por ciclo de pastoreo. Reeves (1994) recomienda una aplicación de nitrógeno postpastoreo de entre 100 kg de urea o 120 kg de nitrato de amonio por ha (la última opción si no hay garantía de que haya adecuada humedad en el suelo durante la época semiseca), e indica que tasas mayores tienden a aumentar los niveles de nitratos en el pasto kikuyo, además de que al disminuir la eficiencia de utilización, aumentaría los costos por unidad de crecimiento y las pérdidas potenciales de N contaminan el ambiente.

Marais (2003), indica que el requerimiento de N del pasto kikuyo, para una producción óptima se encuentra entre 300 a 500 kg ha⁻¹ año⁻¹ y recomienda que se debe dividir en aplicaciones a través de la época de crecimiento. Mientras que otros investigadores (Whitney y Tamimi 1974, Cross 1979, Anon 1987, Mears y Humpreys 1974, Miles 1991 y Kemp 1976 citados por Herrero *et al.* sf) indican que la respuesta a aplicaciones de nitrógeno disminuye al aplicar entre 334 y 400 kg N ha⁻¹ año⁻¹, lo cual depende de factores ambientales y /o manejo, y que implica un límite fisiológico en cuanto a la utilización de nitrógeno por parte de la planta, según la concentración en los tejidos y su potencial de crecimiento.

Sosa (1981) reporta un porcentaje promedio de recuperación de nitrógeno aplicado en pasturas de kikuyo en la época seca (enero-junio), de 49,38, sin encontrar diferencia significativa entre las fuentes utilizadas (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio), ni para los niveles de N aplicados (125, 250, 375, 500 kg ha⁻¹ año⁻¹), durante el verano en Coronado; mientras que Castillo (1981), reporta para el mismo sitio, durante el invierno (julio-diciembre), una recuperación de

nitrógeno de 46,6%, con las mismas fuentes y los mismos niveles de aplicación. Vargas (1981) tampoco encontró diferencias significativas entre el uso de las fuentes nitrogenadas mencionadas anteriormente, pero discrepa con los autores anteriormente mencionados al reportar porcentajes de recuperación de nitrógeno para las épocas de principios del invierno (mayo-agosto), invierno (setiembre-diciembre) y la época seca (enero-abril) de 56,39, 36,30 y 24,24 %, respectivamente. Sin embargo Gartner (1966), en Australia, Whitney y Tamimi (1974), en Hawai y Murtagh (1975) y Cross (1979), citados por Herrero *et al.* (sf), encontraron mejor rendimiento en la pastura al utilizar fertilizantes nitrogenados amoniacales vs. ureicos, los autores atribuyen los resultados encontrados en el caso de Hawai, a los intervalos de corte, las condiciones ambientales (humedad en el potrero luego de la aplicación) y a la falta de fraccionamiento al aplicar las dosis.

Mc Kenzie y Tainton (1993) citados por Reeves (1997), encontraron niveles de volatilización del fertilizante nitrogenado en pasturas de kikuyo de 3,7% del N aplicado al compararlo con las pasturas de clima templado; sin embargo en esta cita no se menciona el método de aplicación ni el tipo de fertilizante nitrogenado que se utilizó.

Herrero *et al.* (sf) recomiendan tener en cuenta que los niveles óptimos de fertilización no dependen sólo de las respuestas en cuanto a rendimiento de la pastura, sino de las interacciones con la carga y el rendimiento animal y las metas de la finca en cuanto a sus objetivos económicos, ambientales y productivos.

1.3.1.1.2. Fertilización con fósforo y potasio

Cross (1979a) citado por Reeves (1997), en su estudio llevado a cabo en Sur África; al aplicar 208 kg de N ha⁻¹, con niveles por encima de 22 y 106 kg ha⁻¹ de P y K respectivamente, encontró poca variación; pero al aplicar cantidades de N de 360 kg ha⁻¹, encontró incrementos de hasta 2 toneladas de MS ha⁻¹, al aplicar además 88 kg de P y 424 kg de K ha⁻¹.

Quesada (1986) denota que la producción de MS aumenta al aplicar fertilizantes nitrogenados en conjunto con fosforados. Herrero *et al.* (sf), citan a Cross (1979), Annesens (1989) y Miles (1991) que indican que cuando se aplica nitrógeno, el efecto aditivo producido al aplicar fósforo es pequeño en cuanto a la producción de MS, mientras que Cook y Mulder (1984), citados por el mismo autor reportan observar mayores respuestas al aplicar más fertilizante nitrogenado.

Se ha encontrado que el kikuyo presenta menor respuesta a fertilizantes que contienen potasio y fósforo, en comparación con pastos originarios de clima templado (Miles 1991, Wilson y Haydock 1971, citados por Reeves 1997).

En cuanto a otros nutrimentos, Herrero *et al.* (sf), observan que se ha reportado poca respuesta, y que no es claro si es porque los requerimientos de la planta son bajos o porque el suelo puede proveer cantidades adecuadas.

1.3.2. Temperatura y pluviosidad

Debido a la elevada altitud de su hábitat natural (Kenya, África), la temperatura para el crecimiento óptimo del kikuyo oscila entre 16 y 21° C, la cual es menor que para la mayoría de los pastos tropicales (Morrison 1969, Russel y Webb 1976; citados por Marais 2003). Para Australia, Reeves (1997), cita a Colman y O' Neil (1978), quienes encuentran que a 22° C (25 °C, según Colman y O' Neil 1978), citados por Herrero *et al.* sf) se presenta máximo crecimiento de kikuyo (237 kg MS ha⁻¹ día⁻¹), y que a menos de 10° C, el crecimiento del mismo cesa. La autora agrega que a menores temperaturas que las indicadas para un crecimiento óptimo, es cuando se da la propagación vegetativa (crecimiento de tallos), que puede estar contribuyendo a la formación del "colchón vegetal". Herrero *et al.* (sf), citan a Ivory y Whiteman (1978), que indican que la temperatura óptima para la producción de tallos es menor que la óptima para el crecimiento de toda la

planta y que el tamaño de las hojas aumenta al aumentar la temperatura diurna, hasta 34,1°C.

Herrero *et al.* (2000b), explican que al aumentar la temperatura disminuye el intervalo de tiempo al cual una lámina nueva aparece y reporta un comportamiento lineal entre 15 y 25 °C. Así mismo, indica que los resultados encontrados a 30°C no fueron lineales y que se encuentran fuera de los rangos de temperatura donde el kikuyo crece usualmente, además explica que ésta puede ser una de las principales razones que justifican las diferencias en cuanto a la producción de MS a diferentes latitudes.

Mears (1970), citado por Marais (2003), indica que en África, en las zonas donde se produce kikuyo, la pluviosidad anual es entre 1000 y 1600 mm Russel y Webb (1976), citados por Marais (2003) estiman que los requerimientos de pluviosidad anual del kikuyo van de 850 a 1269 mm. Cransberg (1995) indica que en Australia, la pluviosidad mínima debe ser de 700 mm para pasturas de kikuyo.

KAG (2002 b) recomienda que para tasas de crecimiento del kikuyo a 140 kg de MS ha⁻¹día⁻¹, producidas en un tiempo de lluvia cálida y alta humedad por un período corto, requerirá un manejo del pasto más intensivo de lo que normalmente se utiliza en Nueva Zelanda.

1.3.3. Radiación solar

Biscoe y Gallagher (1997); citados por Murtagh (1988) indican que un crecimiento sin estrés es proporcional a la radiación solar interceptada. Sin embargo, varios autores han encontrado que la luminosidad no necesariamente afecta de manera positiva el rendimiento de MS de pasturas de kikuyo (Murtagh 1978, Murtagh 1988 y Whitney 1974). Ludlow *et al.* (1988), citados por Marais (2003), indican que al comparar al kikuyo con otros pastos tropicales, éste posee menor tolerancia a la sombra y posee menor concentración de clorofila. Por otra

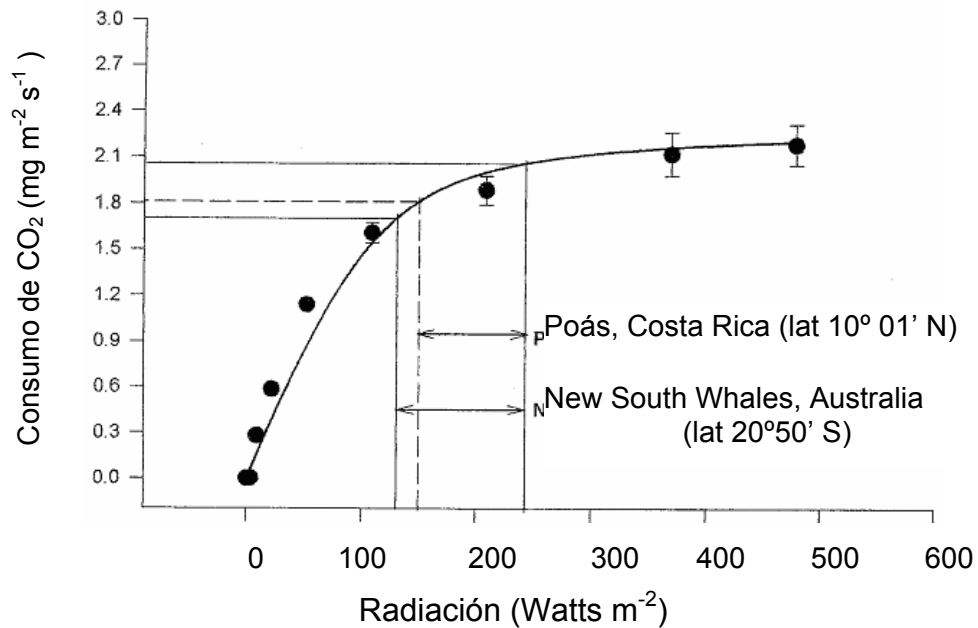
parte, Ludlow *et al.* (1988) citados por Herrero *et al.* (sf) demuestran que las concentraciones de N en kikuyo se correlacionan positivamente con sus contenidos de clorofila. El autor cita también a Weng (1988) que denota que los valores altos de N soluble en las hojas de kikuyo se asocian con tasas fotosintéticas elevadas.

Si la tasa fotosintética del kikuyo excede los $4,8 \text{ g CH}_2\text{O m}^{-2} \text{ ha}^{-1}$, lo que produciría una tasa de crecimiento de $400 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$, como sucede en las plantas C_4 típicas, entonces la tasa de crecimiento aumentará con radiaciones solares que aumentan en el rango de $12\text{-}30 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ (Moniteith 1981 y Murtagh 1988). Murtagh (1988) obtuvo tasas de crecimiento máximas de kikuyo en Australia de $234 \text{ kg MS ha}^{-1}\text{día}^{-1}$ (lo que está dentro de los rangos máximos de crecimiento para cultivos en Europa), que correspondería a una tasa fotosintética de la hoja de $2 \text{ g CH}_2\text{O m}^{-2} \text{ ha}^{-1}$ (Moniteith 1981, citado por Murtagh 1988), por esto concluye el autor que el kikuyo no presenta respuesta a aumentos de radiación solar dentro del rango mencionado, sin embargo los aumentos de radiación solar que se presentaron durante este experimento, que se realizó durante 4 meses (Set-Dic) y por tres años (12 meses en total), se mantuvo relativamente constante alrededor de $20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ y sólo en tres meses de su experimento éste valor sobrepasó los $25 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. Además esta época en esas latitudes, por las variables temperatura y pluviosidad no es la ideal para obtener producciones máximas de kikuyo (Anexo Figura A2).

Herrero *et al.* (sf), al comparar el efecto de la radiación solar sobre la fotosíntesis en una hoja de kikuyo, en un estudio realizado por Murtagh (1990) en Australia y uno llevado a cabo en el cantón de Poás, Costa Rica; concluyen que no es probable que la radiación solar sea una fuente de variación (en cuanto a fotosíntesis se refiere) entre latitudes debido a la pequeña diferencia del efecto del rango de la radiación estacional y la pequeña pendiente de la curva de la respuesta a la luz y al valor asintótico de niveles de saturación lumínica (Figura 9). Por lo que la hoja de kikuyo fotosintetiza de manera similar en ambas latitudes, a rangos de radiación similares. Posteriormente agrega que en el comportamiento de todo el

dosel de la pastura, juega un papel más importante el efecto de temperatura debido a la ubicación latitudinal (que afectan el uso de nitrógeno y la aparición y crecimiento de las hojas), causante del ciclo de crecimiento en el área subtropical.

Rosemberg (1974), citado por Murtagh (1988) advierte que la saturación lumínica puede ocurrir a radiaciones relativamente bajas en plantas con estrés hídrico.



Fuente: Herrero *et al.* (2000).

Figura 9. Curva de respuesta de una hoja de kikuyo a la radiación lumínica, a 20 °C en dos latitudes del planeta.

Salisbury y Ross (1992) explican que la luz a menudo limita la fotosíntesis, lo que se refleja en una disminución de la fijación de CO₂ cuando las plantas son expuestas brevemente a sombras de nubes, y que bajo un cielo despejado, la radiación fotosintéticamente activa (PAR) es de 400 a 500 W m⁻², mientras que la radiación solar total es de 1360 W m⁻², de la que sólo 900 W m⁻² llega a la tierra; que varía ±2 % según la órbita elíptica de la tierra.

1.3.4. Principales insectos que atacan al pasto kikuyo

Salisbury y Ross (1991), indican que la infección severa de las hojas por patógenos a menudo inhiben la fotosíntesis, tanto que hasta las hojas se convierten en importadoras de azúcares en vez de exportadoras.

El Kikuyo sufre el ataque del insecto conocido como “baba de culebra” (*Aenolamia sp*), el cual quema los potreros y como consecuencia se produce una disminución de la producción forrajera (De Alba 1958, citado por Hernández 1986).

Peck (1998), observa a partir de estudios de invernadero que las ninfas de la *Prosapia nr. bicincta* requieren entre 34 y 98 días para completar 5 etapas de crecimiento, que los adultos viven 7 semanas y que comienzan a aparearse 18 horas luego de la emergencia, tienen un lapso de preovoposición de entre 15 y 22 días y que son capaces de producir hasta 16 huevos en un día, además denota que las ninfas pueden ser afectadas severamente por un pastoreo fuerte, al realizar corta de residuos y otras prácticas dirigidas a alterar el hábitat en pasturas infestadas.

Se han llegado a ver pérdidas debido al “joboto” (*Phyllophaga spp.*) que daña las raíces de los cultivos. El daño de la larva se manifiesta en el campo en forma de parches o manchas, generalmente en los meses de junio a octubre, con ciertas variaciones (Ayala y Monterroso 1988). El adulto es conocido como “abejón de mayo”

1.4. Técnicas utilizadas para mejorar la productividad de las pasturas de kikuyo

Para lograr una producción de leche óptima, las prácticas de manejo de las praderas deben de dirigirse a optimizar la calidad del pasto, su utilización por el ganado y el potencial de rebrote de la planta (Murphy 1990, citado por Reeves, Fulkerson y Kellaway 1996). Reeves (1997), destaca que hay una disminución fuerte en la calidad del kikuyo a finales del verano (en Australia) y que sería lógico un cambio más dramático en kikuyo mal manejado debido a la acumulación de cantidades grandes de tallos de baja calidad. Cransberg (1995) recomienda la eliminación del “colchón vegetal”, ya que esto propicia un ambiente ideal para huevos de gusanos e insectos. Fulkerson, Slack y Havilah (1999) indican que es necesario un pastoreo intenso y frecuente, para prevenir la formación de enfermedades fungosas de las hojas que hacen que disminuya la palatabilidad del kikuyo, así como su calidad.

KAG (2002a) recomienda realizar siempre un presupuesto de la pastura de la que se dispone, de manera que se pueda saber en qué época se puede realizar un control fuerte del kikuyo y en qué proporción del área disponible se puede efectuar.

A continuación se describen algunos métodos de manejo útiles en la optimización de la calidad de la pastura de kikuyo.

1.4.1. Rotación o frecuencia de utilización

En Costa Rica, se ha utilizado por mucho tiempo el método del “pastoreo rotacional de períodos fijos”, en el que se utilizan más de 3 potreros que se alternan, dejando entre ellos tiempo para que recuperen reservas y puedan expresar en determinado tiempo una tasa de crecimiento diaria máxima (1ª ley de

Voisin), la pastura es consumida en forma constante en períodos, de manera que sea lo suficientemente corto como para que el rebrote en crecimiento no vaya a ser consumido por los animales en el mismo período de ocupación (2ª ley de Voisin). Además se busca lograr aprovechar la mejor calidad de la pastura, tratando de llenar los requerimientos del animal al máximo (3ª ley de Voisin). Al buscar obtener una producción de leche constante a lo largo del año, se trata que el período de ocupación no sea mayor a los 3 días (4ª Ley de Voisin).

En el Cuadro 20 se hace una recopilación de los días de descanso, para la recuperación de las pasturas de kikuyo, reportados por varios autores.

Cuadro 20. Días de recuperación de potreros de kikuyo en varios países, reportados por varios autores.

Días	País	Autor
30	África	Henning <i>et al.</i> (1995) ¹
21-42	Australia	Quinlan <i>et al.</i> (1975) ¹
28-35	Costa Rica	Montiel <i>et al.</i> (1990)
35 - 45	Costa Rica	Sánchez (2000)
10-14 ²	Nueva Zelanda	KAG (2002a)
21 -28	Nueva Zelanda	KAG (2002 b)
10-12	Australia- verano	Fulkerson y Lowe (2002) ²
35	Australia- otoño	Fulkerson y Lowe (2002)
10-45		Rango

¹ Citados por Reeves (1997)

² Período de rápido crecimiento

Mora (1988), cita a varios autores, Bastidas (1976), Carrillo (1974) y Sotomayor (1974), que indican que las gramíneas aumentan su rendimiento y contenido de MS con la madurez. Así mismo, Bastidas (1967), Phillips (1954) y Ricardo (1973) indican que el mismo efecto se nota al aumentar los intervalos de corte. Reeves (1997) apoya el criterio anterior y aclara que aparte del aumento en el área foliar que presenta mayor tasa fotosintética, el aumento en la producción se asocia también con el desperdicio del follaje a través de una mayor senescencia de las hojas y a una mayor proporción de material estolonífero. Reeves (1994) recomienda dar una franja nueva de pasto kikuyo luego de cada ordeño, con lo que se reduce la selección y la contaminación de la pastura por el ganado.

La disponibilidad de la MS de la pastura o su altura son métodos utilizados para determinar el momento adecuado para el pastoreo. Sin embargo, la altura del pasto está relacionada más a la disponibilidad de nutrimentos, en particular nitrógeno, por lo que sólo se puede utilizar para comparar masas de pasturas de fertilidad uniforme, en vez de indicador de cuándo se debe pastorear o no un potrero Frame (1992), Ryle (1964) y Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996).

Los intervalos fijos de pastoreo brindan una simple guía para el manejo de pasturas, sin embargo no toman en cuenta los cambios en la longitud del ciclo de rebrote causado por el ambiente y el manejo Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996). El kikuyo fertilizado con altas tasas de N debe ser pastoreado más regularmente para disminuir la elongación del tallo y el contenido de fibra en la pastura ofrecida Reeves, (1997). Herrero *et al.* (2000b) indican que al disminuir la temperatura, el período de rotación debería aumentar y esto se debe a que el intervalo requerido para que una hoja nueva se produzca, aumenta al disminuir la temperatura, por lo que el desarrollo del dosel de la pastura, la intercepción solar y la acumulación de MS se ven afectadas, lo que explica las diferencias en cuanto a la producción de pasto kikuyo entre las latitudes (Cuadro 4) .

1.4.2. Relación hoja: tallo: material senescente

Andrewes (2002), reporta que a partir de análisis realizados con NIR (near infrared reflectance spectroscopy, NIRS), se demarcaron diferencias importantes en cuanto a la calidad nutricional entre las hojas del kikuyo, el tallo y el estolón; esto se ve reflejado en la altura de pastoreo y la utilización por las vacas y es por esto que el pasto kikuyo no se puede valorar sólo en base a los kg de MS ha⁻¹ producidos (Herrero *et al.* 2000a, Fulkerson y Slack 1993 y Reeves *et al.* 1996).

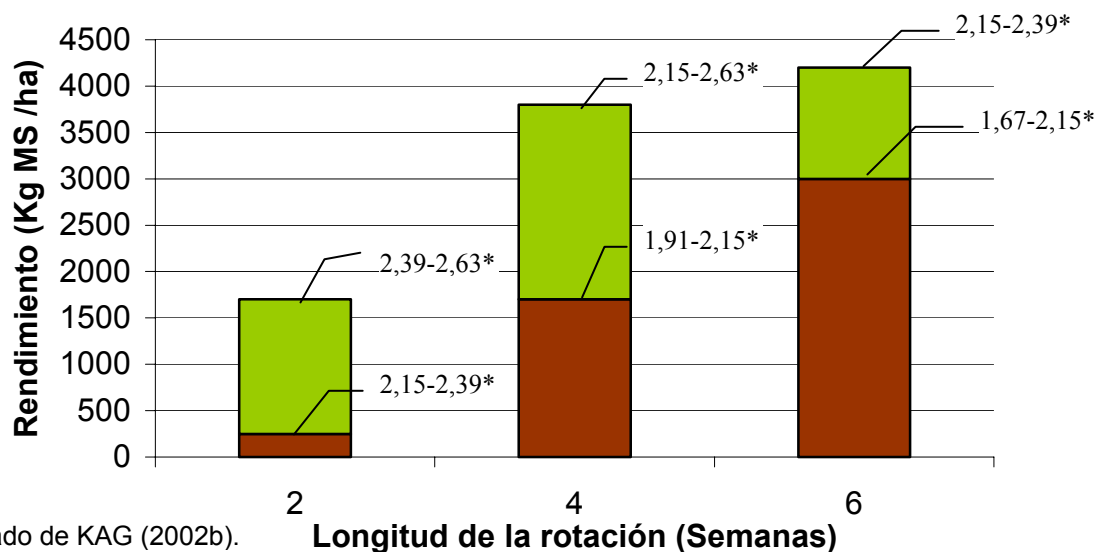
El diferenciar el material verde del material muerto es de particular importancia en pasturas tropicales, en las que tasas altas de crecimiento y de senescencia dan

lugar a una rápida formación de material muerto en el potrero (Fulkerson y Slack 1993). Se ha demostrado que el consumo y la producción por el hato están relacionados con las hojas verdes o las hojas verdes ofrecidas, en vez del total de la MS (Wilson y t' Mannelje 1978, Murtagh *et al.* 1986 y Stobbs 1997, citados por Fulkerson y Slack, 1993). Andrewes (2002), indica que el comportamiento de las vacas en pastoreo es el mejor indicador de la calidad del alimento, las vacas siempre seleccionan las hojas del kikuyo y dejan los tallos, a menos que sean forzadas a hacerlo. KAG (2002b) recomienda que si se va a suministrar pasto kikuyo a las vacas prontas, se debe separarlas del resto tres semanas antes del parto y asegurarse que consuman sólo hojas, si es que se espera que logren un pico alto en su curva de producción.

KAG (2002a) explica que en Nueva Zelanda (Anexo Figura A2), el kikuyo produce una alta relación hoja: tallo/ estolón (70:30) en diciembre y en enero que es a principios del verano (este efecto se da por la latencia que sufre el kikuyo en invierno). Esta relación disminuye al avanzar la estación y puede ser tan baja como 30:70 en otoño (abril y mayo). Si la relación hoja: tallo/ estolón es de 50%, entonces una tasa de crecimiento de 50 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ se valora sólo en 25 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ (KAG 2002a).

En la Figura 10 se muestra cómo a 14 días de rebrote en una pastura de kikuyo en Nueva Zelanda, hay una proporción hoja: tallo (mayor y por consiguiente una calidad nutricional mejor). Sin embargo, la cantidad de MS es poca (1650 kg MS ha⁻¹). A 28 días de rebrote, la proporción hoja:tallo es de 50:50, la calidad nutricional disminuye y la cantidad de MS por hectárea aumenta a 3800 kg MS ha⁻¹. Finalmente, a una edad de rebrote de 42 días, la calidad de la pastura es menor a la de los otros tiempos de rebrote, ya que la relación hoja: tallo va a ser de 33:66, y los 4200 kg MS producidos por hectárea no tienen mucho valor nutricional. De la Figura 10 se extrae que la calidad del tallo es inferior a la de la hoja y al ir madurando la pastura, el valor energético del tallo disminuye en mayor proporción que la de la hoja. KAG (2002a) concluye que las mejores producciones de leche

provienen de hojas en crecimiento rápido y que los tallos y estolones se pueden pastorear para la producción de leche solamente cuando están verdes y en crecimiento, como sucede a las 4 semanas.



Adaptado de KAG (2002b).

Figura 10. Efecto del intervalo de rebrote de *Pennisetum clandestinum* en el rendimiento (kg MS ha⁻¹), el valor energético (Mcal EM kg⁻¹ MS) y la proporción de las hojas y los tallos en una pastura.

* Mcal EM kg⁻¹ MS

■ Hojas

■ Tallos/ estolones

Se estima que toma tres semanas para que un estolón de kikuyo pase a través del rumen (KAG 2002a), por lo que se debe tratar de aumentar la relación hoja: tallo en el manejo de las pasturas, para aumentar la calidad por bocado y por lo tanto la producción de leche por hectárea, al tener las vacas mayor espacio ruminal para consumir material de mejor calidad nutricional. La disponibilidad de los tallos en una pastura tropical, se reduce sustancialmente cuando se cortan o desmenuzan, mientras que los parámetros de calidad de las hojas se mejoran al combinar rotaciones intensivas y desmenuzadas (Davison *et al.* 1981, Ehlich *et al.* 1996, Cowan y Queensland 1994 sin publicar, citados por Cowan y Lowe, 1998).

Otro factor que refleja la importancia de mantener la relación de la materia verde vs. senescente bajo control es al determinar la disponibilidad de biomasa, dada la precisión que brinda el que en la pastura haya menor cantidad de material senescente; por ejemplo Fulkerson y Slack (1993), al comparar mediciones de disponibilidad de kikuyo con plato medidor y un medidor de capacitancia (probe) encontraron precisiones de ± 163 kg MS ha⁻¹ de kikuyo producido a principios de la época de crecimiento del kikuyo en Australia, mientras que para la finalización de la época de crecimiento la precisión disminuyó al encontrar diferencias de ± 232 kg MS ha⁻¹. Los autores atribuyen esto a que al principio encontraron 1734 kg MS ha⁻¹ de rebrotes (por encima de 5 cm de altura) y 3131 kg MS ha⁻¹ de “colchón vegetal” (por debajo de 5 cm de altura), mientras que a finales de la época la producción promedio fue de 1964 kg de MS ha⁻¹ de rebrotes y de “colchón vegetal” 4814 kg de MS ha⁻¹, lo que equivale a un aumento de rastrojo (“colchón vegetal”) de 35% con respecto a lo que había de esta estructura en la pastura a inicios del crecimiento del kikuyo. Es por esto que se recomienda realizar cortes de kikuyo a 5 cm de altura (Fulkerson y Slack 1993; Reeves, Fulkerson y Kellaway 1996). Kemp (1976) realizó estudios para evaluar la producción de MS, cortando el kikuyo a 7-8 cm de altura.

1.4.3. Número de hojas por tallo

Como se puede apreciar en la Figura 11 elaborada por Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996), el kikuyo se encuentra en una etapa de alta calidad nutricional (tanto de PC como de digestibilidad de la materia orgánica), en la etapa de 4 hojas completamente expandidas (ya hay una “media hoja” en desarrollo) (Anexo Figura A4), que se caracteriza por presentar una alta relación hoja: tallo y hoja: material senescente. En este caso se presenta tal número de hojas alrededor de los 25 días de rebrote; sin embargo, esta etapa puede variar según las condiciones climáticas propias de la época del año y la ubicación geográfica. Reeves (1997) indica que luego de la etapa de las 4 hojas, las concentraciones de Ca y Mg aumentan y las

de K y P disminuyen a niveles más apropiados. Además, comenta que sólo la digestibilidad de la materia orgánica y la concentración de PC se deterioran, en relación a los requerimientos de la vaca en lactación.

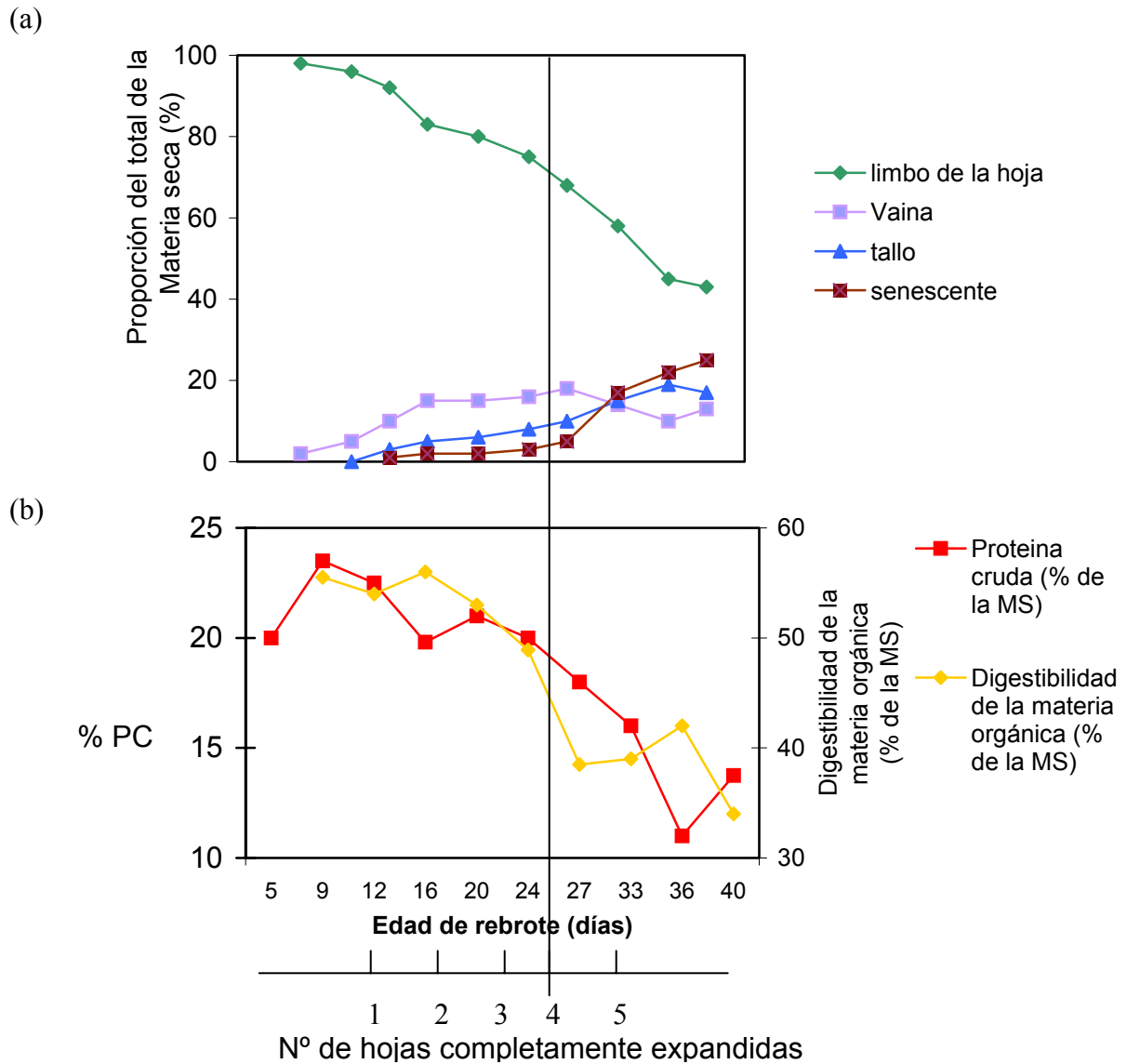


Figura 11. Cambios en la proporción (% de la MS) de: (a) las estructuras morfológicas y (b) proteína cruda (PC) y digestibilidad de la materia orgánica (DMO), en relación al número de hojas nuevas completamente expandidas.

Luego de la etapa de 4,5 hojas, la proporción de los tallos y hojas senescentes aumenta y la PC y la EM, disminuyen (Read y Fulkerson 2003). Salisbury y Ross (1991) describen que al crecer las hojas, su habilidad fotosintética aumenta hasta que están completamente expandidas, luego comienza a decrecer lentamente, con lo que se presenta la senescencia en las hojas que se vuelven amarillas y son incapaces de fotosintetizar por la degradación de la clorofila y la pérdida de cloroplastos funcionales. Raven, Evert y Eichhorn (1986) describen que al envejecer las hojas ciertos iones (magnesio) y moléculas (aminoácidos y azúcares) son reutilizadas y devueltas al tallo. Herrero *et al.* (2000b) destacan la importancia de la comprensión de los procesos que controlan el desarrollo y senescencia de una pastura, debido a que esto afecta las respuestas a los nutrientes disponibles y determina la estructura de la misma.

Un pastoreo en la etapa de 4,5 hojas aproximadamente, parece ser favorable en términos tanto de la calidad disponible para el ganado lechero, como para el potencial de rebrote de la planta; aunque, debido a deficiencias innatas de varios nutrimentos en la planta, se requiere suplementar para optimizar la producción de leche a partir de pasturas de kikuyo (Reeves y Fulkerson 1996).

Fulkerson, Slack y Havilah (1999) realizaron un estudio en Australia, para determinar el efecto que tenía el intervalo de defoliación (etapa de 2, 4 y 6 hojas totalmente extendidas por tallo) y la altura de defoliación (3, 6 o 12 cm) en la producción de MS y la calidad del kikuyo en diferentes estaciones del año. Se encontró que en verano, al máximo nivel de defoliación (2 hojas por rebrote a 3 cm de altura de corte), se obtuvo una producción de MS de hojas significativamente mayor ($5225 \pm 886 \text{ kg ha}^{-1}$) en comparación a la producción obtenida a la menor presión (6 hojas por tallo, a una altura de corte de 12 cm; con $1722 \pm 231 \text{ kg ha}^{-1}$). Encontraron que la proporción de tallos y material muerto aumentó significativamente con los intervalos de defoliación más amplios (360, 1448 y 1956 kg ha^{-1} para 2, 4 y 6 hojas por tallo, respectivamente) no así para la altura de corte. En cuanto al total de material cosechado (hojas, tallos y material senescente) para

esta época no se encontró diferencia entre los tratamientos de defoliación y para la calidad nutricional no se encontró interacción significativa entre la época del año y el tratamiento. Estos autores concluyen que no se penaliza el rebrote al realizar defoliaciones de manera frecuente y severa en verano, e indican que la única razón por la que se podría pastorear de manera menos rigurosa sería con el motivo de facilitar la aprehensión por parte del animal y posiblemente para obtener mejor calidad a partir de la hierba; por esto concuerdan con Reeves (1996) en que el pastoreo se de a la etapa de 4 hojas (a intervalos aproximadamente de 12 días, a alturas de entre 5 y 6 cm).

En el Cuadro 21. se muestra el efecto que tuvieron los tratamientos a lo largo del año, en cuanto a la composición de la pastura.

Cuadro 21. Producción anual en kg MS ha⁻¹ y en porcentaje (%) de hojas, tallos, material muerto y total, de kikuyo según el intervalo de defoliación (2, 4 y 6 hojas por rebrote) y la altura de corte (3, 6 y 12 cm), en Australia.

Hojas rebrote ⁻¹	Altura(cm)	kg ha ⁻¹ año ⁻¹ (%)			
		Hoja	Tallo	Muerto	Total
2	3	11284 (90)	850 (7)	372 (3)	12506
	6	8707 (88)	831 (8)	350 (4)	9888
	12	6623 (84)	1016 (13)	292 (4)	7931
4	3	11080 (79)	1324 (9)	1620 (12)	14024
	6	10399 (77)	1521 (11)	1659 (12)	13579
	12	7001 (73)	1459 (15)	1175 (12)	9635
6	3	9977 (72)	2122 (15)	1822 (13)	13921
	6	9336 (64)	2502 (17)	2708 (19)	14546
	12	6258 (64)	1580 (16)	1940 (20)	9778

Fuente: Fulkerson, Slack y Havilah (1999)

Fulkerson, Slack y Havilah (1999) reportan que para que una hoja se extienda por completo, en verano en Australia, toma aproximadamente 3 días por lo que para obtener un intervalo de defoliación de 2 hojas, toma entre 6 y 7 días y para las estaciones de invierno y primavera toma alrededor de 48 días para obtener la etapa fenológica de 6 hojas por rebrote (aproximadamente 8 días por hoja).

Read y Fulkerson (2003) indican que el tiempo que toma (en Australia) para que la pastura llegue a las 4,5 hojas varía principalmente con la temperatura. Y aclaran que a mediados del verano, el intervalo de pastoreo puede ser tan corto como 10 a 12 días, pero en el otoño tardío se puede extender a 35 o 40 días.

Reeves (1994) advierte que el indicador del número de hojas por tallo se debe usar para saber cuándo pastorear el kikuyo solamente cuando el kikuyo está bien manejado, o si ha sido desmenuzado.

1.4.4. Renovación, mediante remoción de residuos (corte o desmenuzado)

Las pasturas de kikuyo establecidas por muchos años y manejadas intensivamente se degradan y pierden capacidad de producción de forraje por el “acolchonamiento” del pasto y la baja fertilidad del suelo donde crece, presentando recuperación lenta e invasión de malezas (Hernández 1992), citado por Ramírez y García (2004). Además, las hojas que se encuentran bajo la sombra de otras poseen tasas fotosintéticas menores (Taiz y Zeiger 1991). Según Herrero *et al.* (sf), la luz que penetra hasta las hojas más bajas de la pastura disminuye la senescencia de las mismas.

Los forrajes, al igual que todos los cultivos, requieren prácticas de manejo para aumentar la producción. La renovación de pasturas de kikuyo combinando métodos mecánicos y químicos permiten recuperar la producción de forraje del potrero y por ende la producción animal por unidad de superficie de la pradera (Hernández 1992, citado por Ramírez y García 2004). En Nueva Zelanda y en Australia, se recomienda cortar o desmenuzar los potreros a finales del otoño y a finales de la primavera (Andrewes y Jagger 1999) (Anexo Figura A2), ya que durante el verano éste crece desmesuradamente y al llegar el invierno, las pasturas de ryegrass y trébol no pueden competir por la luz y el espacio ocupado por el kikuyo senescente, ya que se quema por el frío característico de la época. KAG (2002a) recomienda controlar la dominancia del kikuyo, en Nueva Zelanda, para

obtener buenas producciones de otras especies (ryegrass, trébol, etc) en primavera, realizando resiembras de las mismas. Recomienda realizar el control en potreros degradados, ya que si el kikuyo se deja crecer de manera descontrolada durante el verano perderá calidad al llegar el otoño, por lo que es mejor controlarlo con herbicidas, cortándolo o desmenuzando. En el trópico esto no sucede, sin embargo, se podrían aplicar las prácticas utilizadas en estas latitudes para dar un mejor manejo al pasto, disminuyendo las proporciones de estolones y material senescente que se acumulan con el tiempo, dando lugar a un mayor rebrote de hojas.

Fulkerson, Slack y Havilah (1999) indican que con base en sus resultados, el desmenuzado (o corte) pos pastoreo a 3 cm de rastrojo no va a perjudicar el crecimiento del kikuyo en verano (en Australia). Reeves (1994), agrega que realizando esta práctica a 5 cm del suelo, se estimula el rebrote, con el consiguiente aumento de las hojas y que se debe realizar si el estatus de humedad es adecuado, o sea que hayan transcurrido menos de 6 días desde la última lluvia de por lo menos 18 mm y si los residuos del pospastoreo son de más de 15 cm.

Read y Fulkerson (2003), recomiendan un manejo pos pastoreo para el kikuyo que consiste en desmenuzar preferiblemente, o bien cortar los residuos a 5 cm de altura (de rastrojo); como otra opción para lograr el mismo fin recomiendan un pastoreo fuerte utilizando vacas secas o ganado más joven. Ellos indican que la remoción de kikuyo de baja calidad permite la entrada de luz para iniciar el nuevo crecimiento del kikuyo y que además permite un establecimiento exitoso del trébol y el ryegrass en invierno. Andrewes y Jagger (1999) recomiendan en Nueva Zelanda (Anexo Figura A2), que para favorecer el establecimiento de estas especies en invierno, la altura de corte o desmenuzado debe ser por debajo de 2 cm en otoño, Reeves (1994) aclara que esto es con el fin de resembrar ryegrass o trébol, para el invierno y que en primavera se debe realizar por encima de 3 cm para favorecer el desarrollo del trébol y ryegrass, que serán protegidos por el kikuyo bien manejado durante el verano.

Según Davison *et al.* (1981), citado por Cowan y Lowe (1998), al combinar una rotación intensiva de pastoreo y la remoción de los residuos, luego del pastoreo, puede aumentar la digestibilidad de las hojas en 4 unidades porcentuales. KAG (2002) manifiesta que luego del pastoreo (entre 14 y 21 días), en épocas de crecimiento activo del kikuyo, si se corta o desmenuza a 25 mm de altura, se obtiene una mejoría en su calidad de 0,12 Mcal de EM kg⁻¹ MS.

En el Cuadro 22 se aprecia cómo, cuando los pastos tropicales (*Chloris gayana*), son pastoreados bajo períodos de rebrote adecuados y si se realiza la remoción de los tallos no consumidos, hay una relación directa entre la cantidad de hojas en oferta y los rendimientos de leche, dado por un consumo de hojas de mejor calidad, por las vacas.

Cuadro 22. Efecto del tratamiento de desmenuzado a 10 cm del rastrojo luego del pastoreo en cuanto a aspectos de calidad de la hoja en una pastura de *Chloris gayana*.

Desmenuzado pos pastoreo	Rotación de pastoreo		DMS		
	Abierto ¹		Rotacional ²		(P<0,05)
	-	+	-	+	
% Hojas en la pastura (MS)	44 ^a	57 ^c	47 ^b	59 ^d	1,8
PC (%MS)	14,7 ^a	16,9 ^b	13,8 ^a	17,4 ^b	1,5
FDN (%MS)	65,6 ^c	63,9 ^b	66,3 ^c	61,8 ^a	1,5
Rendimiento de leche (Kg vaca ⁻¹ día ⁻¹) ³	15,0 ^b	14,9 ^b	13,6 ^a	16,7 ^c	1,2

^{a-d} Promedios con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0,05).

¹ Sistema de dos potreros, una semana de pastoreo, una semana de descanso.

² Pastoreo en franjas en una rotación de 28 días.

³ La carga animal fue de 3,3 vacas Holstein-Frisonas ha⁻¹.

- sin desmenuzar, + desmenuzado

Fuente: Cowan y Lowe (1998)

Según KAG (2002) los desmenuzadores (Anexo Figura A5a) promueven un rebrote más rápido en el kikuyo que los cortadores (Anexo Figura A5b). En Costa Rica, dada la pendiente tan pronunciada que presentan algunas fincas ubicadas en la zona montañosa, estos equipos no pueden ser utilizados, por lo que se podría utilizar una cortadora tipo “motoguadaña”, aunque Andrewes y Jagger (1999) advierten que se puede durar más con este tipo de equipo, ya que su ámbito de corte es estrecho.

El desmenuzado provoca una más rápida descomposición del material en comparación con la corta (Andrewes 2002), aunque los cortadores son más rápidos sobre la tierra y tan buenos como los desmenuzadores siempre y cuando la altura sea la adecuada (entre 1 y 2,5 cm), y si se utilizan antes de que el colchón de kikuyo se forme (KAG, 2002a). Andrewes y Jagger (1999) indican que si el kikuyo se deja crecer mucho (>20 cm de altura, por más de 5 semanas, en Nueva Zelanda) se perjudican otras especies y al realizar la corta, el material cortado en descomposición, también las perjudicará, por lo que Piggot (2001) indica que cualquier “basura” o colchón de estolones debe ser removida.

Reeves (1994) recomienda desmenuzar o cortar los residuos entre 2 y 3 veces dentro de la época de altas tasas de crecimiento diario del kikuyo en Australia (Anexo Figura A2).

En Nueva Zelanda se ha observado que la necesidad de desmenuzado se reduce cuando hay una carga estable de 253 vacas ha^{-1} , en comparación a otras granjas donde el tamaño del hato está entre 125 y 147 vacas ha^{-1} (KAG, 2002).

1.4.5. Carga animal

El kikuyo persiste a altas cargas animales y a largas sequías en verano. Su red de estolones por encima y por debajo del suelo produce una densa cobertura y protege contra el estrés de humedad y de sobrepastoreo, formando la base de un sistema de pastoreo estable y sostenible (Cransberg 1995). KAG (2002) recomienda ajustar la carga animal al crecimiento del kikuyo e indica que para evitar que se formen los residuos se requieren altas cargas animales al crecer el kikuyo rápidamente con humedad adecuada y temperaturas altas.

Quinlan *et al.* (1975) citados por Reeves (1995) recomiendan un intervalo de pastoreo de 3 semanas; cargas animales de 2,5 y 5 bestias (especie desconocida)

cuando se fertilizan las pasturas con 150 o 300 kg N ha⁻¹ al año, respectivamente. KAG (2002a) recomienda cargas instantáneas entre 125 y 253 vacas ha⁻¹ y de 2 a 2,5 de carga estable para pasturas de kikuyo. Cowan y Lowe (1998) citan a Davison *et al.* (1985), quienes consideraron que cargas animales de 3 vacas ha⁻¹ eran sostenibles en áreas donde se aplicaran 400 kg N ha⁻¹ año⁻¹ y la pluviosidad fuera de 1250 mm anuales, en zonas tropicales de altura; lo que produciría un promedio de 8550 kg de leche ha⁻¹ al año. Entre mayor sea el potrero de kikuyo y / o menor la presión de pastoreo (< 3 vacas ha⁻¹), quedarán más montículos de residuos (debido a excremento, material senescente y estolones) luego de cada pastoreo, esto se mantendrá sin pastorear y la calidad disminuye; por lo que en un ciclo de tres semanas (21 días) cualquier área sin pastorear, se guardará por 6 semanas para el próximo ciclo, con una calidad muy pobre (KAG 2002b). Mientras que Corpoica (1994) citado por Ramírez y García (2004) describe la situación en la región de Barragán, Colombia; en la que los potreros oscilan entre 3 y 5 ha, con un uso limitado de la cerca eléctrica, con cargas animales menores de 0,5 UA ha⁻¹, períodos de ocupación de 5 a 8 días y entre 50 a 60 días de descanso, lo que brinda una producción de entre 4 y 5 kg de leche por vaca al día.

Ramírez y García (2004) realizaron un estudio para calcular la carga animal que podía soportar cada potrero según el método de manejo de la pastura de kikuyo, con base en la producción de MS ha⁻¹ luego de un tratamiento con un “equipo renovador de praderas por tracción animal” y de 63 días de recuperación (Cuadro 23). Cabe aclarar que en el método tradicional se utilizó la rotación convencional y en los métodos sin y con mínima labranza, los potreros fueron pastoreados en franjas. Entre períodos se dejaron 63 días de descanso. Del Cuadro 23 se concluye que un tratamiento de mínima labranza es bueno para la pastura y que al fertilizar y utilizar tréboles se mejora la cantidad de pastura ofrecida; y con esto los potreros soportan mayor presión de pastoreo y por consiguiente mayor carga animal.

Cuadro 23. Disponibilidad de MS (forraje verde, FVSD), presión de pastoreo, días de ocupación y carga animal en pasturas de kikuyo, tratadas con labranza mínima o sin ella.

Parámetros	T ¹		Método de renovación					
	Lluvioso	Seco	KSLM ²		KLM ³		KLMFS ⁴	
			Lluvioso	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	Seco
Disponibilidad (kg FVS ha ⁻¹) ⁵	340	204	340	204	505	252	962	385
Presión de pastoreo (Kg de FVSD 100 kg PV ⁻¹)	3,5	2	5,4	2	5,3	4	10,2	7,8
Carga animal (UA ha ⁻¹)	0,1	0,1	2	0,4	2,5	1,2	2,5	1,4

¹ Testigo: manejo tradicional

² KSLM: kikuyo sin labranza mínima

³ KLM: kikuyo con labranza mínima

⁴ KLMFS kikuyo con labranza mínima, con fertilización (10,1kg ha⁻¹ de P, 4,6 Kg ha⁻¹ de Ca y 50,6 kg ha⁻¹ de K más 4 kg ha⁻¹ de semilla de *T. pratense* y 2 kg ha⁻¹ de semilla de *T. repens*)

⁵ Determinada mediante doble muestreo

Fuente: Ramírez y García (2004)

Los animales por lo general seleccionan y consumen sólo las hojas sin embargo, a altas cargas de pastoreo, los tallos van a formar una gran proporción de la dieta de los animales (Cowan y Lowe 1998). KAG (2002a), advierte que las vacas, 3 semanas antes del parto, no deben consumir tallos de kikuyo como parte principal de su dieta; sin embargo, Andrewes y Jagger (1999) no recomiendan el uso de vacas en producción para el control del pasto kikuyo, sugieren entonces el uso de vacas secas (no preñadas) o ganado de carne pero su rendimiento también se ve afectado, por lo que concluye que el uso de cortadores, desmenuzadores o asperjar con herbicidas puede ser una mejor opción para controlar el kikuyo cuando su crecimiento es rápido (>100kg MS ha⁻¹ día⁻¹). KAG (sf) indica que el controlar el kikuyo mediante el pastoreo intensivo puede ser la opción más económica, siempre y cuando la producción de leche no se vea afectada.

1.4.6. Asperjado con herbicida

KAG (2002a), observa que para controlar el crecimiento excesivo del kikuyo, también se puede asperjar con un herbicida y así eliminar el “colchón vegetal” del kikuyo, resalta que el pastoreo o el asperjado con herbicidas pueden ser las únicas opciones para el manejo en laderas o en terrenos con piedras o montículos. Sin embargo, Andrewes y Jagger (1999) advierten del riesgo existente de que se desarrolle una resistencia a los herbicidas mediante esta técnica.

En Nueva Zelanda se trata de controlar el kikuyo de una manera estacional, por lo que su control (aplicando herbicidas) se realiza entre marzo y abril (que es cuando su crecimiento es más lento), de manera que en invierno las especies de clima templado como el ryegrass y el trébol, las cuales se resiembran, no se vean afectadas por el kikuyo senescente al morir con el invierno (KAG 2002a). Piggot (2001) explica que también se puede realizar a finales del otoño, con el fin de disminuir la producción de kikuyo, de manera que se puedan resembrar especies de clima templado.

Aunque la etiqueta del glifosato indica que su dosificación debe ser de 6 l ha^{-1} , KAG (2002 a) agrega que una manera novedosa de controlar el kikuyo es aplicar entre 1 y 3 litros de glifosato ha^{-1} , sin embargo aclara que los granjeros lo utilizan bajo su propio riesgo. Con esto, al sacar de la rotación un potrero, durante el crecimiento excesivo de kikuyo, reforzará la intensidad de pastoreo en los otros potreros, lo que los beneficiará. Indica también que no es recomendable aplicar herbicida cuando las condiciones son secas.

1.4.7. Presupuesto de pasto, variaciones según el manejo

El objetivo al producir en base a pasturas de kikuyo, debe basarse en que las vacas productoras deben consumir 2/3 de la pastura en oferta (por encima de los 5 cm de altura) y luego remover los tallos no comestibles que se acumulan cada

dos o tres pastoreos, mediante el uso de vacas de menores requerimientos (vacas secas) o mecánicamente (cortando o desmenuzando) (Fulkerson y Lowe 2002). KAG (2002a) recomienda que al realizar los controles en el crecimiento del kikuyo, hay que tener en cuenta que el área a controlar debe sacarse del ciclo de pastoreo por lo menos entre 2 a 3 meses.

Fulkerson, Slack y Havilah (1999) realizaron una extrapolación en la que una pastura que se encuentra en una etapa fenológica de 2 hojas por tallo, en verano (en Australia), proporcionaría 471 kg ha^{-1} de pastura en oferta. A una carga instantánea de 50 vacas por ha (lo que sería una carga estable de 6,25 vacas por ha para una rotación de 8 días que es lo que tardan en desarrollarse por completo las 2 hojas), con un consumo de $9,4 \text{ kg de MS vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$; que significaría $6,33 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ si se aplica la recomendación de 2/3 de la pastura (por encima de los 5 cm de altura). Por otra parte al pastorear potreros que ya poseen 4 hojas por tallo (que tarda aproximadamente el doble de tiempo que las 2 hojas), se dispondría de $762 \text{ kg de MS ha}^{-1}$, sin embargo, al doblar la longitud de la rotación, entonces solo $4,7 \text{ kg de MS}$ estarían disponibles para las vacas. Así los autores concluyen que al aumentar la cantidad de kikuyo en oferta, se puede reducir la cantidad de pastura disponible. Según Fulkerson, Blacklock y Nelson (1997), en referencia al pasto ryegrass, indican que el número de potreros depende del intervalo óptimo de pastoreo, que en el caso del pasto kikuyo es el tiempo que toma para que se presenten 4,5 hojas por rebrote según (Reeves 1997). Fulkerson y Lowe (2002) indican que al intensificar el manejo mediante el control o el pastoreo intermitente, el manejo de pasturas tropicales ha sido inefectivo en aumentar la producción por vaca, pero sí se aumentó la producción por hectárea.

Murtagh y More (1987), recomiendan que además de realizar el presupuesto con base en la disponibilidad de MS ha^{-1} , también se debe realizar un presupuesto de la energía disponible en el potrero para poder así calcular la cantidad de vacas en producción que puede mantener el potrero.

1.5. El consumo del pasto kikuyo como base de la dieta del ganado en pastoreo y la importancia y los efectos de su suplementación

El bajo consumo de MS del forraje es el principal factor que limita la producción de leche de los animales en pastoreo. Este a su vez depende del tiempo real de pastoreo, de la frecuencia con que el animal cosecha el pasto y de la cantidad de MS que el animal toma en cada bocado. Esto indica que entre mejor sea la disponibilidad y calidad del forraje, así como el mejor uso de las horas en que por aspectos del animal y del clima se da el mayor pastoreo, y el consumo de forraje y la producción de leche serán mejores (Bargo *et al.* 2003) y Sánchez 2003).

Los niveles de consumo de MS se pueden utilizar en la determinación de las estrategias de pastoreo más adecuadas y son necesarios al balancear raciones de las vacas en pastoreo y para planear la disponibilidad de pasto en las granjas (Reeves 1997). Cowan y Lowe (1998) sugieren que las vacas aprovechan entre 30 y 50% de las pasturas; al comparar las cantidades de MS ofrecida con la cantidad de hojas consumidas por los animales; así como estimar los consumos de nutrimentos en las hojas del pasto. Fulkerson y Lowe (2002) recomiendan proveer 1 t de hojas de MS ha⁻¹ para satisfacer a las vacas lactantes y que esto equivaldría, con algunas variantes entre 2,4 y 4 t de MS total por ha en oferta. Murtagh y Moore (1987) explican el concepto de “días pastoreo” que proveen una medida del rendimiento de la pastura, que es más fácil de visualizar por un granjero en vez de la medida convencionalmente utilizada de “kg de MS por hectárea”. Los autores describen los días pastoreo como: la pastura consumible más las pérdidas del pastoreo (por una vaca de 500 kg de peso vivo y a mediados de la lactación, cuando pastorea un potrero a cargas animales típicas (las cuales los autores no especifican). Los autores estiman que para una pastura tropical (como el kikuyo) esto equivale a la cantidad de pasto prepastoreo y pospastoreo que debe oscilar entre 3000 y 1200 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Ambos valores basados en pasto de crecimiento activo. Los autores además estiman que con base en pasturas tropicales, se da una producción de 11 kg de leche día⁻¹ (para lo que se requieren

aproximadamente 12,9 Mcal EM al día) y que para la vaca mencionada los requerimientos de mantenimiento son de aproximadamente otros 12,9 Mcal EM al día, además teniendo en cuenta la energía aportada por la pastura, la cual estiman en 2,15 Mcal EM por kg, entonces el requerimiento de pasto por vaca se calcularía de la siguiente manera:

$$(12,9+12,9) / 2,15 = 12 \text{ kg de pasto}$$

y a esto le agregan lo que debe quedar remanente en el potrero pospastoreo (suponiendo una utilización del 67%), entonces se requerirían en total 18 kg de MS por vaca día⁻¹,

Herrero *et al.* (sf), citan a Pattinson *et al.* (1981), que sugieren que hay una disminución marcada en el consumo después del primer día de pastoreo, al disminuir la proporción de hojas en la pastura. Y también cita a Chacón y Stobbs (1976), que indican que al disminuir la proporción de hojas en el potrero, los animales en pastoreo tienden a disminuir su tamaño de bocado y aumentan el número de bocados, lo que sugiere mayor selección, estos autores encontraron además que a una disponibilidad de MS de 2,2 ton ha⁻¹, el tamaño de bocado de vacas Jersey pastoreando kikuyo de 5 semanas de rebrote, iba a ser de 237 g de materia orgánica digestible. Así mismo, indican que el tiempo de pastoreo máximo en pasturas tropicales es de 9-12 horas al día. Herrero *et al.* (sf) también citan a Stobbs (1973a y 1974) y a Chacón y Stobbs (1976a) que reportan una tasa máxima de bocados de pasto kikuyo por vaca en pastoreo por día de 36000. Tanto el tiempo de pastoreo como la tasa de bocados (bocados min.⁻¹) actúan como un mecanismo compensatorio para evitar disminuciones en el consumo de MS cuando disminuye la cantidad de MS por bocado (Bargo *et al.* 2003).

En el Cuadro 24 se presentan valores de consumo en kg de MS por vaca por día reportado por varios autores y determinados por varios métodos.

Cuadro 24. Valores de consumo diarios (kg MS) de pasto kikuyo en sistemas de pastoreo rotacional, sin suplementación.

Consumo (kg MS)	Método utilizado	Fuente
12,6	Óxido de cromo	Hamilton <i>et al.</i> (1992) ¹
14,2 ²	Óxido de cromo	Henning <i>et al.</i> (1995) ¹
12,5	Plato medidor	Reeves (1997) ²
14,8	Reversa	Reeves (1997) ²

¹ citados por Reeves (1997)

² kg de materia orgánica

Marais (2003) indica, para pasturas de kikuyo, consumos entre 20,7 y 63,1 g kg⁻¹ PV^{0,75}. Mientras que para pasturas similares al kikuyo, el Dairy Reference Manual (1995) indica un consumo esperado de MS entre 2,0 y 2,2 del peso vivo del animal.

Minson (1973), citado por Marais, (2003) indica que el consumo voluntario de la materia orgánica digestible en el kikuyo, es menor en el kikuyo fertilizado con altos niveles de aplicación de nitrógeno, que con bajos (230 vs. 57,5 kg ha⁻¹, respectivamente). Esto es fundamentado por las observaciones realizadas por Dugmore *et al.* (1991), citado por Herrero *et al.* (sf) y por Marais (2003) de las que concluyeron que los animales preferían rebrotes de kikuyo de mayor concentración de nitrógeno si la pastura en general poseía bajos niveles del nutrimento, o rebrotes de menor calidad si las pasturas se excedían de 15% de PC, lo que se atribuye a un exceso de N soluble. Dugmore y du toit (1988) y Marais (1990), citados por Herrero *et al.* (sf) indican que esto sucede cuando las concentraciones de proteína exceden de 18%. Herrero *et al.* (sf) sugieren que los rumiantes pueden manipular la calidad de su dieta para balancear los componentes de la misma y satisfacer los requerimientos de nutrimentos específicos.

La suplementación produce un efecto sustitutivo sobre el consumo de forraje, ya que si bien es cierto que el consumo total de MS se incrementa, la MS del concentrado sustituye parcialmente a la del pasto (Sánchez 2003). Según Kellaway y Porta (1993) citados por Bargo *et al.* (2003), entre los objetivos de la

suplementación se encuentran: aumentar la producción por vaca, aumentar la carga animal y por tanto la producción por unidad de área, mejorar la utilización de la pastura con mayores cargas animales, mantener o mejorar la condición corporal al disminuir la disponibilidad de pasto y aumentar el contenido de proteína en la leche al suplir energía de fácil disponibilidad.

Reeves *et al.* (1996) realizaron un estudio en Australia entre febrero y mayo, para comparar tres diferentes métodos para medir el consumo de vacas en pastoreo, en potreros de kikuyo desmenuzado a 5 cm de altura y con ciclos de rotación entre 18 y 24 días, de manera que la pastura se pastoreara antes de que emergieran cantidades significativas de tallos, a partir de los 5 cm por encima del suelo. A los animales en estudio (3 grupos de 14 vacas Frisonas pastoreando en apartos diferentes, en el que se ofreció una franja de pasto kikuyo de $0,167 \text{ ha día}^{-1}$) se les suplementó con 0, 3 y 6 kg de un alimento balanceado compuesto de 75% de cebada y 25% de harina de girasol tratada con formaldehído. Los resultados se muestran en el Cuadro 25. Los autores concluyen de sus resultados que el mejor método para evaluar consumo por vaca es el de los alcanos, el método de reversa es mejor para grupos de animales durante un tiempo prolongado y el método del plato medidor es mejor para medir consumo de grupos de animales y para determinar parámetros en la pastura asociados con consumo (como disponibilidad prepastoreo y rechazo postpastoreo), siempre y cuando la pastura sea bien manejada mediante una utilización intensiva. Además se puede apreciar en el Cuadro 25 el efecto sustitutivo que produce el alimento balanceado en el consumo de pasto, medido con las técnicas de reversa (entre 0,63 y 1,1 kg de pasto por kg de alimento balanceado aproximadamente) y alcanos (aproximadamente 0,5 kg de pasto por kg de alimento balanceado), ya que en el caso del plato medidor el efecto no fue significativo.

Cuadro 25. Promedio de estimaciones del consumo de pasto kikuyo (kg^{-1} vaca $^{-1}$ día $^{-1}$) utilizando cuatro técnicas.

Alimento balanceado (kg vaca^{-1} día $^{-1}$) ¹	Pastura ofrecida (Kg MS ha $^{-1}$)	Consumos estimados de kikuyo pastoreado (kg vaca^{-1} día $^{-1}$)				
		PM ¹	DIVMO ² para RS	DIVMS ³ para RS	DMS (P=0,05)	Alcanos C ₃₃ /C ₃₂ ⁴
0	1772	13,5	14,3	12,3	2,0	12,6
3	1931	15,4	12,2	10,4	1,3	11,0
6	2004	12,4	7,6	6,5	n.s.	9,2
DMS (P≤0,05)	n.s.	n.s.	1,8	1,5		1,1

n.s., no significativo

¹PM: Plato medidor

²Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica para estándares energéticos en reversa (RS)

³Digestibilidad *in vivo* de la MS para estándares energéticos en reversa (RS)

⁴Técnica de alcanos, utilizando el par C₃₃ / C₃₂ de alcanos

Fuente: Reeves *et al.* (1996).

Holmes (2000) citado por Sánchez (2003), indica que los kilogramos de MS de pasto que se sustituyen por kg de MS de alimento balanceado oscila entre 0,2 y 0,8 según la oferta y los niveles de consumo.

1.6. Producción de leche a partir de pasto kikuyo

La producción de leche en las vacas que consumen pasto está limitada, además del alimento, en última instancia por el potencial genético y el fenotipo; y las restricciones ambientales como el estrés calórico durante el verano (Reeves 1997). La autora a través de sus investigaciones bibliográficas indica que en la mayoría de los experimentos realizados en campo se demuestra que la producción de leche, basada solamente en pasturas de kikuyo es por debajo de 11 (rango entre 4,6 y 15,3) kg por vaca al día.

Herrero *et al.* (sf), concluyen a partir de su revisión de literatura, que vacas Holstein- Frisonas que pastorean kikuyo y no reciben suplementación son capaces de producir entre 7,7 y 16 kg de leche y que vacas Jersey y Guernsey, bajo las

mismas condiciones producen entre 7,2 y 11,2 kg, con los niveles de grasa y proteína que van de 3,62 a 4,70% y de 2,79 a 3,29%, respectivamente.

Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996) advierten que debido a deficiencias innatas en el kikuyo, aún a etapas fenológicas adecuadas para el pastoreo, se restringe la producción de leche entre 15 a 16 l por vaca al día, en Australia. Reeves (1997), también en Australia indica que con base en pasturas de kikuyo bien manejadas, pastoreadas por vacas frisonas sin suplementación y sin cambios de peso aparentes, se obtienen producciones de leche por vaca por día de 17,3 l entre 3 y 4 meses de lactancia, de 14,2 l entre 5 y 6 meses y de 12,5 l a los 7 meses de lactancia. Read y Fulkerson (2003), estiman que el ganado lechero que pastorea kikuyo (en Australia) sin suplementación produce alrededor de 12 litros de leche por vaca por día; mientras que con el kikuyo manejado apropiadamente se logra una producción diaria por vaca de 14 a 15 litros. Además que si se suplementa al animal con 3 kg de un alimento energético balanceado se producirá alrededor de 18 a 19 L por vaca al día. Así mismo, al suplementar con alimento balanceado a razón de 6 kg por vaca por día y agregar un buffer de bicarbonato de sodio se producirá de 21 a 22 L de leche por vaca por día.

Sánchez (2004) al realizar una simulación utilizando el Modelo del NRC (2001), estima que para una vaca de raza Holstein que pesa 550 kg, en el inicio de su tercera lactancia y que produce leche con 3,35% de grasa, 3,2 de proteína y 4,85 de lactosa y que además consume pasto kikuyo *ad libitum*, estaría recibiendo alrededor de 19,8 Mcal de ENI al día, con lo que podría producir aproximadamente 9 kg de leche al día, además de suplir sus requerimientos de mantenimiento. Por otra parte, al estimar la producción con base a la proteína metabolizable que aporta el kikuyo, indica que se puede producir alrededor de 29 kg de leche por vaca por día y aclara que esto es posible mediante la suplementación con fuentes de energía. Lean *et al.* (2004) concluyen de sus investigaciones que el kikuyo posee valores bajos de carbohidratos de rápida fermentación (azúcar y almidón), lo que

indica que las vacas que consumen kikuyo, requieren estos componentes en la dieta para una producción óptima

Herrero *et al.* (sf), a partir de su revisión de literatura encuentran en vacas que pastorean kikuyo rangos de respuesta a la suplementación de alimentos balanceados o granos (de hasta 8,3 kg por día), de entre 8,9 a 22,5 kg por vaca por día, además que producto de estos suplementos se llegan a obtener rangos de producción desde 0,4 hasta 1,3 kg de leche por kg de suplemento ofrecido, sin embargo, aclaran que a mayor disponibilidad de pasto, menor va a ser la respuesta al suplemento.

1.6.1. Ubicación de las pasturas de kikuyo en Costa Rica

Según Sánchez (2000), el pasto kikuyo se difundió en Costa Rica en los años 60 y a partir de esa época se cultiva en la Cordillera Central, en el área comprendida entre los cantones de Alfaro Ruiz y Turrialba, así como en la parte noroeste de la cordillera de Talamanca (Cantón de Dota).

La Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos y otras empresas pequeñas como Copeleche y Copebrisas industrializan alrededor del 80 por ciento de los 2,1 millones de litros diarios que obtiene el país. Según la encuesta realizada por la Cooperativa Dos Pinos en el año 2002, 85016 ha (1,66% del territorio nacional) estaban dedicada a pasturas para la producción de leche, de éstas, el pasto más importante es el estrella con 22024 ha y el segundo más importante es el kikuyo, con 12718 ha (500 ha en el distrito de Quesada, 2209 ha en Zarcero, 2806 ha en Alajuela, 4173 ha en Cartago y 3030 ha en Coronado).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

En busca de optimizar el uso de las pasturas de kikuyo para lograr un mejor uso del área, de los insumos como fertilizantes y alimentos balanceados, así como de los animales, se realizó una remoción de residuos en las pasturas o “colchón vegetal” mediante el desmenuzamiento de la misma, monitoreando aspectos como fertilidad del suelo, disponibilidad de MS, relación hojas: tallos/ estolones: material senescente/ muerto, composición botánica de la pastura, calidad nutricional, caracterización de los estratos de la pastura, número de hojas por rebrote, estimación del consumo voluntario y aprovechamiento de la pastura por parte de los animales y estimar la carga animal por hectárea.

2.1. Descripción de la finca

2.1.1. Ubicación

La explotación de ganado lechero donde se realizó el presente trabajo de investigación se encuentra localizada en la provincia de Heredia, en el cantón de Barva, distrito de San José de la Montaña; zona descrita por Janzen (1991), según la clasificación de las zonas de vida de Holdridge *et al.* (1971) como “Bosque pluvial tropical de montano”. La finca propiedad del Ing. John Brealey Orlich; se llama “La Amalia” y cuenta con una lechería situada a 10° 10' N y 84° 11' O, a una altitud de 2100 m s n m. La Amalia es una “Finca sometida al pago por servicio ambiental hídrico” de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH). Este servicio protege el agua para consumo humano, ya que dentro de la finca hay 9 manantiales. Posee un área de 36 ha 775,98 m², de las que hay aproximadamente 10 que están totalmente protegidas con el programa de la ESPH y supervisadas por Fundecor.

2.1.2. Condiciones climatológicas y edáficas

2.1.2.1. Precipitación y radiación

Para determinar la precipitación en la zona se solicitó al Instituto Meteorológico Nacional (I.M.N.) la instalación de un pluviómetro en la finca, con el cual se hicieron lecturas diarias de precipitación.

El comportamiento de la precipitación durante el año de muestreo (Figura 12) indica que éste se puede dividir en tres épocas: una lluviosa (Setiembre a Diciembre, 2004) al principio del experimento; una semiseca (Enero a Abril, 2005) y otra época lluviosa (Mayo a Agosto, 2005). Presentándose una precipitación anual de 2970 mm (46% durante el Invierno del 2004, 15% durante la época semiseca del 2005 y 39% en la época de Invierno del 2005). Durante la época semiseca la precipitación fue de 450 mm.

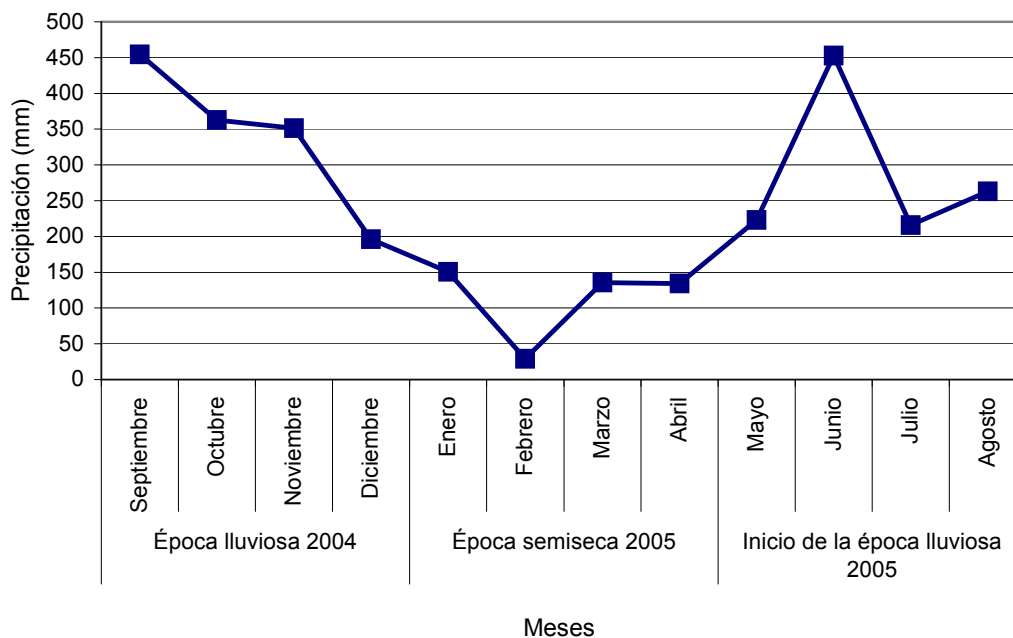
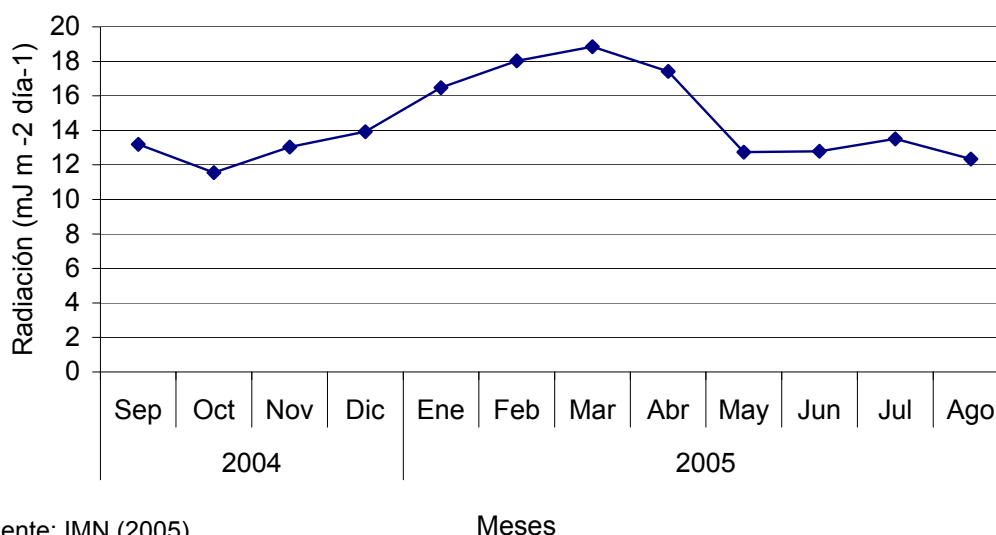


Figura 12. Precipitación en Sacramento, San José de la Montaña, Barva; Heredia, durante el último cuatrimestre del año 2004 y los dos primeros del año 2005.

En la Figura 13 se presenta el comportamiento de la radiación durante la época experimental, registrada por la unidad meteorológica automática ubicada en Santa Bárbara de Heredia perteneciente al I.M.N., lo que complementa la descripción del comportamiento climatológico presente durante la época de muestreo.



Fuente: IMN (2005)
 Figura 13. Radiación (mJ m⁻² día⁻¹) registrada en el último cuatrimestre del 2004 y los dos primeros del 2005, en Santa Bárbara de Heredia.

2.1.2.2. Manejo normal de la pastura

La pastura de kikuyo en la finca La Amalia fue establecida hace aproximadamente 40 años.

En cuanto al manejo de las pasturas en estudio se aplicó fertilizante a lo largo del año en estudio, según el plan de fertilización elaborado con base en el análisis de suelo realizado para conocer el estatus de fertilidad general de la finca (Cuadro 26.).

Cuadro 26. Estatus de la fertilidad general del suelo en la finca la Amalia (Enero 2004), San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	-----Cmol(+) l ⁻¹ -----					-----mg l ⁻¹ -----				
	pH	Ca	Mg.	K	Acidez	P	Cu	Mn.	Fe	Zn.
Observado	5,78	2,52	0,65	0,23	0,34	2,25	4,75	32,0	56,75	4,03
Rango ²	5,6-6,5	4,1-20	1,1-5	0,21-0,6	0,51-1,5	11-20	3-20	6-50	11-100	2,1-10

¹ Valor promedio (n= 4)

² Fuente: Bertsch (1987)

En negrita, los valores observados que se alejan del rango medio recomendado

En el Cuadro 27 se indica el programa de fertilización aplicado, correspondiente a las necesidades del suelo según el análisis químico practicado. Las aplicaciones se realizaron mediante el método del “voleo”.

Cuadro 27. Fertilización aplicada a los potreros en la finca la Amalia durante el 2004 y el 2005.

Mes	Fertilizantes	kg ha ⁻¹						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	ZnO
Abr-04	0-0-0-19,3-32,2 ¹				89	148		
May-04	0-0-0-0-53 ²					119,5		
Jun-04	18-46-0	18	46					
Jul-04	22-0-0-7-11 ³	18,9			6,75	9,9		
Ago-04	24-12-6-6-7(S)-0,4 (ZnO) ⁴	21,6	10,8	5,4	5,4		6,3	0,36
Sep-04	24-12-6-6-7(S)-0,4 (ZnO) ⁴	21,6	10,8	5,4	5,4		6,3	0,36
Oct-04	10-30-10	9	27	9				
Nov-04	24-12-6-6-7(S)-0,4 (ZnO) ⁴	21,6	10,8	5,4	5,4		6,3	0,36
Dic-04	46-0-0 ⁵	41,4						
Ene-05								
Feb-05								
Mar-05								
Abr-04								
May-04								
Jun-04	0-0-0-11-30 ⁶				11	30		
Jul-04								
Ago-04	24-12-6-6-7(S)-0,4 (ZnO) ⁴	21,6	10,8	5,4	5,4		6,3	0,36
	TOTAL	174	116,2	30,6	128	307,4	25,2	1,44

¹ Cal Dolomita, ² Carbonato de calcio, ³ “Magnesamón”, ⁴ “Abopasto”, ⁵ Urea, ⁶ Calciomag”

2.1.3. Manejo del hato

El hato en ordeño utilizado para el estudio se compone de aproximadamente 34 vacas Jersey puras, de genética neocelandesa, norteamericana y danesa, pertenecientes al grupo denominado como “vacas de primera”, que son las vacas cuya producción diaria es mayor a 15 l, producción que se da normalmente desde el parto hasta el quinto mes de lactancia (con excepción del muestreo realizado durante el invierno del 2004, en que también había vacas de “segunda” o sea produciendo menos de 15 l por día). Las vacas se estabulan durante la noche, el primer ordeño se realiza a las 4:00 am y de la sala de ordeño pasan al aparto designado a la mañana (donde pastorean por cinco horas), a las 11:00 am se les da acceso al aparto de la tarde (donde pastorean por otras cinco horas), hasta que se realiza el segundo ordeño a las 4:00 pm. Las vacas tienen libre acceso a agua limpia y fresca proveniente de las nacientes, durante el tiempo que se encuentran en los potreros. Posterior al segundo ordeño se vuelven a estabular en un sistema “tie-stall” (de 1.6 por 1.10 m de espacio por vaca), en el cual las vacas se mantienen (atadas) en un solo lugar durante toda la noche. El área de la finca destinada al pastoreo por estas vacas es de 4, 175 ha (aproximadamente 8,14 vacas ha⁻¹).

2.1.3.1. Suplementación

Durante la fase de estabulación se suministra por vaca aproximadamente 19 kg de pasto kikuyo de corta, del cual hay un remanente estimado de 0,7 kg por vaca, lo que indica un consumo cercano a los 18 kg de materia verde aproximadamente por noche. Además se les da citropulpa peletizada: 0,5 kg en el ordeño de la mañana y 0,5 kg en el de la tarde, alimento balanceado (según la producción por vaca, siguiendo el criterio de un kg de concentrado por tres de leche producida) en cada ordeño y dos veces en la canoa (hasta 11 kg al día). Subproductos secos de la destilación del maíz (DDGS) (1 kg por ordeño) y melaza, 1 kg por vaca, aproximadamente (Cuadro 28). Como aditivos se les da levadura (entre 10 y 20 g) a las vacas de mayor producción (>20 l) y un

suplemento mineral (60 g si están preñadas y 120 g si no lo están). Además las vacas en estudio tienen libre acceso a un bloque de sal con minerales.

Cuadro 28. Calidad nutricional de los suplementos ofrecidos a las vacas en la finca La Amalia, San José de la Montaña, Barva; Heredia.

	MS	PC ¹	FDN ²	FDA ³	Cenizas	EN _i (Mcal kg ⁻¹) ⁴
Alimento balanceado	86,16	16,13	37,40	20,96	5,21	1,75
Citropulpa peletizada	81,64	7,58	27,73	14,01	4,72	1,78
“DDGS” ⁵	84,76	29,98	48,80	23,88	3,38	1,86
Melaza	74,30	5,8	4	2	13,30	1,78
Kikuyo canoa ⁶						
Invierno 2004 ⁷	14,31	12,89	69,02	39,62	10,08	1,20
Semiseca 2005 ⁸	17,97	14,67	65,65	37,25	9,30	1,26
Invierno 2005 ⁸	16,66	12,66	66,56	36,73	10,74	1,18

¹PC: Proteína cruda (% de la MS),

²FDN: Fibra detergente neutra, (% de la MS),

³FDA: Fibra detergente ácida, (% de la MS),

⁴EN_i: Energía neta de lactancia estimada (3x), NRC (2001)

⁵ DDGS: Subproductos secos de la destilación del maíz

⁶ Kikuyo servido en la canoa de alimentación, durante el estabulado

⁷ Aproximadamente 60 días de rebrote

⁸ Aproximadamente 45 días de rebrote

2.2. Descripción del experimento

2.2.1. Área utilizada

De las 4,175 ha de potreros destinados para las vacas de “primera”, para las mediciones en campo se utilizaron 0,69 ha divididas en cuatro potreros, los cuales a su vez estaban divididos a la mitad, de manera que dos apartos eran pastoreados en un día. El tamaño de los apartos oscila entre 0,06 ha y 0,11 ha cada uno. De ellos, cuatro se pastorearon en horas de la mañana y los otros cuatro en la tarde (los correspondientes del mismo día), por ciclo de rotación (Figura 14.).

2.2.2. Metodología utilizada en el muestreo del suelo

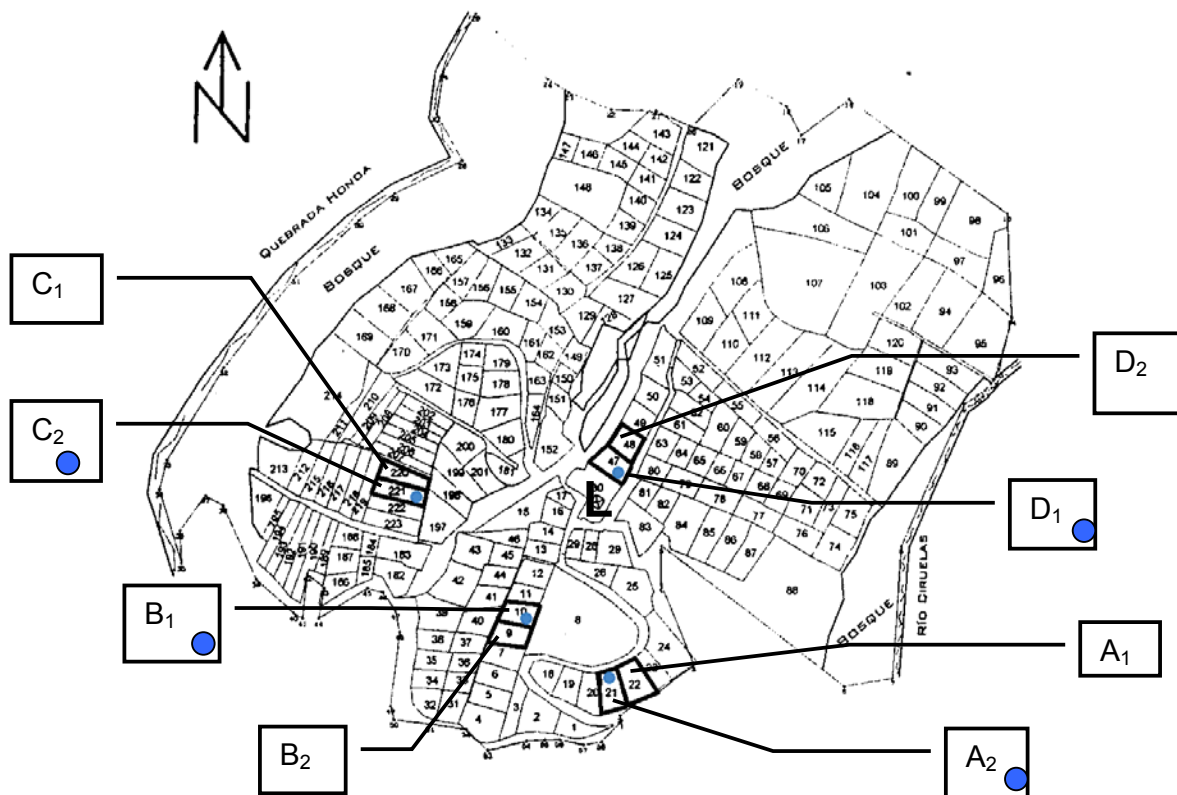
Se realizaron tres muestreos durante la fase experimental: uno en enero del 2004 (Cuadro 26), otro en junio del mismo año y otro en mayo del 2005. Las muestras se extrajeron de aproximadamente los primeros 20 cm de suelo con un barreno de tipo “holandés” y los análisis se realizaron según la metodología descrita por Henríquez, Bertsch y Salas (1995).

2.2.3. Descripción de los tratamientos

Con el fin de comparar el manejo normal de los potreros con el efecto de desmenuzar el pasto kikuyo, se realizó el desmenuzado en uno de los apartos de cada uno de los cuatro potreros seleccionados. El desmenuzado consistió en efectuar una remoción de residuos en la pastura de kikuyo, a ras del suelo: primero se cortaron los residuos pospastoreo con una segadora (Anexo, Figura A5a), que dejó un rastrojo de aproximadamente 10 cm que fue removido, luego se utilizó el desmenuzador (Anexo, Figura A5b), de manera que se cortó el rastrojo por completo y se dejó que esta porción de la pastura (con un tamaño de partícula menor a 1 cm) se degradara en los apartos tratados. Se fueron desmenuzando los apartos uno por semana (hasta completar los cuatro), comenzando la última semana de junio del 2004. Posterior al desmenuzado se dejó que la pastura se recuperara por dos rotaciones (de aproximadamente 28 días cada rotación). Mientras que los otros cuatro apartos continuaron el pastoreo rotacional normal (sin desmenuzar o control).

2.2.4. Distribución de los tratamientos

Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a los ocho apartos, de manera que quedaran cuatro desmenuzados en la mañana (1) y cuatro en la tarde (2) (Figura 14).



Los apartos tratados poseen un punto a la par de la letra
L: ubicación de la lechería

Figura 14. Mapa de la finca La Amalia y los potreros evaluados.

Al final del período de recuperación de los apartos tratados se comenzaron las mediciones en campo, la primera semana de setiembre de 2004. Las vacas ingresaran a dos apartos por día (uno desmenuzado y otro no, alternándose mañana/ tarde según la distribución), cada siete días, y completando los ocho potreros al final de la rotación, así hasta el final del experimento, en agosto del 2005. La etapa de muestreo se dividió en tres épocas, según la pluviosidad como se describió anteriormente. Los muestreos se realizaron dos veces cada semana, uno de prepastoreo y otro de pospastoreo como se describe a continuación.

2.2.5. Metodología utilizada en el muestreo para estimar disponibilidad, rechazo, consumo y aprovechamiento de la pastura de kikuyo

2.2.5.1. Disponibilidad (kg MS ha⁻¹)

En la determinación de la disponibilidad de la biomasa en los potreros, se utilizó la metodología Botanal® (Tothill *et al.* 1992), compuesto de dos partes: una con el objetivo de obtener muestras reales (muestras de 0,25 m² que se cosecharon y pesaron) y otra para calificar visualmente la pastura (muestras de 0,25 m²).

Iª Parte

En la primera parte (muestreo real) se procedió a recorrer todo el aparto a evaluar y se localizó la parte de la pastura (compuesta principalmente por kikuyo) donde hay mayor cantidad de biomasa (nivel máximo = valor 3): esto se estima al medir tanto la altura del pasto, como su densidad al palparlo, luego se colocó un marco de 0,25 m², se anotó la altura. Posteriormente se corta: con cuchillo (“machete”) o con tijeras para jardín. En este caso fue indiferente el instrumento utilizado, siempre y cuando se cortara a una altura determinada, la cual se acordó desde el principio del experimento que fuera a ras del suelo. Luego la muestra dentro del marco se colocó en una bolsa plástica rotulada con el nombre del aparto al que pertenecía y el estrato de pastura. Luego se pesó en una romana de capacidad máxima de 5 kg +/- 0.10 kg y se anotó. Las muestras se llevaron al laboratorio el mismo día para evaluar su contenido de MS a 60° C.

A continuación se recorrió el aparto de nuevo en busca del estrato de menor cantidad (valor 1) de biomasa (kikuyo principalmente) y se procedió de igual manera que con el nivel máximo.

Se calculó un punto intermedio (valor 2) a los anteriores con la siguiente fórmula:

Nivel intermedio (2)=

$$((\text{Nivel máximo} - \text{Nivel mínimo}) / 2) + \text{Nivel mínimo} \quad \text{Fórmula (1)}$$

Mediante observación y corte se obtuvo experiencia para encontrar en la pastura un nivel intermedio, se buscó que fuera lo más cercano al valor calculado +/- 15% con lo que se obtiene un r^2 confiable (cercano a 0,9) para luego aplicar una ecuación de regresión a las muestras visuales. Al confirmar que se ha encontrado el nivel intermedio luego de medir su peso, se procedió al igual que con las otras muestras y se colocó en bolsas plásticas. Con este dato se calculó mediante la Fórmula (1) un cuadro de rango de los posibles valores para los niveles intermedios (Cuadro 29).

Cuadro 29. Rangos adecuados (kg de pasto fresco por marco*) de las muestras de referencia para realizar el Botanal ® y el valor estimado de los niveles intermedios.

Nivel	kg pasto fresco
Mínimo (1)	Real
(1,5)	Calculado
Intermedio (2)	Real
(2,5)	Calculado
Máximo (3)	Real

* marco= (25 m²)

Real: cortado y pesado en campo

Calculado: según la fórmula (1)

2ª Parte

El siguiente paso fue la calificación visual, en la que se procedió a recorrer de nuevo el aparto, pero ahora con un patrón definido. En este caso se siguió siempre un patrón de “zig-zag” empezando siempre en el mismo punto del aparto. Al ubicarse en el punto de inicio se coloca el marco al frente y se procede a asignar un valor, mediante observación y palpación, dentro del rango establecido en la fase de muestreo real y calculado, haciendo referencia al Cuadro 29, luego se caminó 5 pasos y se volvió a colocar el marco al frente y se valoró esta segunda muestra visual, así se caminó por todo el aparto, calificando y anotando los valores asignados. En cuanto al número de las observaciones en su mayoría

se realizaron 40 por apartado, aunque si faltó terreno por evaluar se realizaron entre 5 y 10 observaciones más.

2.2.5.2. Rechazo de forraje(kg MS ha⁻¹)

Al día siguiente de realizar las mediciones prepastoreo, ingresaron las vacas “de primera” en el potrero, primero al apartado correspondiente a la mañana y luego al de la tarde. En la mañana del tercer día se realizó un muestreo igual al realizado en el prepastoreo (primer día). Y se trasladan las muestras en sus respectivas bolsas plásticas al laboratorio para efectuarles análisis de MS (60°C). Luego se tabulan los datos y se comparan con los de prepastoreo.

2.2.5.3. Consumo estimado

El consumo del pasto kikuyo se estimó por diferencia entre el valor obtenido a partir de la determinación de la disponibilidad y el valor obtenido al determinar el rechazo de pasto, esto se extrapola al área de cada potrero y se divide entre el número de vacas que ingresaron en el potrero correspondiente, obteniéndose así la estimación de los kg de MS consumidos en “base seca total²” por vaca.

También se estimó el consumo de MS aportado por las hojas, éste se realizó sustrayendo al estimado de la disponibilidad de pasto en base húmeda, la proporción del pasto diferente a las hojas, o sea tallos/ estolones más material senescente/ muerto (% en base húmeda), luego se le aplicó a la diferencia el % MS de las hojas, obteniéndose los kg de MS de hojas disponible en los potreros. Lo mismo se realizó a la pastura rechazada pospastoreo y luego se procedió a obtener la diferencia; entre los kg de MS de las hojas disponibles y el estimado de MS de hojas que quedaron en la pastura, obteniéndose así los kg de MS de hojas consumidos por las vacas, luego se extrapola al tamaño del potrero y se divide entre el número de vacas.

² MS compuesta por hojas, tallos/ estolones y material senescente/ muerto

2.2.5.4. Aprovechamiento

El aprovechamiento de la pastura se estimó al dividir el material consumido por el hato entre la disponibilidad de biomasa, con base en MS total o a MS de las hojas.

2.3. Metodología utilizada en la determinación de la composición botánica de la pastura

Para determinar la composición botánica de la pastura se utilizó el método de “categorización del peso seco” (Dry -weight-rank method), como lo describe t’ Mannetje y Haydock (1963). Las categorías a clasificar fueron: kikuyo, otras gramíneas, trébol, malezas (arbences) y senescente.

El cómputo de los datos obtenidos tanto en la determinación de biomasa, aprovechamiento y consumo, como composición botánica, se realizó mediante una hoja de cálculo a la cual se puede tener acceso mediante www.feednet.ucr.ac.cr.

2.4. Metodología utilizada en la determinación de la estructura de la pastura

Al realizar el muestreo real, se tomaron muestras de los lados del marco, de manera que fueran lo más representativos en cuanto a la estructura (relación hoja: tallos/ estolones: material senescente/ muerto) del pasto dentro del marco. Esto se realizó en cada estrato de la pastura (1, 2 y 3) y se colocaron en bolsas plásticas rotuladas para ser transportadas al laboratorio ese mismo día. Su clasificación no fue llevada a cabo el mismo día, por lo que se conservaron en una cámara de frío aproximadamente a 0 °C.

Previamente a la separación de los componentes de la estructura de la pastura, se realizaron observaciones de varios rebrotes de cómo se veían las hojas siguientes a 4,5 hojas y se determinó que efectivamente, a partir de esta

etapa ya se comenzaba a presentar la senescencia en el ápice de la hoja, por lo se estableció que las hojas que presentaban senescencia en su ápice fueron tomadas como senescentes y se unieron a las hojas muertas al momento de la clasificación. Las hojas verdes que presentaban este color en todo su limbo fueron separadas de las que no y los tallos se unieron a los estolones recolectados. Cada estructura fue colocada en una bolsa de papel debidamente rotulada y las bolsas se colocaron en un horno a 60°C durante aproximadamente 48 h para determinar su contenido de MS.

2.5. Metodología utilizada en el análisis nutricional

Para estimar el valor nutricional del pasto kikuyo, se determinó el contenido de MS, PC, cenizas, extracto etéreo, nitrógeno en fibra detergente neutro (NFDN) y nitrógeno en fibra detergente ácido (NFDA) (AOAC, 2000), así como las fracciones de la pared celular (fibra detergente neutro- FDN, fibra detergente ácido-FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina (Van Soest *et al.* 1991, Van Soest y Robertson, 1985).

Los carbohidratos no fibrosos se estimaron siguiendo la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991).

Además se analizó la digestibilidad *in vitro* del pasto kikuyo siguiendo la metodología propuesta por Van Soest y Robertson (1979).

El fraccionamiento de la proteína (A, B₁, B₂, B₃ y C) se determinó según el método propuesto por Licitra *et al.* (1996).

El análisis del contenido mineral del pasto kikuyo se realizó mediante espectrofotometría (P) y por absorción atómica (Ca, Mg, K, Mn, Cu, Fe y Zn) (Fick 1979).

En cuanto al pasto suministrado en canoa, el alimento balanceado y las materias primas: citropulpa peletizada y deshidratados de la destilería de maíz

(DDGS), se realizaron análisis de los contenidos de MS, FDA, lignina, FDN, cenizas, PC, NFDA y NFDN, cuyos métodos de análisis se describieron anteriormente.

Los análisis químicos fueron realizados por duplicado en el Laboratorio de Bromatología de Forrajes del Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, de la Universidad de Costa Rica.

Se estimó también para los componentes de la dieta de las vacas el contenido de total de nutrimentos digestibles (TDN) y energía digestible (ED) al nivel de mantenimiento. La energía metabolizable (EM), energía neta de lactancia (EN_l) a 3x, energía neta de ganancia (EN_g) por las metodologías descritas por el NRC (2001). Para determinar el consumo mediante el “método de la reversa” se sustrae del total de la energía requerida, la cantidad de energía ingerida y aportada por los suplementos, por lo que se obtiene, de manera indirecta, información de la pastura consumida; como lo describen Van der Grinten *et al.* (1992).

2.6. Metodología utilizada en la determinación de la edad fenológica de la pastura

A partir de febrero de 2005 se comenzó a extraer, al colocar el marco en cada muestra visual, un rebrote de kikuyo al cual se le contó el número de hojas verdes. El criterio seguido para esta evaluación fue que la primera hoja se tomó como media hoja si su tamaño era de aproximadamente la mitad de la siguiente (totalmente expandida) (Anexo, Figura A4) y se encontraba un poco separada de la hoja siguiente; si su tamaño era menor y estaba adherida a la siguiente no se contó y si era similar en tamaño y estaba bastante separada de la siguiente, se contó como una hoja completa.

2.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza, utilizando el paquete estadístico Infostat (2002). En los casos en que la fuente de variación resultó significativa se realizó la prueba de Duncan para la comparación de medias. El modelo general empleado incluyó las siguientes variables: potrero, tratamiento, época y la interacción época x tratamiento. El número de grados de libertad del error experimental varían de acuerdo con el número de las observaciones recolectadas en las diferentes variables de respuesta.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan y discuten los resultados de los análisis realizados al pasto kikuyo, con el fin de aportar conocimiento sobre algunas técnicas de manejo del pasto utilizadas en la finca La Amalia.

3.1. Monitoreo de la fertilidad del suelo de la finca La Amalia, luego de implementar un programa de fertilización para un ciclo productivo de un año

La fertilidad del suelo no se vio afectada de manera significativa por el tratamiento efectuado (Anexo, Cuadro A2), eso es probable que se deba a la lenta degradación del material cortado (aproximadamente 10 cm de pasto) que permaneció en los potreros donde se efectuó el desmenuzado. Según Bruce y Ebershn (1982); y Thomas y Asakawa (1993), citados por Herrero *et al.* (2000a), la tasa de degradación de la estructura de la paja de las pasturas tropicales se da entre 0,12 a 0,2% al día. Molina (2006) estima que la tasa de degradación es mayor a la mencionada por estos autores, sobretodo si la degradación ocurre en climas tropicales, aunque reconoce que a menores temperaturas disminuye la actividad microbial en el suelo. Además, explica que es poco probable que los residuos del desmenuzado hayan tenido efecto en la fertilidad del suelo en los primeros 20 cm de profundidad en el área donde se efectuó el tratamiento. En el Cuadro 30 se describe el comportamiento de la fertilidad en el suelo según las épocas en que se realizaron los muestreos de pasto kikuyo.

En cuanto al pH (Cuadro 30), con respecto al análisis previo a la investigación realizado en enero de 2004 (Cuadro 26), disminuyó considerablemente en julio de 2004. Posteriormente aumentó y al parecer se vuelve a estabilizar en mayo de 2005 al presentarse un valor similar al del análisis realizado en enero de 2004. Molina (2006) explica que la disminución de este indicador en el muestreo realizado en julio de 2004 pudo haber sido efecto del aumento de la humedad en el suelo. Para mayo de 2004, es probable que el efecto de la aplicación de fertilizante con Ca y Mg no haya tenido efecto

en el pH del suelo debido al efecto tampón tan pronunciado que se presenta en los suelos Andisoles, debido a la alta cantidad de materia orgánica presente en los mismos. Bertsch (1998) indica que los suelos Andisoles no responden al encalado. Según Bertsch (1987), en este cantón es normal encontrar valores de pH menores o iguales a 5,6 y hasta 6,5, por lo que aún el valor de julio de 2004 es normal para la zona.

Cuadro 30. Análisis de la fertilidad del área experimental luego de aplicado el tratamiento e iniciado un plan de fertilización en la finca La Amalia, San José de la Montaña, Barva. Heredia.

		Julio 2004 (Lluviosa)		Mayo 2005 (Lluviosa)	
		x	±	x	±
	pH	5,47 ^a	0,20	5,70 ^b	0,21
cmol(+) l ⁻¹	Ca	5,58 ^b	0,77	3,89 ^a	0,73
	Mg	1,81 ^b	0,44	1,10 ^a	0,30
	K	0,45 ^b	0,21	0,30 ^a	0,18
	Acidez	0,14 ^a	0,02	0,23 ^b	0,08
mg l ⁻¹	P	8,79 ^b	2,69	2,00 ^a	1,41
	Cu	7,48 ^b	1,89	4,75 ^a	1,16
	Mn	12,41 ^a	2,36	27,63 ^b	6,19
	Fe	162,38 ^b	33,25	73,88 ^a	11,68
	Zn	5,93 ^b	1,14	3,81 ^a	1,08

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa(p≤0,05)

x = media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Julio 2004 = 8, n Mayo = 8

El nivel de Ca aumentó en Julio del 2004 (Cuadro 30) con respecto al nivel presente en enero de 2004 (Cuadro 26), debido a que en marzo y en abril de 2004 se había aplicado fertilizante que contenía cal (Cuadro 27). Sin embargo en mayo de 2005 el nivel de este elemento disminuyó, presentando un nivel similar a antes de la aplicación del fertilizante que contiene Ca, lo que demuestra que la efectividad de la aplicación de éste ha disminuido probablemente por la absorción por parte de la pastura y su exportación por los animales o bien la lixiviación, lo que justifica la aplicación de 0-0-0-11-30 en junio de 2005. Con respecto al rango adecuado recomendado por Bertsch (1987) de 4,1-20 cmol(+) l⁻¹, el nivel de Ca se encuentra en un nivel adecuado sólo en julio de 2004 y deficiente en enero de 2004 y en mayo de 2005. Según la autora, en este cantón el 60 % de las muestras analizadas se encuentran por

debajo de $4 \text{ cmol}(+) \text{ l}^{-1}$, por lo que es un elemento que hay que considerar al recomendar un plan de fertilización.

Un efecto similar al que se presenta en el Ca se presenta en los niveles de Mg y de K (Cuadro 30), con respecto al nivel presentado en enero de 2004, (Cuadro 26) y posterior a la aplicación de la enmienda. Según Bertsch (1987) para esta zona, aproximadamente el 70% de los análisis presentan valores de Mg por debajo del rango entre $1,1$ y $5 \text{ cmol}(+) \text{ l}^{-1}$. El nivel de Mg se supera luego de la aplicación del fertilizante que lo contiene y vuelve a disminuir un año después. Según Bertsch (1987) las concentraciones de K obtenidas se mantienen dentro del rango recomendado: entre $0,21$ y $0,6 \text{ cmol}(+) \text{ l}^{-1}$, así mismo la autora indica que para el cantón de Barva, el 34% de los análisis presentan valores de este mineral dentro del rango medio y el 45% por debajo del mismo.

En cuanto a la acidez, se presenta una disminución de este indicador de fertilidad en julio de 2004 (Cuadro 30) en comparación a enero del mismo año (Cuadro 26), y luego vuelve a aumentar en mayo de 2005 aunque no tanto como en enero de 2004. Lo anterior debido probablemente a la aplicación de cal (Cuadro 27), aunque esta aplicación fue pequeña. Molina (2006) señala que el error del método utilizado en la determinación de acidez en el suelo es de $0,3 \text{ cmol}(+) \text{ l}^{-1}$, por lo que las variaciones presentes en los tres análisis no son significativas desde el punto de vista analítico. El valor de este parámetro se encuentra por debajo del rango $0,51-1,5 \text{ cmol}(+) \text{ l}^{-1}$, recomendado por Bertsch (1987), lo cual es regular para la zona (94 % de las muestras analizadas en esta zona presentan acidez por debajo de $0,5 \text{ cmol}(+) \text{ l}^{-1}$ (Bertsch, 1987)).

En cuanto al P, se muestra un aumento importante en julio de 2004 (Cuadro 30) con respecto a enero de 2004 (Cuadro 26) y posteriormente el nivel se vuelve a estabilizar en mayo de 2005. El aumento que se observa es probablemente debido a la reciente aplicación de fertilizante 18-46-0 (Cuadro 27) en junio de 2004; y en mayo de 2005 éste disminuye debido probablemente a la fijación al suelo. Bertsch (1987) indica que en el cantón de Barva, el 77%

de las muestras analizadas se encuentran por debajo de 10 mg l^{-1} (a partir de un rango medio de 11 a 20 mg l^{-1}), lo que respalda los resultados de los análisis realizados en el presente estudio. Además, Bertsch (1998) indica que el tipo de suelo Andisol presenta la mayor capacidad de fijación de fósforo (entre 75 y 95%).

El Cu también presenta un aumento en julio de 2004 (Cuadro 30) con respecto al valor reportado en enero de 2004 (Cuadro 26), y al igual que los macroelementos analizados, su nivel vuelve a descender y estabilizarse presentando valores levemente mayores al primer análisis (Enero 2004). Los niveles de Cu de los análisis realizados en el presente estudio se encuentran en un nivel medio, entre 3 y 20 mg l^{-1} . Según Bertsch (1987) este comportamiento es normal, al encontrar que el 87% de los análisis de suelos de esta zona presentan el mismo patrón.

El Mn a diferencia del resto de los elementos, presenta una disminución en el análisis de julio (Cuadro 30) con respecto al de enero de 2004 (Cuadro 26) y luego vuelve a aumentar en mayo de 2005; siempre dentro del rango medio propuesto por Bertsch (1987) ($6 - 50 \text{ mg l}^{-1}$), quien encontró que el 71% de las muestras de suelo de Barva analizadas, presentan el mismo comportamiento.

El Fe muestra un aumento en julio de 2004 con respecto al análisis realizado en enero de 2004 (Cuadro 26). El valor del Fe tampoco disminuye en mayo de 2005 tanto como en enero de 2004 (Cuadro 30). Bertsch (1987) reporta que el 83% de las muestras de suelo en el cantón de Barva presentan valores medios de Fe, entre 11 y 100 mg l^{-1} ; similar al encontrado en el presente estudio en los análisis realizados en enero de 2004 y mayo de 2005. Sin embargo, el nivel que se observa en julio de 2004 es calificado como alto según la autora, quien reporta que el 15% de las muestras de esta zona presentan este comportamiento, por lo que tampoco es un valor atípico.

El Mn presenta diferencia significativa debido a tratamiento según la prueba estadística de Duncan (Anexo, Cuadro A2), mientras que el Fe no

presenta diferencia significativa debido al tratamiento. Molina (2006) Indica que la metodología utilizada en la determinación tanto del Fe como del Mn (y de los microelementos en general), hace que los resultados de sus análisis sean sumamente erráticos, provocando gran variación; además indica que esos microelementos varían mucho de acuerdo a la humedad en el suelo, reduciéndose durante la época lluviosa, lo que los hace más disponibles y por lo tanto más extraíbles (efecto que se observa en el comportamiento del Fe).

El Zn aunque aumenta su nivel en julio de 2004 (Cuadro 30) con respecto a enero de 2004 (Cuadro 26), al igual que la mayoría de elementos analizados, su nivel en mayo de 2005 no sobrepasa al de enero de 2004. Para Bertsch (1987), los valores reportados en los tres muestreos se encuentran dentro del rango considerado medio (2,1 - 10 mg l⁻¹) y que es normal para la zona ya que el 88% de las muestras analizadas en Barva se presentan dentro de este rango.

Herrero *et al.* (2000b) indican que en la región del Volcán Poás hay una alta mineralización de la materia orgánica, por lo que se pueden obtener elevadas producciones sin fertilizante y señalan que las prácticas de manejo que promueven una mayor tasa de mineralización nitrogenada disminuirían la dependencia de altas aplicaciones de N inorgánico, siempre y cuando se mantenga el balance entre la producción animal y se optimice el crecimiento de la planta.

3.2. Evaluación de la práctica cultural denominada “mulch” o desmenuzado en potreros de pasto kikuyo

3.2.1. Descripción cuantitativa de la pastura desmenuzada y no desmenuzada

3.2.1.1. Disponibilidad de MS antes del pastoreo

En el Cuadro 31 se muestra la disponibilidad promedio del pasto kikuyo por ciclo de descanso (28 días) obtenida en potreros desmenuzados y no desmenuzados, en tres épocas del año y su respectivo valor de desviación estándar.

Cuadro 31. Disponibilidad (kg ha^{-1}) de pasto kikuyo, en tres épocas del año, por ciclo de recuperación (28 días) en potreros desmenuzados y no desmenuzados, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	7054 ^b	1938	9673 ^c	1809	5930 ^b	2197	7108	2362
Desmenuzado	4669 ^a	878	9575 ^c	963	7079 ^b	1778	7552	2427
Promedio por época	5862 ^d	1910	9624 ^e	1412	6504 ^d	2033	7238	2392

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 =24, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005 =20

En el Cuadro 31 se aprecia que durante la época inmediata a la aplicación del tratamiento, en los potreros desmenuzados hubo una disponibilidad por período de rotación significativamente menor (34% menos) a la cantidad de MS disponible en los no desmenuzados. Esto puede deberse a la eliminación de los tallos gruesos y del “colchón vegetal” acumulado durante los años, y a la producción de rebrotes que poseen tallos delgados. Este efecto se analizará con mayor detalle al discutir los resultados de la composición de la

estructura de la pastura (Sección 3.2.1.2.). Además, al abrirse el dosel de la pastura se favorece el ingreso de la luz, Salisbury y Ross (1991) explican que la radiación varía dentro del dosel de la planta ya que la mayoría de luz (80%) es absorbida por las hojas superiores y el resto es reflejado a las hojas inferiores, al suelo o los alrededores. Sin embargo, estos autores indican que en la mayoría de los pastos las hojas se encuentran prácticamente verticales y si la incidencia de la radiación solar es más o menos paralela a la superficie de la hoja, entonces no habrá hojas que se encuentren por encima del nivel de saturación y la luz penetrará en lo profundo del dosel por lo que pocas hojas estarán ensombrecidas y la tasa de fotorespiración en estas hojas no superará la tasa de fotosíntesis. Taiz y Zeiger (1991) indican que las hojas ensombrecidas por otras poseen menores tasas fotosintéticas, Herrero *et al.* (sf) indican que la senescencia de las hojas del pasto kikuyo se ve disminuida por la luz que logra llegar hasta las hojas más bajas. Reeves (1994) explica que entre los beneficios de la remoción de residuos pospastoreo en el pasto kikuyo, además de eliminar el kikuyo de baja calidad, está la mayor incidencia de luz que estimula el rebrote, como se puede apreciar en la Figura 15. (a) en una pastura desmenuzada, donde la luz penetra fácilmente hasta el estrato más bajo, vs. (b) una pastura sin desmenuzar, en la que la luz no logra ingresar fácilmente hasta la porción más baja y además el pasto se voltea fácilmente con el viento o bien por el tránsito normal de las vacas en pastoreo.

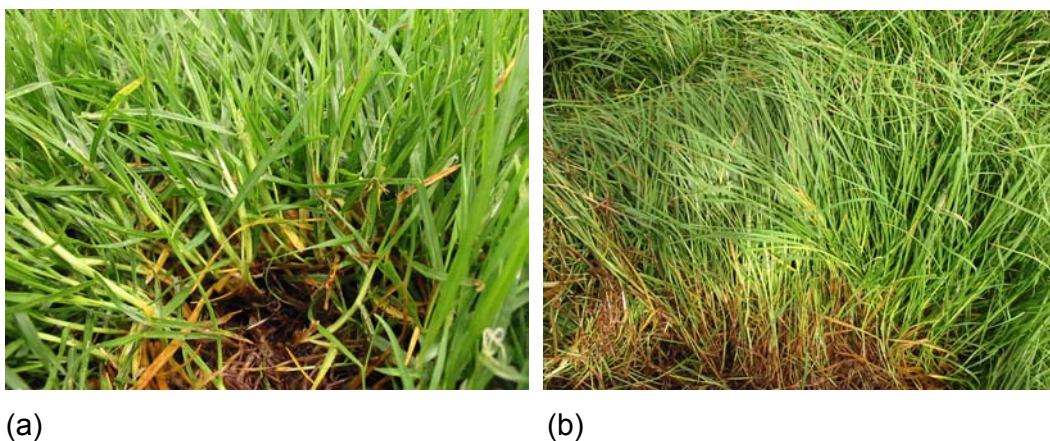


Figura 15. Pasto kikuyo (a) luego de 56 días de desmenuzado y (b) sin desmenuzar.

En la época siguiente, la semiseca, se obtuvo similar disponibilidad de biomasa en los potreros tratados como en los no tratados; y en esta época se presentó de manera significativa la mayor cantidad de biomasa por período de rotación en comparación a las otras épocas de muestreo, esto es probable que sea debido a la presencia de lluvias durante esta época, ya que se presentó una pluviosidad acumulada de 433 mm, sólo para esta época; casi la mitad de la pluviosidad mínima anual requerida (700-1600 mm) para este pasto, o sea que sólo durante estos 4 meses se presentó la pluviosidad recomendada para un período de 6 meses, por lo que la humedad en esta época no fue un factor que impidiera la producción de biomasa. Según Herrero *et al.* (2000a) durante la época semiseca, en la región del Poás, el agua no es un factor limitante para el crecimiento del pasto. Además, según Brealey (2004) en San José de la Montaña es normal tener humedad en el pasto por el rocío de la mañana durante esta época. Debe mencionarse, además que durante la época semiseca en que se realizó el estudio hubo una pluviosidad 5% mayor por mes, con respecto al promedio normal de la zona (Anexo Figura A6).

También es muy probable que el aumento en la producción de biomasa durante la época semiseca del 2005 se deba a la mayor radiación solar presentada (Figura 13). Esto coincide con lo reportado por Biscoe y Gallagher (1997) citados por Murtagh (1988), en cuanto al aumento de producción de biomasa al aumentar la radiación solar, además se fundamenta en lo establecido por Moniteith (1981) citado por Murtagh (1988), ya que hubo un aumento de la radiación solar dentro del rango de 12 - 30 MJ m²s⁻¹. Sin embargo, discrepa con lo encontrado por Sánchez *et al.*(1985), citados por Mora (1988), quienes indican que el rendimiento del pasto disminuye durante la época seca en la zona montañosa central de Costa Rica. Sosa (1981) encuentra tasas de crecimiento diarias para kikuyo en verano de 78,66 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ y Castillo (1981) reporta valores de 59,68 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, en la época lluviosa, ambos en Coronado. Lo que concuerda con la mayor producción de biomasa en la época semiseca, observado en el presente análisis. Vargas (1981) también encuentra un aumento de producción de MS en la época semiseca en comparación con la época lluviosa, también en Coronado.

Durante la época lluviosa del 2005, la producción numéricamente mayor en el potrero desmenuzado puede deberse al aumento de rebrotes producidos durante la época lluviosa del 2004, ya que al profundizar la luz en el dosel de la pastura se estimuló a las hojas más bajas para fotosintetizar más y al paso del tiempo este material se acumuló, sin embargo es mejor describir este efecto desde el punto de vista de la composición estructural de la pastura para esta época (Sección 3.2.1.2.). La producción de una cantidad menor de biomasa en los potreros no tratados en esta época en comparación con los mismos potreros durante la época lluviosa del 2004, puede atribuirse a la disminución en la fertilidad del suelo (Cuadro 30). Por el contrario, Vargas (1981) reporta valores menores de producción de MS cuando la época lluviosa ya está bien establecido (correspondiente a la época lluviosa del 2004) que cuando comienza (correspondiente a la época lluviosa del 2005), como sucedió con las pasturas desmenuzadas; y atribuye esto a las mejores condiciones climáticas (temperatura y pluviosidad) que se presentan durante esta época, para el desarrollo de la pastura de kikuyo en Coronado. Además, se presentó menor producción de biomasa que en la época semiseca, probablemente por el aumento en la pluviosidad y a la disminución de la radiación solar.

Los valores de biomasa obtenidos durante las épocas lluviosas se encuentran dentro del rango encontrado en la literatura (0,2-8,3 t MS ha⁻¹ por ciclo de pastoreo), presentados en el Cuadro 5, mientras que los obtenidos durante la época semiseca están por encima. Este aumento aparentemente atípico en la producción de biomasa es probable que se deba a que la mayoría de los valores de la revisión de literatura provienen de experimentos basados en cortes (Fulkerson, Slack y Havilah 1999, Fulkerson y Slack 1993) o a que las mediciones fueron realizadas a partir de 5 cm del suelo (Reeves *et al.* 1996), o bien donde se ha realizado algún tipo de labranza al suelo (Apráez y Moncayo 2005 y Ramírez y García 2004), que es más lacerante para la planta que el desmenuzado porque rompe rizomas. Esto equivale a la medición del crecimiento activo del kikuyo, no de potreros establecidos por muchos años como es el caso del presente estudio, donde la biomasa se ha acumulado.

Además, la mayoría de los estudios proceden de Australia, donde el pasto sufre una latencia durante la época lluviosa, que aunque no elimina el “colchón vegetal” por completo, provoca rebrotes nuevos al principio del verano, lo que es como un reinicio para el pasto cada año (Anexo Figura A2). Solamente los valores reportados por Herrero *et al.* (2000b)(5,6 y 6,4 t ha⁻¹), son comparables con los obtenidos en el presente estudio, ya que fueron obtenidos a partir de mediciones similares a las del presente estudio (mediante corta de cuadrantes) y son procedentes de la región de Poás, que es próxima a la ubicación de la finca en estudio.

El hecho de que no se presentaran diferencias significativas entre potreros desmenuzados y no desmenuzados, en los kg de MS obtenidos durante la época semiseca, indica que es muy probable que el efecto del tratamiento se haya perdido y que se requiera que antes de que suceda esto, se deba de desmenuzar de nuevo el pasto, como lo recomienda Reeves (1994) al señalar que se deben eliminar residuos aproximadamente cada dos rotaciones (de 28 días). Sin embargo, habría que considerar el costo de realizar esta práctica. Otra solución sería aumentar la carga animal (Sección 3.7), para aumentar la presión de pastoreo sobre el pasto y así evitar la formación de tallos y material senescente. Andrewes y Jagger (1999), hacen referencia a esto indicando que una vez desmenuzada la pastura, debe hacerse el mayor esfuerzo para mantenerla bajo control a través del pastoreo e indican que esto puede significar rotaciones de entre 10 y 14 días en períodos de crecimiento rápido, recordando que las rotaciones deben ser flexibles si las condiciones (humedad y radiación solar) cambian. Se requiere realizar más estudios para poder identificar con mayor certeza estos períodos en las diferentes regiones donde crece el kikuyo en Costa Rica. En esta época se podría fertilizar y así aprovechar de mejor manera la presencia de humedad en la pastura y el aumento de la intensidad lumínica para obtener una cantidad de biomasa mayor. Así, durante esta época se podría conservar el forraje en forma de “silopacas” para épocas de escasez, o bien para la venta como ingreso extra para la finca. Aunque se tendrían que retirar algunos potreros de la rotación normal para conservar la pastura, se aumentaría la carga animal en el resto de

la finca y así se controlaría el crecimiento excesivo del pasto, como lo recomienda KAG (2002 b). Herrero et al. (2000b) advierten que a mayores intensidades de pastoreo, el crecimiento neto de la pastura es mayor, y citan a Johnson y Pearsons (1985); Tornely y Verberne (1989) y Parsons *et al.* (1988); quienes indican que al consumir los animales una mayor fracción de hojas a mayores intensidades de pastoreo, entonces la pastura va a tener mayor espacio para rebrotar, sin pérdidas debidas a senescencia o respiración aumentada debido a mayores cantidades de hojas causadas por la subutilización de la pastura. Otro beneficio de la remoción de los residuos es el que se afecte el ciclo de vida de plagas como la *Prosapia*, como lo describe Peck (1998), además, según Fulkerson, Slack y Havilah (1999) se evita la formación de hongos en las hojas que disminuyen la palatabilidad del pasto y su calidad.

El obtener valores de desviación estándar menores para los potreros desmenuzados en comparación con los que no se desmenuzaron, se puede deber a la disminución del colchón en estos potreros, lo que hace que la determinación de la disponibilidad de MS sea más fácil, como lo advierten Fulkerson y Slack (1993) al encontrar mayor variación al determinar la disponibilidad de MS, al aumentar el colchón en el kikuyo. En la literatura se recomienda realizar determinaciones de disponibilidad de biomasa para kikuyo por encima de 5 cm de altura (Fulkerson y Slack 1993 y Reeves *et al.* 1996), ya que esta porción de la pastura es la que contiene la mayoría de estolones, que hacen muy difícil definir el nivel del suelo y una pequeña variación en la altura de corta dará como resultado una gran variación en el rendimiento de la MS (Andrewes y Jagger 1999). En un estudio realizado por Piggot (2001), en el que compara 5 métodos (determinación visual, altura, plato medidor, capacitancia (probe) y rendimiento cortado en fresco por cuadrante (0,25 m²)) para determinar el rendimiento de la productividad del pasto kikuyo, concluyó que una vez calibrados, los métodos de rendimiento cortado en verde y luego la determinación visual son los más precisos, además que el utilizar una altura de corte determinada (1-2 cm) es mejor que la disponibilidad de MS total (a ras del suelo), también que las ecuaciones lineales de regresión, como las utilizadas en

el presente estudio, para describir la relación entre método de determinación y el rendimiento de MS son más adecuadas que las ecuaciones cuadráticas.

En regiones subtropicales, son importantes firmes estrategias de manejo de las pasturas, ya que las tasas de crecimiento (del pasto) pueden ser muy altas y la calidad de la pastura puede cambiar rápidamente. Aparte de esto, las prácticas típicas de manejo del pastoreo para el kikuyo no controlan con éxito el crecimiento (Reeves 1997). La meta principal de una buena práctica de manejo para una pastura es lograr pasto de alta calidad, que sea utilizado eficientemente por el hato a largo plazo (Fulkerson 1997).

3.2.1.2. Descripción de la composición estructural de las pasturas de kikuyo ofrecidas durante un año, mediante la relación hojas: tallos/ estolones: material senescente/ muerto (en base seca)

En el Cuadro 32 se muestra la proporción de las estructuras morfológicas del pasto kikuyo luego de un tratamiento de desmenuzado y en comparación con una pastura sin desmenuzar, a lo largo de un año.

Cuadro 32. Comportamiento de la proporción de las hojas, tallos y material senescente (%) en pasturas de kikuyo desmenuzadas o no desmenuzadas, en tres épocas del año; en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

		2004		2005				Promedio de tratamiento	
		Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
		X	±	X	±	X	±	X	±
Hojas	No desmenuzado	32 ^b	8	26 ^{ab}	8	27 ^{ab}	6	28 ^f	8
	Desmenuzado	50 ^c	14	25 ^{ab}	5	21 ^a	6	32 ^f	16
	Promedio de la época	41 ^e	14	25 ^d	5	24 ^d	8	32	13
Tallos	No desmenuzado	34 ^h	4	35 ^h	6	36 ^h	2	35 ^l	5
	Desmenuzado	26 ^g	8	33 ^h	4	36 ^h	2	32 ^k	7
	Promedio de la época	30 ⁱ	7	34 ^j	5	36 ^j	2	33	6
Material senescente	No desmenuzado	34 ⁿ	7	38 ^{no}	3	38 ^{no}	10	37 ^r	7
	Desmenuzado	24 ^m	8	42 ^o	5	43 ^o	7	36 ^r	11
	Promedio de la época	29 ^p	9	40 ^q	4	41 ^q	9	35	9

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por tratamiento indican diferencia significativa (p≤0,05)

x = media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 22, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005= 10

En el cuadro anterior se puede apreciar el aumento significativo en el porcentaje de hojas en la pastura perteneciente a los potreros desmenuzados en la época lluviosa del 2004: 36% más que en los no desmenuzados, este fenómeno se debe a que cuando la pastura es “podada”, las yemas laterales se ven estimuladas a brotar ante la ausencia de auxina producida por las puntas de crecimiento y en el momento de la recolección de las muestras, ésta era la situación de los potreros. Taiz y Zeiger (1991) explican que los meristemas apicales de hojas jóvenes y en desarrollo poseen niveles altos de auxina (hormona que impide el brote de yemas laterales), mientras que las yemas laterales no. Los niveles elevados de auxina en las regiones apicales de los tallos atraen nutrientes y hormonas vegetales relacionadas con la división celular como las citoquininas (que al encontrarse en combinación con las auxinas no pueden estimular el crecimiento de yemas laterales), provenientes del meristema basal. De manera que la remoción del meristema apical puede aumentar los niveles de citoquininas, nutrimentos o ambos en las yemas laterales, estimulando entonces su crecimiento. Salisbury y Ross (1991) indican que en pastos, el meristema basal puede mantenerse potencialmente activo por largos períodos, aún luego de la madurez de las hojas y que puede ser estimulado por la defoliación como por ejemplo la realizada por un animal o una cortadora de pasto.

Durante la época lluviosa del año 2004, en los potreros desmenuzados se presentó un 23% menos en el porcentaje de tallos, y el material senescente y muerto disminuyó 29% con respecto a pasturas no desmenuzadas. Esto puede deberse a que al desmenuzar se eliminaron todas las estructuras de la pastura, por lo que al rebrotar la mayoría de las estructuras producidas eran hojas y tallos muy delgados. Algo que llama la atención es que ya en el primer mes de muestreo (Figura 17) se presenta una proporción de tallos y material senescente/ muerto, lo que puede indicar que la pastura tuvo suficiente tiempo para producir biomasa y para translocar los nutrimentos de las hojas senescentes hacia los tallos y estolones que son órganos de reserva, los cuales le servirán a la pastura para rebrotar luego del pastoreo. Esto puede ser un

indicador de que el lapso transcurrido desde que se efectuó el tratamiento y el primer pastoreo fue adecuado.

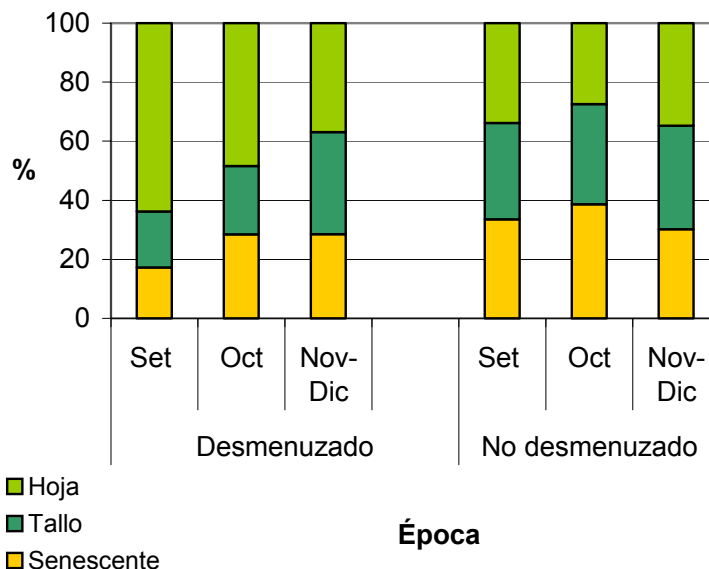


Figura 17. Proporción de hojas, tallos/ estolones (Tallo) y material senescente/ muerto (Senescente), durante los primeros tres meses de muestreo en pasturas de kikuyo desmenuzadas y sin desmenuzar, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

En la época semiseca del año 2005, la proporción de hojas en pasturas tratadas es menor que en la época anterior y similar a la pastura no desmenuzada en esa misma época; lo que sugiere que ya el efecto del desmenuzado se ha perdido. La proporción de tallos en pasturas desmenuzadas también llega a ser similar a la de las pasturas no desmenuzadas, sin embargo el material senescente aumenta con respecto a las pasturas no tratadas, esto puede deberse a que el aumento en la producción de hojas en las pasturas desmenuzadas, durante la época lluviosa de 2004 no fue aprovechada de la mejor manera, por lo que esas hojas verdes producidas murieron aumentando la proporción “senescente/ muerto”, efecto que se mantiene y se presenta también en la época lluviosa de 2005; en la que además la proporción de hojas en potreros desmenuzados es menor con respecto a pasturas no desmenuzadas, en ese año. Fulkerson y Slack (1993) advierten que asociado a altas tasas de crecimiento, se presenta una rápida formación de material senescente que conlleva a la producción de material

muerto. Herrero *et al.* (sf), sugieren que a altos niveles de fertilizante nitrogenado, aumenta la senescencia de las hojas debido al desarrollo acelerado del dosel, reduciéndose la intercepción de luz en las hojas inferiores, que pudo haberse presentado en el presente estudio, producto de la poda y de la fertilización realizada durante la época lluviosa de 2004 (Cuadro 27). Además el autor indica que el efecto final de esto es un aumento de estolones en relación con los rendimientos de las hojas, una reducción en el valor nutricional y tanto una subutilización de la pastura como una reducción en el rendimiento de los animales.

KAG (2002a) indica que en Nueva Zelanda (Anexo Figura A2), a principios del verano, el crecimiento del kikuyo es principalmente de hojas, en una relación de 70% hojas, 30% tallos y estolones, lo que casi se logra durante la época lluviosa de 2004 en potreros desmenuzados (66% de hojas y 33% de tallos/ estolones; en relación al material verde seco), ya que en el mes de setiembre de esta misma época (Figura 17) sí se logra un 77% de hojas, en el mes siguiente un 68% de hojas y al último mes de la época es de 52% de hojas y el resto corresponde a tallos/ estolones. Agrega el autor, que al avanzar el verano la producción de MS es de 50% hojas y 50% tallos estolones; en el presente estudio la condición de los potreros no desmenuzados en todas las épocas y los desmenuzados durante la época semiseca de 2005 se aproxima a lo descrito por el autor para finales del verano (44% hojas y 56% de tallos/ estolones). KAG (2002a) indica que a finales del otoño (mayo), en Nueva Zelanda se puede desarrollar rápidamente un colchón compuesto de 75 % tallos/ estolones y sólo 25% de hojas, situación que no llega a presentarse en el presente estudio, sin embargo en los potreros desmenuzados durante la época lluviosa de 2005 la proporción fue de 63% tallos/ estolones y 37% hojas, mientras que en el resto del área no desmenuzada durante el 2005, la relación hoja: tallo se presentó como 42:58, aproximadamente.

Un aumento en la enlongación de los tallos es a menudo una ventaja para las plantas que compiten por la luz (Salisbury y Ross 1991), por lo que al

desmenuzar e ingresar mayor cantidad de luz en el dosel de la pastura, se estimula menos a la planta para que alargue sus tallos.

A partir de los datos obtenidos se puede deducir que el efecto benéfico en cuanto a estructura de la pastura del desmenuzado, sólo se presenta durante el primer cuatrimestre posterior a efectuado el tratamiento, luego se pierde el efecto, igualándose en lo que a estructura corresponde a los potreros no desmenuzados. Si a los potreros desmenuzados no se les da un manejo adecuado, como se mencionó en la Sección 3.2.1.1., el efecto beneficioso del tratamiento se pierde.

Salisbury y Ross (1991) recomiendan cultivares que produzcan una extensa cobertura de hojas, debido a que interceptan mayor cantidad de luz que los que producen a etapas más tempranas más tallos o raíces; esto debido a que las tasas de producción aumentan con el índice de área foliar dada la intercepción de luz total. Sin embargo, a índices de área foliar muy grandes, no se obtienen mayores incrementos de hojas y se pueden presentar disminuciones (con base en el área del suelo), e indican que esto probablemente producto de las pérdidas de CO₂ producto de la respiración a partir de hojas y tallos muy ensombrecidos. Efecto que pudo haberse presentado durante la época lluviosa de 2005. Aunque la mayoría de los autores (Salisbury y Ross 1991, Taiz y Zeiger 1991, Raven, Evert y Eichhorn 1986 y Montiel 1998) indican que en las plantas C₄ la respiración es mínima o inexistente, Salisbury y Ross (1991) indican que la fotorespiración es detectable en las plantas C₄ en las células de la vaina (en las que se efectúa el ciclo de Calvin, Anexo Cuadro A1).

Al comparar los promedios de las épocas se denota que el efecto que se observa se debe al aumento de hojas en la época lluviosa de 2004 de la pastura desmenuzada, y probablemente también por efecto de la fertilización recibida en esta época. Al comparar sólo tratamientos, se encuentra que el desmenuzado presentó una disminución significativa en la proporción de tallos. Davison *et al.* (1981) y a Ehlich *et al.* (1996) citados por Cowan y Lowe (1998),

observaron que la disponibilidad de tallos en la pastura se redujo de manera substancial cuando se efectuaron las prácticas de remoción de residuos mediante corta o desmenuzado, efecto que es respaldado por Herrero *et al.* (sf) al decir que, con esta práctica se reduce la proporción de estolones que poseen menor valor nutritivo y que maduran más rápido.

Al entrar en la etapa de senescencia, las hojas translocan nutrimentos a los tallos, con esto se pierde material en la pastura que en otrora fuera de buena calidad para ser consumida por los animales en pastoreo y ahora es una estructura con valor nutricional muy bajo. Herrero *et al.* (2000b) advierten la importancia de los efectos del material senescente en las pasturas, ya que un aumento en la eficiencia del uso del fertilizante nitrogenado a través del manejo del pastoreo puede conllevar a una reducción en las aplicaciones de nitrógeno, al aprovecharse de mejor manera las hojas producidas. Otro efecto adverso del material senescente, como lo indica Marais (2001) es la alelopatía, producto de los compuestos flavonoides que evitan el crecimiento de tréboles.

Fulkerson *et al.* (1997) y Herrero *et al.* (sf) denotan que en la mayoría de los sistemas pastoriles hay una cantidad masiva de “basura” conformada por el material senescente y muerto en la pastura y que las decisiones de manejo como la intensidad del pastoreo, o la frecuencia de rotación y su interacción con la fertilización nitrogenada pueden mejorar la productividad de la pastura dramáticamente, ya que juegan un papel muy importante en la determinación de la estructura de la misma. Con esto se refuerza la recomendación de aumentar la carga o bien pastorear de manera más intensa para evitar la acumulación del “colchón vegetal” y así apoyar lo indicado por Andrewes y Jagger (1999). Davison *et al.* (1981), Cowan y Queensland (1994, sin publicar), citados por Cowan y Lowe (1998) enfatizan que posterior a un tratamiento de desmenuzado o corta de residuos, la calidad de las hojas de la pastura se ve mejorada al realizar rotaciones intensivas de pastoreo.

Según Herrero *et al.* (2000a); Andrewes (2002); Fulkerson y Slack (1993), Reeves (1997) y Reeves *et al.* (1996), el pasto kikuyo no se puede

valorar sólo con base en los kg de MS ha⁻¹ producidos, es por esto que en el Cuadro 33 se muestra la producción de hojas durante tres épocas, a partir de pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas.

Cuadro 33. Producción de hojas (kg ha⁻¹) de kikuyo en pasturas desmenuzadas y no desmenuzadas, durante tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	2650 ^b	757	2810 ^b	752	2024 ^a	766	2495	795
Desmenuzado	2602 ^b	521	2658 ^b	698	1945 ^a	655	2401	661
Promedio de la época	2626 ^d	640	2734 ^d	711	1984 ^c	693	2496	728

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p<0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p<0,05)

x = media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 24, n Semiseca 2005 = 18 y n Lluviosa 2005= 20

El Cuadro 33 muestra cómo el efecto del desmenuzado durante la época lluviosa de 2004 no provoca diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la producción de hojas por hectárea con respecto a áreas no tratadas. Denota además, que la producción de hojas durante la época semiseca es mayor a la producida durante la época lluviosa de 2004 y que durante la época lluviosa de 2005 es cuando se produce la menor cantidad de hojas por unidad de área, en promedio 24% menos con respecto a la época lluviosa anterior. Este efecto es probable que se deba a la fertilización aplicada durante la época lluviosa de 2004 que favoreció el rebrote de hojas posterior al desmenuzado, lo que hace resaltar la importancia de que la práctica de la fertilización acompañe una práctica de remoción de residuos, como el desmenuzado; para que la pastura no se degrade. Además, denota que la producción de hojas en la pastura desmenuzada, al ser fertilizada no se ve afectada por el efecto de la época lluviosa (por disminución de la radiación solar y la alta pluviosidad). Sin embargo, debe de reconsiderarse la técnica de fertilización para los otros minerales durante esta época, debido a la disminución de la fertilidad en el suelo por la extracción de nutrimentos durante la época semiseca (Mn y Fe) o

bien a la fijación (P) de éstos (Cuadro 30), ya que el Ca y el Mg fueron aplicados en el mes de junio de 2005.

Los valores de kg de hojas ha^{-1} presentados en el Cuadro 33 son más próximos a los reportados en la literatura, en el Cuadro 5. Al realizar un análisis de correlación de esta variable (kg MS de hojas) con respecto a la disponibilidad de MS total, se encuentra que es significativa ($p \leq 0,05$) y con un coeficiente de 0,57.

3.2.1.3. Análisis de la composición botánica de la pastura

En el Anexo, Cuadro A3 se muestran los resultados del análisis del índice de diversidad Shanon Winner para la composición botánica de la pastura de kikuyo, el cual muestra que no es significativo el cambio entre los componentes de la pastura, provocado por el tratamiento. En el Cuadro 34 se muestra el resultado de la prueba de Duncan para analizar la variabilidad entre los componentes de la pastura de kikuyo al comparar entre tratamiento, época y su interacción, durante un año.

El tratamiento no presentó efecto positivo, pero tampoco negativo en la proporción de kikuyo en la pastura en estudio y en promedio se presentó un 81% de este pasto en el año de muestreo. En cuanto a la proporción de la pastura representada por kikuyo no hay diferencia significativa producto de las épocas lluviosa de 2004 y semiseca de 2005. Sin embargo, durante la época lluviosa de 2005 se presentó un aumento significativo del pasto en estudio, tanto en potreros desmenuzados como no desmenuzados, sin embargo este aumento puede ser aparente, debido a que los demás componentes botánicos disminuyeron durante esta época, presentándose un efecto de dilución. Van der Grinten *et al.* (1992) reportan encontrar en potreros de kikuyo en la región de Poás entre 39 y 99% de kikuyo en los potreros de cuatro fincas en estudio.

Cuadro 34. Composición botánica de la pastura en potreros desmenuzados y no desmenuzados, en San José de la Montaña, Barva, Heredia

		2004	2005		Promedio del tratamiento
		Lluviosa	Semiseca	Lluviosa	
% Kikuyo	No Desmenuzado	77,42 ^{ab}	82,24 ^{bc}	86,51 ^c	82,06
	Desmenuzado	80,63 ^{abc}	73,85 ^a	84,96 ^{bc}	79,81
	Promedio de la época	79,03 ^d	78,05 ^d	85,74 ^e	80,89± 10,27
% Otra Gramínea	No Desmenuzado	14,14 ^{fg}	10,81 ^f	8,26 ^f	11,07 ^j
	Desmenuzado	15,00 ^{fg}	19,78 ^g	11,27 ^f	15,35 ^k
	Promedio de la época	14,57 ^{hi}	15,30 ⁱ	9,77 ^h	13,18± 9,72
% Trébol	No Desmenuzado	1,57 ^l	2,48 ^{lm}	1,69 ^l	1,91
	Desmenuzado	3,01 ^{lm}	3,92 ^m	1,03 ^l	2,66
	Promedio de la época	2,29 ^{no}	3,20 ^o	1,36 ⁿ	2,29± 2,43
% Maleza	No Desmenuzado	0,77 ^q	0,51 ^{pq}	0,43 ^{pq}	0,57 ^s
	Desmenuzado	0,40 ^{pq}	0,14 ^p	0,25 ^{pq}	0,26 ^r
	Promedio de la época	0,59	0,32	0,34	0,42± 0,72
% Senescente	No Desmenuzado	6,09 ^v	3,96 ^u	3,11 ^u	4,39 ^x
	Desmenuzado	0,96 ^t	2,31 ^{tu}	2,49 ^{tu}	1,92 ^w
	Promedio de la época	3,53	3,14	2,80	3,21± 2,80

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por tratamiento indican diferencia significativa (p≤0,05)

x = media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 24, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005= 22

En promedio se presenta un 13% de otras gramíneas en las pasturas en estudio. La distribución de las otras gramíneas estadísticamente no es afectada por la época ni por el tratamiento, sin embargo se denota un valor máximo (20%) en potreros desmenuzados durante la época semiseca del 2005 y mínimo (8%) durante la época lluviosa del 2005 en potreros no desmenuzados. Entre las gramíneas diferentes al kikuyo encontradas en las pasturas están : *Anthoxatum odoratum*, *Chaentium bromoides*, *Digitaria sp.* y *Holcus lanatus* (Anexo Figura A7.), la última es una de las gramíneas que se observa en mayor proporción en los potreros de kikuyo en la finca analizada, por lo que en el Anexo, Cuadro A4 se presenta su análisis bromatológico. Van der Grinten *et al.* (1992) reportan entre 0 y hasta 50% de pasturas “nativas” presentes en

potreros de kikuyo, de las cuales citan especies como *Axonopus compressus*, *Paspalum notatum*, *Sporobolus poirettii*, *Holcus lanatus*, *Anthoxatum odoratum* y *Melinis minutiflora*; en la región de Poás, en cuatro fincas analizadas.

El trébol que se encontró en los potreros fue trébol blanco, *Trifolium repens* (cuyo análisis se presenta en el Anexo, Cuadro A5), en promedio se presenta en las pasturas un 2,29% del mencionado trébol. La producción de trébol disminuye en la época lluviosa en áreas no desmenuzadas en el 2004 y en el 2005 (1,60%) y en la época semiseca de 2005, en potreros desmenuzados es donde se presentó el mayor contenido de trébol (4,03%). Van der Grinten *et al.* reportan mayor proporción (11%) de trébol blanco en las fincas analizadas en Poás, en comparación al presente estudio y citan a Skerman y Riveros (1989) que indican que aún un 11% de trébol en las pasturas es muy bajo para influenciar de manera efectiva la producción del forraje.

Herrero *et al.* (sf), cita a Mears (1970) y a Fulkerson *et al.* (1993), quienes justifican la baja proporción de tréboles en pasturas de kikuyo, en regiones tropicales de altura, al formarse el denso colchón de estolones que inhiben la penetración de luz que impide el establecimiento adecuado de leguminosas y describen que esto es a causa de que las cargas animales no son ajustadas de la mejor manera para contrarrestar este efecto. En Nueva Zelanda, según KAG (2002a), el mejor indicador de un buen manejo del kikuyo en verano y en otoño (época en que el buen manejo es clave) es la presencia de un crecimiento fuerte de trébol en estos potreros y lo peor es un colchón esponjoso de estolones de kikuyo, sin otras especies presentes en la base oscura de la pastura de kikuyo.

En promedio, durante el año se presenta un 0.44% de malezas (arvenses), en las pasturas de kikuyo y aunque no se presentó diferencia significativa en cuanto a la presencia de malezas según la época, ni el tratamiento, al comparar las pasturas desmenuzadas con las pasturas no desmenuzadas, se puede apreciar una diferencia de entre 15 y 33% menos de malezas en las pasturas desmenuzadas en comparación con las que no se

trataron. Entre las malezas encontradas están: *Pteridium aquilinum*, *Erynquium carlinae*, *Cyperus kyllinga*, *Rumex sp.* *Ranunculus sp.*, y *Poligonium sp.* (Anexo, Figura A8). Van der Grinten *et al.* (1992) reportan encontrar un promedio de 16% de malezas en pasturas de kikuyo en cuatro fincas de la región de Poás, entre las que citan a *Rumex crispus*, *Polygonium punctatum* y *Hydrocotile sp.*.

Para el material senescente sí se presenta diferencia significativa producida por el tratamiento; presentándose la mayor cantidad en donde no se desmenuzó en la época lluviosa del año 2004 (6%), mientras que el área que mostró de manera significativa menor proporción de material senescente fue la desmenuzada en la época lluviosa de 2004, cuando recientemente se había aplicado el tratamiento. Durante los meses siguientes los potreros tratados también mostraron una cantidad de material senescente menor, pero sin que el efecto del tratamiento fuera significativo. Van der Grinten *et al.*(1992), para pasturas de kikuyo de cuatro fincas de la región de Poás reportan encontrar 11% de material senescente.

3.2.2. Calidad nutricional de la pastura desmenuzada y no desmenuzada, en muestras recolectadas simulando pastoreo

3.2.2.1. Materia seca (MS)

En el Cuadro 35 se presenta el comportamiento del contenido de MS del pasto kikuyo en tres épocas del año.

Cuadro 35. Contenido de materia seca (% MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	17,33 ^a	2,57	24,67 ^b	3,90	18,57 ^a	1,86	20,19	4,19
Desmenuzado	16,98 ^a	2,68	24,87 ^b	3,44	19,13 ^a	2,05	20,33	4,24
Promedio de la época	17,16 ^c	2,57	24,77 ^e	3,58	18,85 ^d	1,93	20,06	4,18

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 24, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005= 20

En el Cuadro 35 se aprecia que el mayor contenido de MS se presenta durante la época semiseca del año 2005 y que no hay efecto significativo del tratamiento. Mora (1988), Vargas (1981), Quesada(1986) y Sosa (1981) también encuentran, para la época semiseca, valores mayores en el contenido de MS, en Coronado (31, 23, 25 y 21%, respectivamente), en contraste con valores reportados por Vargas (1981), Quesada (1986) y Castillo (1981) (12, 20 y 11%, respectivamente) para la época lluviosa en la misma zona. Sánchez y Soto (1996) también encuentran niveles mayores en el contenido de MS en el pasto kikuyo durante la época semiseca (17,1% MS) en comparación con la época lluviosa (14,5% MS), a partir de muestras tomadas en Quesada, San Carlos. Estos resultados son el producto de las características ambientales adecuadas (como se discutió en la Sección 3.2.1.1.) para el crecimiento y la concentración de nutrimentos en el pasto. Sólo cuando la radiación provoca que la fotosíntesis supere a la respiración se pueden presentar aumentos en el peso seco (Salisbury y Ross 1991), caso que se debe presentar en mayor medida durante la época semiseca en comparación a la época lluviosa.

Al comparar el contenido de MS en las dos épocas lluviosas analizadas, se presentó mayor nivel de MS en el 2005 que en el 2004, Sosa (1981) indica que un mayor crecimiento del forraje se asocia con una mayor succulencia del forraje y por ende una disminución en el contenido de MS y esto se ve reflejado al disminuir el porcentaje de MS en los potreros desmenuzados en el 2004, en los que se presentó un crecimiento activo del pasto, en comparación a las otras áreas sin desmenuzar y desmenuzadas del año 2005. Como se puede ver en el Cuadro 27, la mayoría de la fertilización nitrogenada se aplicó durante la época lluviosa de 2004, por lo que el crecimiento del pasto se vio favorecido por este tipo de manejo, como lo indica Herrero *et al.* (sf). En cuanto a las condiciones ambientales, durante la época lluviosa, al combinarse mayor pluviosidad y menor radiación solar, los pastos tienden a elongar sus estructuras en busca de luz Salisbury y Ross (1991), y a fotosintetizar menos, ya que, como lo explican (Salisbury y Ross 1991) la luz a menudo limita la fotosíntesis al disminuir las tasas de fijación de CO₂, aún cuando las plantas son expuestas brevemente a sombras provocadas por nubes.

Al comparar los valores de MS obtenidos durante el presente análisis con los reportados en la literatura (12,8-35,7 %), se constata que son datos normales para pasturas de kikuyo.

3.2.2.2. Digestibilidad “in vitro” de la MS (DIVMS)

En el Cuadro 36 se describe el comportamiento de la DIVMS del pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado, en tres épocas del año.

Cuadro 36. Digestibilidad *in vitro* (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en San José de la Montaña, Barva, Heredia

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	61,84 ^{ab}	14,26	68,19 ^{ab}	5,97	61,06 ^a	14,25	63,69	12,30
Desmenuzado	65,37 ^{ab}	7,72	71,31 ^b	3,23	65,26 ^{ab}	7,86	67,31	7,01
Promedio de la época	63,60 ^c	11,51	69,75 ^d	4,94	63,16 ^c	11,40	65,43	10,15

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 24, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005 = 20

En cuanto a la DIVMS presentada en el pasto kikuyo durante la etapa de muestreo, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre áreas desmenuzadas y no desmenuzadas. Se debe resaltar que numéricamente sí se presentó mejor digestibilidad para las pasturas desmenuzadas vs. las no desmenuzadas (en promedio 3,6 unidades porcentuales). Davison *et al.* (1981), y Cowan y Lowe, (1998), indican que al combinar una rotación intensiva y la remoción de residuos posterior al pastoreo, puede aumentar la digestibilidad de las hojas en 4 unidades porcentuales, al aumentar el porcentaje de hojas en la pastura y por reducirse el nivel de fibra en las hojas. En la sección 3.2.1.2. se constató que el efecto del desmenuzado se había perdido en relación con la estructura de la misma, sin embargo al ser las muestras para análisis de

DIVMS, tomadas simulando pastoreo (se recolectan principalmente las hojas) al parecer sí mantienen el efecto benéfico del desmenuzado.

Al comparar los datos obtenidos durante el presente análisis con la literatura (50-83,4% DIVMS), se constata que son valores típicos para pasturas de kikuyo.

3.2.2.3. Proteína cruda y su fraccionamiento

En el Cuadro 37 se expone el contenido proteico en el pasto kikuyo, mientras que su fraccionamiento (soluble, insoluble aprovechable e insoluble no aprovechable de la proteína), al no mostrar diferencias significativas debido al efecto época se discuten únicamente.

Cuadro 37. Comportamiento del contenido de la proteína cruda (PC, % de la MS) durante la época experimental en pasturas de kikuyo en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	X	±	X	±	X	±	±	
No desmenuzado	23,06 ^b	1,79	21,31 ^a	1,94	23,49 ^b	1,78	22,62	1,97
Desmenuzado	22,86 ^b	1,17	20,63 ^a	2,38	22,80 ^b	1,25	22,10	1,89
Promedio de la época	22,96 ^d	1,48	20,97 ^c	2,14	23,15 ^d	1,56	22,38	1,93

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 24, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005 = 20

Al analizar la proteína se encuentra una disminución significativa en el contenido de este nutrimento durante la época semiseca, en comparación con las épocas lluviosas de 2004 y 2005, Molina (2006) indica que un déficit hídrico de al menos 15 días puede causar disminución en la absorción de nitrógeno por parte de la planta. Vargas (1981) y Quesada (1986) también reportan valores menores de proteína cruda para la época correspondiente a la semiseca (13,37 y 13,06% de la MS, respectivamente) en comparación con valores encontrados en la época lluviosa entre 17,35 y 16,02% de la MS, para las épocas

correspondientes a principios de la época lluviosa y lluviosa establecida, reportados por Vargas (1981) y de 15,09 por Quesada (1986), ambos en Coronado. Sosa (1981) reporta que una disminución en el porcentaje de proteína cruda acompaña el aumento en la tasa de crecimiento en el kikuyo e indica que es posible que sea debido al efecto de dilución. Sin embargo, Sánchez y Soto (1996), no encuentran diferencias en el contenido de PC en pasto kikuyo entre las épocas semiseca y lluviosa (17,4 % de la MS) en Quesada, San Carlos.

Al comparar los valores de PC con el rango reportado en la literatura (8,5-29,9 % PC) se verifica que los valores obtenidos se encuentran dentro de los niveles que puede adoptar el pasto kikuyo. Con respecto al requerimiento del ganado lechero se aprecia que el contenido de PC excede los requerimientos dietéticos (Cuadro 8).

En el Cuadro 38 se muestran los valores estimados de los kg de PC ha⁻¹ en hojas de pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año.

Cuadro 38. Producción de PC (kg ha⁻¹) en hojas de kikuyo en pasturas desmenuzadas y no desmenuzadas en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	606 ^c	168	598 ^{bc}	167	468 ^{ab}	159	557	170
Desmenuzado	595 ^{bc}	124	555 ^{abc}	179	450 ^a	143	533	153
Promedio de la época	601 ^e	144	577 ^e	170	459 ^d	147	557	161

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p≤0,05)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 24, n Semiseca 2005 = 24 y n Lluviosa 2005= 24

Del Cuadro 38 se concluye que en realidad los kg de PC en la pastura no disminuyen durante la época semiseca y que no se trata de un efecto de época, dadas las diferencias estadísticamente significativas entre una época lluviosa y otra, lo que más bien hace pensar que el efecto que se aprecia es debido a la

fertilización que recibieron las pasturas durante la época lluviosa del 2004(Cuadro 27), que favorece la producción de hojas (Cuadro 33)

En cuanto al fraccionamiento de la proteína (% de la PC), no se encontraron diferencias significativas debidas a época, tratamiento o su interacción en los valores promedios de proteína soluble, proteína insoluble aprovechable y proteína insoluble no aprovechable, cuyos promedios respectivamente fueron 38,96 ($\pm 6,02$, n= 24), 53,69 ($\pm 4,92$,n= 24) y 7,59 ($\pm 1,74$, n= 24)% de la PC; que al compararlos con los rangos reportados en la literatura (7-42, 41-44 y 24 % de la PC respectivamente), se revela que el valor de la fracción soluble se encuentra dentro del rango esperado, que la fracción insoluble aprovechable es mayor que el rango esperado (9,69 unidades porcentuales más) y que la fracción insoluble no aprovechable es bastante menor (16,41 unidades porcentuales menos) con respecto a los valores reportados. Con respecto a los requerimientos presentados en el Cuadro 8 , se concluye que la fracción insoluble aprovechable se encuentra levemente por encima de lo requerido, mientras que el pasto kikuyo, en cuanto a la fracción soluble presenta un déficit. Por lo que se puede decir que este pasto es de buena calidad proteica, aunque justifica la suplementación con proteína de sobrepaso, a niveles de producción de leche superiores a 18 kg por vaca por día (Sánchez 2006).

3.2.2.3. Carbohidratos

3.2.2.3.1. Carbohidratos estructurales

3.2.2.3.1.1. Fibra detergente neutro (FDN)

En el Cuadro 39 se presenta el resultado del análisis de FDN realizado al pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado y su comportamiento en tres épocas del año.

Cuadro 39. Contenido de fibra detergente neutra (FDN, % de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		x	±
	x	±	x	±	x	±		
No desmenuzado	58	3,26	59	3,08	58	4,85	58	3,48
Desmenuzado	57	1,30	59	2,70	57	2,97	58	2,36
Promedio de la época	57	2,22	59	2,71	57	3,73	58	2,94

x = media de las observaciones; ±= desviación estándar
n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

En cuanto al contenido de fibra detergente neutro presente durante la fase de muestreo, estadísticamente no se encontraron diferencias por efecto del tratamiento ni de la época y esto puede deberse a la pluviosidad que se presentó durante la época semiseca, que no forzó a la planta a producir de manera significativa estructuras (hemicelulosa, celulosa y lignina como un todo) para protegerse de la desecación. En Quesada, San Carlos; Sánchez y Soto (1998) encuentran una diferencia significativa entre las dos épocas de 3,7 unidades porcentuales (64,6% de la MS para la época semiseca y 68,3 % de la MS para la lluviosa), sin embargo estos valores son bastante elevados con respecto a los obtenidos en el presente análisis. Sosa (1981) y Castillo (1981) encontraron una diferencia mayor con respecto a Sánchez y Soto (1998), de 14,23% en la FDN entre las épocas semiseca (69,65 % de la MS) y lluviosa (55,42 % de la MS) en Coronado, respectivamente. Los datos reportados en el presente estudio se encuentran dentro del rango reportado en la literatura (42,3-84,0 % de la MS) y al compararlos con los requerimientos presentados en el Cuadro 10 se muestra que el pasto kikuyo es una fuente importante de fibra para el ganado bovino.

Se debe resaltar que en el área desmenuzada, en la época lluviosa de 2004, se presentó numéricamente el valor más bajo en comparación con el resto, y esto puede deberse a la obtención de hojas más tiernas, luego del desmenuzado como se discutió en la Sección 3.2.1.2.

3.2.2.3.1.2. Hemicelulosa

En el Cuadro 40 se presenta el nivel de hemicelulosa estimado para el pasto kikuyo según el tratamiento y la época en que fue muestreado.

Cuadro 40. Contenido de hemicelulosa (% de la MS) en pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado en San José de la Montaña, Barva, Heredia; a lo largo de un año.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	30	2,30	29	3,24	31	3,53	30	2,87
Desmenuzado	28	1,57	28	2,16	30	2,81	29	2,33
Promedio de la época	29	2,02	29	2,58	31	2,95	29	2,59

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar
n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

En cuanto al contenido de hemicelulosa no se encontró diferencia significativa producto del tratamiento ni de la época, numéricamente se presenta mayor contenido en potreros no desmenuzados y durante la época lluviosa de 2005. Sánchez y Soto (1998) reportan diferencias significativas ($p < 0,05$) en valores de hemicelulosa en kikuyo entre 30,3% y 33,8% (época semiseca y época lluviosa respectivamente en Quesada, San Carlos), con un promedio de 32,7% de la MS.

3.2.2.3.1.2. Fibra detergente ácida (FDA)

En el Cuadro 41 se muestra el contenido de FDA presente en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado durante un año.

Cuadro 41. Contenido de fibra detergente ácida (FDA % de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas en San José de la Montaña, Barva, Heredia; en tres épocas del año.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	29 ^{ab}	2,20	31 ^b	1,35	28 ^a	2,42	29	2,25
Desmenuzado	29 ^{ab}	1,82	31 ^b	0,81	27 ^a	1,13	29	1,99
Promedio de la época	29 ^c	1,87	31 ^d	1,03	27 ^c	1,79	29	2,08

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

Se presenta de manera significativa mayor nivel de FDA en la época semiseca del año 2005 que en la época lluviosa del mismo año, mientras que no hay diferencia significativa entre la época lluviosa de 2004 y las épocas lluviosa y semiseca de 2005, ya que es un valor intermedio. El tratamiento no tiene efecto significativo sobre el la FDA. El que haya más FDA durante la época semiseca indica que aumentó el contenido de celulosa y/ o lignina en el kikuyo durante esta época. Por otra parte, Sánchez y Soto (1998) en Quesada, San Carlos, no encuentran diferencia significativa en el valor de FDA entre las épocas semiseca y lluviosa (con un valor promedio de 34,4 % de la MS), que es mayor a los valores reportados en el presente análisis, los cuales se encuentran dentro del rango reportado en la literatura (20,2-42,0 FDA como % de la MS) y al compararlo con el requerimiento recomendado se encuentra que el pasto kikuyo analizado en el presente estudio, en promedio, lo sobrepasa en 7,9 unidades porcentuales.

3.2.2.3.1.3. Celulosa

En el Cuadro 42 se expone el contenido de celulosa estimado para el pasto kikuyo según el tratamiento y la época del año.

Cuadro 42. Contenido de celulosa (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas en tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	25,15 ^{ab}	2,23	24,84 ^{ab}	1,06	23,62 ^{ab}	2,63	25,54	1,92
Desmenuzado	25,43 ^b	1,59	25,41 ^b	1,04	22,63 ^a	1,23	24,49	1,82
Promedio de la época	25,29 ^d	1,80	25,13 ^d	1,02	23,12 ^c	1,82	24,51	1,83

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

En cuanto a la celulosa presente en las pasturas de kikuyo no hay diferencia significativa producto del tratamiento. Al parecer el efecto de la

fertilización provoca mayor contenido de esta fracción de la fibra durante la época lluviosa del año 2004 y la época semiseca de 2005 que durante las época lluviosa de 2005, mientras que la época en sí, no pareciera provocar el efecto observado. Sánchez y Soto (1998) reportan valores de celulosa, entre 27,9 y 29,5% (época semiseca y época lluviosa respectivamente), no encontrando diferencias significativas ($P < 0,05$) entre una época y otra; con un promedio para la época de 29% de la MS; en Quesada, San Carlos.

3.2.2.3.1.4. Lignina

Aunque la lignina no sea un carbohidrato se presenta su resultado en esta sección, dado que es parte de la FDA. En el Cuadro 43 se muestra el contenido de lignina en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas y su comportamiento a lo largo del año.

Cuadro 43. Contenido de lignina (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas en tres épocas del año; en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	2,24 ^a	0,05	3,26 ^b	1,07	2,56 ^{ab}	0,06	2,69	0,55
Desmenuzado	2,28 ^a	0,21	2,88 ^{ab}	0,36	2,80 ^{ab}	0,9	2,65	0,72
Promedio de la época	2,26 ^c	0,14	3,07 ^d	0,77	2,68 ^{cd}	0,55	2,67	0,63

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

Se destaca del cuadro anterior que se presentó una cantidad menor de lignina en la época lluviosa de 2004 en comparación con la época lluviosa de 2005, y en la época semiseca de 2005 se presentó el mayor contenido (probablemente la lignina, es la responsable del aumento de la FDA durante esta época), precisamente en el área no desmenuzada.

Los valores de lignina reportados en el presente análisis se encuentran dentro del rango reportado en la literatura (2,4-8,8 % de la MS), sin embargo, al compararlos con los resultados presentados por Sánchez y Soto (1998), hay discrepancia ya que no encontraron diferencia significativa ($P < 0,05$) producida por efecto de la época en cuanto al contenido de lignina (3,66 % de la MS) en Quesada, San Carlos. Además de que el valor que presentan los autores es mayor a los reportados en el presente análisis.

3.2.2.3.2. Carbohidratos no fibrosos (CNF)

En el Cuadro 44 se muestra el contenido estimado de CNF en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, y su comportamiento a través de un año.

Cuadro 44. Contenido de carbohidratos no fibrosos (% de la MS) en pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado en tres épocas del año; en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio de tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	6,79 ^a	3,64	9,62 ^{ab}	3,07	8,60 ^{ab}	2,99	8,34	3,18
Desmenuzado	8,37 ^{ab}	2,01	11,49 ^b	1,98	9,14 ^{ab}	2,29	9,67	2,35
Promedio de época	7,58	2,85	10,56	2,59	8,87	2,48	9,00	2,82

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

El patrón de comportamiento de los CNF presentes en el kikuyo, estadísticamente no parecen ser afectados por la época ni por el tratamiento, aunque se presenta el nivel máximo durante la época semiseca del 2005, en potreros desmenuzados. Además, numéricamente se presentan niveles mayores en los potreros desmenuzados en las épocas lluviosas. En general es en la época semiseca cuando se presentan más carbohidratos no fibrosos en el kikuyo muestreado, lo que concuerda con los hallazgos de Sánchez y Soto (1996) al reportar contenidos de CNF de 9,86 y 6,81 % de la MS para las

épocas semiseca y lluviosa, respectivamente en el Distrito de Quesada, en San Carlos. De los valores analizados, el nivel más bajo de CNF se encuentra por debajo del rango reportado en la literatura (6,81-16,8 % de la MS), sin embargo el resto sí se ubica dentro de los valores esperados. Según Fulkerson, Blacklock y Nelson (1997) los carbohidratos no estructurales (como parte de los CNF) varían en el pasto kikuyo según la hora del día (Figura 7) y las muestras para este análisis fueron obtenidas antes del medio día, siendo esta probablemente la razón para obtener niveles bajos en esta fracción .

3.2.2.4. Contenido de ceniza y minerales

3.2.2.4.1. Ceniza

En el Cuadro 45 se muestran los resultados de los análisis de ceniza realizados al pasto kikuyo, desmenuzado y no desmenuzado.

Cuadro 45. Contenido de ceniza (% de la MS) del pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	9,15	1,05	9,00	0,42	9,01	0,59	9,05	0,67
Desmenuzado	9,22	0,17	9,17	0,87	9,00	0,34	9,13	0,51
Promedio de la época	9,18	0,69	9,09	0,64	9,00	0,45	9,09	0,58

x = media de las observaciones; ± =desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

En cuanto al contenido de ceniza no se obtuvo diferencia significativa por parte del tratamiento o de la época, aunque sí se puede observar que el mayor contenido de cenizas se presentó en la época lluviosa del año 2004 y más en potreros recién desmenuzados, luego en la época semiseca de 2005 también en potreros desmenuzados, le siguen los potreros no desmenuzados, en la época lluviosa de 2004. El mayor contenido de ceniza durante la época lluviosa de 2004 puede deberse a los nutrimentos aplicados al suelo en forma de fertilizante (Cuadro 27) y utilizados por la pastura de kikuyo. El que se presente mayor cantidad de ceniza en los potreros desmenuzados durante la época

semiseca puede deberse a que se mantiene el efecto de la fertilización en estas pasturas. Al comparar los resultados de los análisis presentados en el Cuadro 45 con los reportados en el Distrito de Quesada, en San Carlos por Sánchez y Soto (1996) (11,3 % de la MS), quienes tampoco encontraron diferencia significativa ($p < 0,05$) producto de la época, se observa que los datos obtenidos en el presente análisis son menores a los reportados por estos autores. Los valores menores de ceniza encontrados en los forrajes evaluados en esta investigación; con respecto a valores obtenidos en otros trabajos; contribuye a mejorar sus niveles de energía.

3.2.2.4.2. Calcio (Ca)

El nivel de calcio presente en el pasto kikuyo para las tres épocas analizadas se muestra en el Cuadro 46.

Cuadro 46. Contenido de Ca (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	0,37 ^{ab}	0,02	0,47 ^{bc}	0,06	0,32 ^a	0,14	0,39	0,10
Desmenuzado	0,40 ^{ab}	0,04	0,57 ^c	0,03	0,33 ^a	0,03	0,43	0,11
Promedio de la época	0,38 ^d	0,03	0,52 ^e	0,06	0,32 ^d	0,09	0,41	0,11

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

En cuanto al calcio, se presenta un aumento significativo en el contenido de este mineral en los tejidos del pasto kikuyo, durante la época semiseca del año 2005, Molina (2006) indica que al ser este un mineral “inmóvil” en la planta, su nivel aumenta al presentarse una disminución en la humedad. Vargas (1981) y Quesada (1986), ambos en Coronado también encuentran un aumento en el contenido foliar de calcio en esta época (0,29 vs. 0,25 y 0,19 vs. 0,10 para las época semiseca vs lluviosa, respectivamente); y Cabalceta y Rivera (2003), en cinco esquinas de Carrizal, Alajuela concuerdan con lo anterior, mientras que Sánchez (2001) reporta mayores valores de calcio durante la época lluviosa que

durante la época semiseca (0,42 vs 0,37 % de la MS, respectivamente), en San Carlos; y Sánchez *et al.* (1986) no reportan diferencia significativa ($p>0,05$) entre una época y otra en la región montañosa central (0,22% de la MS).

Se presentan valores mayores en la época lluviosa del año 2004 que en la época lluviosa de 2005, debido probablemente a la aplicación de fertilizante con Ca que se realizó durante ésta época. Con respecto al rango reportado en la literatura (0,09-0,85% Ca), los valores obtenidos en las tres épocas se encuentran dentro de él y con respecto al requerimiento de la vaca en pastoreo (0,89 % de la MS Cuadro 13), si se toma en cuenta la biodisponibilidad (30%, NRC 2001) de éste mineral en los pastos de clima templado, el contenido de Ca en el pasto kikuyo no llena las necesidades de este mineral para la producción. Mientras que Marais (1990) citado por Reeves (1997) estima que la solubilidad de este mineral en el pasto kikuyo es de tan solo el 5%, debido a la presencia de oxalatos en este pasto.

3.2.2.4.3. Fósforo (P)

En el Cuadro 47 se muestra el contenido de fósforo en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado.

Cuadro 47. Contenido de P (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	0,32 ^a	0,03	0,35 ^a	0,03	0,42 ^b	0,03	0,36	0,05
Desmenuzado	0,31 ^a	0,04	0,35 ^a	0,03	0,46 ^b	0,02	0,37	0,07
Promedio de la época	0,32 ^c	0,03	0,35 ^d	0,03	0,44 ^e	0,03	0,37	0,06

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p\leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p\leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

El contenido de P es significativamente mayor en la época lluviosa del año 2005 en comparación a la época semiseca de 2005 y la lluviosa de 2004. Cabalceta y Rivera (2003) reportan el mismo comportamiento para las épocas correspondientes en Carrizal, Alajuela. Vargas (1981) y Quesada (1986) en

Coronado, y Sánchez (2001) en San Carlos, también reportan valores mayores de fósforo en kikuyo durante la época lluviosa que en la época semiseca. Mientras que Sánchez et al. (1989) no reportan diferencia significativa entre una época y otra (0,21% de la MS) en la zona montañosa central de Costa Rica. Según Molina (2006) al ser el P un mineral “móvil”, aumenta su nivel en tejidos de las plantas durante la época lluviosa, lo que no se muestra de manera clara en los resultados obtenidos. De acuerdo con el rango reportado en la literatura (0,11-1,03% P), el kikuyo analizado presenta valores normales de fósforo, y según los requerimientos de la vaca lactante (0,34% de la MS, Cuadro 13) para éste mineral, aparentemente el pasto kikuyo satisface las necesidades; sin embargo, al tomar en cuenta la biodisponibilidad de este mineral en las pasturas C₃ según el NRC (2001), sólo el 64% del nivel de P analizado será utilizado por el animal en pastoreo, por lo que es necesaria su suplementación.

Miles et al.(1995), citado por Marais (2001) reportan una relación calcio: fósforo de 0,4-0,5:1 a mediados del verano en Sur África, lo que indica el autor que se encuentra por debajo de los límites críticos (1-2:1). En el presente estudio la relación Ca: P se presentó dentro del rango de 1,1:1

3.2.2.4.4. Magnesio (Mg)

En el Cuadro 48 se muestra el contenido de Mg en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas.

Cuadro 48. Contenido de Mg (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	0,21 ^a	0,02	0,35 ^{cd}	0,05	0,30 ^{bc}	0,04	0,29	0,07
Desmenuzado	0,25 ^{ab}	0,07	0,37 ^d	0,02	0,31 ^{bc}	0,02	0,31	0,07
Promedio de la época	0,23 ^e	0,05	0,36 ^g	0,04	0,31 ^f	0,03	0,30	0,07

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p<0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p<0,05)

x =media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

El Mg a nivel foliar presentó diferencia significativa ($p \leq 0,05$) en cada época, siendo mayor en la época semiseca del año 2005, luego en la época lluviosa de 2005 y por último en la época lluviosa de 2004, Vargas (1981), en Coronado y Cabalceta y Rivera(2003) en Carrizal de Alajuela encuentran un comportamiento similar de este mineral en sus estudios. Molina (2006) explica que este mineral es “poco móvil” en la planta, por lo que su nivel aumenta durante la época semiseca. Quesada (1986), en Coronado encuentra mayor concentración durante meses de la época lluviosa que en los de la época seca, mientras que Sánchez *et al.* (1989) en la zona montañosa central y Sánchez (2001) en San Carlos no reportan diferencia significativa en cuanto al contenido de Mg en el kikuyo entre las épocas lluviosa y semiseca (0,21 y 0,33 % de la MS, respectivamente). Los niveles de Mg reportados también se encuentran dentro del rango que describe la literatura (0,09-0,74 % de Mg), sin embargo al aplicar los niveles de biodisponibilidad de este mineral en el pasto de clima templado propuesto por el NRC (2001), que es de 16%, se constata que no se llenan los requerimientos (0,17% de la MS, Cuadro 13) de una vaca lactante.

3.2.2.4.5. Potasio (K)

En el Cuadro 49 se muestra el contenido de K a nivel foliar en pasturas de kikuyo desmenuzado y no desmenuzado.

Cuadro 49. Contenido de K (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	3,06 ^{ab}	0,70	2,82 ^{ab}	0,76	3,19 ^b	0,56	2,86	0,51
Desmenuzado	2,87 ^{ab}	0,62	2,43 ^a	0,16	3,28 ^b	0,26	3,02	0,64
Promedio de la época	2,96 ^{cd}	0,62	2,62 ^c	0,55	3,23 ^d	0,41	2,94	0,57

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

Se presentó una mayor concentración de K en el pasto kikuyo en la época lluviosa del año 2005, esto pudo ser luego en la época lluviosa de 2004 y por último se presenta menor concentración en la época semiseca de 2005. Molina (2006) explica que al ser “móvil” este mineral, su nivel aumenta a nivel foliar durante la época lluviosa. Cabalceta y Rivera (2003), en Carrizal de Alajuela, reportan un nivel mayor también durante el inicio de la época lluviosa (correspondiente a la época lluviosa de 2005), sin embargo encuentran un mayor contenido de dicho mineral en la época semiseca comparado con el valor de potasio cuando la época lluviosa se ha establecido (correspondiente a la época lluviosa de 2004). Vargas (1981) en Coronado, reporta que es en la época semiseca cuando se da la menor concentración de este mineral, sin embargo no encuentra diferencia entre las épocas lluviosas. En los datos reportados por Quesada (1986) en Coronado, se nota un leve aumento en la concentración de potasio en la época semiseca en comparación a la época lluviosa; al igual que Sánchez (2001) en San Carlos. Mientras que Sánchez *et al.* (1986) no encuentran diferencia entre las épocas. Según los niveles de potasio para el pasto kikuyo que reporta la literatura (0,69-5,51 % K), los valores encontrados en el presente análisis son normales, sin embargo excedan los requerimientos de la vaca en lactación (1,01 % de la MS, Cuadro 13), aún luego de aplicar el porcentaje de biodisponibilidad establecido por el NRC (2001) para pasturas de clima templado: 90%.

Los niveles altos de potasio en los pastos pueden interferir con la absorción del magnesio y causar una deficiencia metabólica, que a su vez provoca fiebre de leche (Sánchez 2004). Weiss (2000b) citado por Sánchez (2000); indica que cuando la relación de K:(Ca+Mg) es mayor a 2 hay que adicionar magnesio, y éste no debe ser superior a 0,35% de la MS. Sánchez (2000) agrega que por lo general este es el caso del pasto kikuyo que contiene niveles de potasio mayores a 2,5% de la MS. Marais (2001) reporta valores de 2,19 – 3,15 para esta relación en kikuyo. En el presente estudio las relaciones K: (Ca+Mg) se presentaron en el rango de 2,58- 5,3 % de la MS. Se debe recordar que las vacas pastoreando los potreros en estudio son vacas en

producción y que las vacas secas parto se encuentran en otros potreros y son suplementadas con otro tipo de minerales.

3.2.2.4.6. Cobre (Cu)

En el Cuadro 50 se muestra el comportamiento de Cu en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas; en tres épocas del año.

Cuadro 50. Contenido de Cu (mg kg⁻¹ MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	10,35 ^{bc}	0,78	8,52 ^a	1,01	9,88 ^{ab}	0,25	9,58	1,06
Desmenuzado	11,05 ^{bc}	1,35	8,56 ^a	1,23	11,70 ^c	1,52	10,44	1,88
Promedio de la época	10,70 ^e	1,09	8,54 ^d	1,04	10,79 ^e	1,40	10,01	1,55

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p≤0,05)

x =media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

Para el Cu, se presenta diferencia significativa en la concentración presente en la época semiseca del 2005, con respecto a las épocas lluviosas muestreadas y entre ellas prácticamente no hay diferencia. Vargas (1981) concuerda con que se da la menor concentración de cobre en la época semiseca (6 mg kg⁻¹ MS), y tampoco reporta diferencia entre las concentraciones en las épocas lluviosas (9 mg kg⁻¹ MS) en Coronado. Cabalceta y Rivera (2003) en Carrizal de Alajuela discrepan con lo anterior, al reportar que se da mayor concentración durante la época semiseca, luego en la época lluviosa cuando está bien establecida (correspondiente a la época lluviosa de 2004) y por último a principios de la época lluviosa (correspondiente a la época lluviosa de 2005). Mientras que Sánchez *et al.* (1989) no encuentran diferencia entre una época y otra (11 mg kg⁻¹ MS), en la zona montañosa central. El Cu es un mineral de “movilidad variable”, por lo que no se puede establecer una época en la que se presente más en los tejidos del pasto. Los valores encontrados de Cu en el presente análisis se encuentran dentro del rango reportado por la literatura (2-15 mg kg⁻¹ MS), sin embargo, al aplicar la

biodisponibilidad estimada por el NRC (2001) de 4%, que es para pastos de clima templado, se constata que no se suplen los requerimientos de una vaca en producción (9,47mg kg⁻¹ MS, Cuadro 15).

3.2.2.4.7. Manganeso (Mn)

En el Cuadro 51 se muestra el resultado del análisis realizado al pasto kikuyo para conocer el comportamiento de su contenido de Mn.

Cuadro 51. Contenido de Mn (mg kg⁻¹ MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	63,46 ^{ab}	25	71,13 ^{bc}	29	41,07 ^a	6	58,55 ^h	24
Desmenuzado	92,74 ^c	20	131,60 ^d	30	50,42 ^{ab}	4	91,59 ⁱ	40
Promedio de la época	78,10 ^f	25	101,36 ^g	42	45,75 ^e	7	75,07	36,31

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p<0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p<0,05)

Superíndices diferentes en promedios por tratamiento indican diferencia significativa (p<0,05)

x =media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

El Mn sí presenta diferencia significativa entre tratamientos, ya que la diferencia entre el área desmenuzada y la no desmenuzada es de 36%, siendo en todo momento los potreros desmenuzados los que presentan de manera significativa mayor cantidad de Mn. También la época causa un efecto significativo, presentándose durante la época semiseca del año 2005 la mayor concentración de manganeso, luego en la época lluviosa de 2004 y luego en la época lluviosa de 2005, Molina (2006) indica que se van a presentar mayores concentraciones de Mn durante la época semiseca por ser este mineral de carácter “inmóvil”. Sánchez *et al.* (1989) reportan también mayor nivel de este mineral durante la época semiseca en la zona montañosa central, al igual que Cabalceta y Rivera (2003) en Carrizal de Alajuela, sin embargo estos autores no encontraron mayor diferencia entre las dos épocas lluviosas. Vargas (1981) en Coronado, no encuentra mucha diferencia entre la época lluviosa bien definida y la época semiseca, pero reporta que durante la primera parte de la

época lluviosa la concentración de manganeso es menor a las anteriores. Quesada (1986) en Coronado, no encuentra mayor diferencia entre las épocas semiseca y lluviosa. Los niveles de Mn encontrados en el presente análisis se encuentran dentro del rango reportado por la literatura (25-450 mg kg⁻¹ MS) y al aplicar el porcentaje de biodisponibilidad (0,01 %) estimado para este mineral, para pasturas de clima templado, por el NRC (2001), se observa que no se logran llenar los requerimientos de la vaca en producción (9,16 mg kg⁻¹ MS, Cuadro 15).

3.2.2.4.8. Hierro (Fe)

En el Cuadro 52 se muestra el comportamiento del contenido de Fe en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado en pasturas de kikuyo, durante la época de muestreo.

Cuadro 52. Contenido de Fe (mg kg⁻¹ MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	96,55 ^a	21,82	105,16 ^a	28,08	96,09 ^a	19,69	99,26	21,67
Desmenuzado	101,87 ^a	22,53	157,41 ^b	47,95	98,63 ^a	15,60	119,30	40,32
Promedio de la época	99,21 ^d	20,73	131,28 ^c	45,86	97,36 ^d	16,50	109,28	33,27

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x =media de las observaciones; ±= desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

Como se puede apreciar en el Cuadro 52, se presentaron mayores concentraciones de Fe en áreas desmenuzadas, especialmente durante la época semiseca. Según Fassbender y Bornemisza (1987), luego de incorporarse en el suelo cantidades importantes de materia orgánica (como en el caso de áreas donde se desmenuzó el pasto), se genera en el mismo un ambiente de carácter reductor que propicia la presencia de Fe²⁺, el cual es de mayor disponibilidad para la planta. Por el contrario, en ambientes aeróbicos u oxidantes, se presenta el Fe en su estado oxidado de Fe³⁺ (como en el caso de

áreas no desmenuzadas). El hierro oxidado es menos disponible para la planta. Molina (2006) señala que al ser el Fe de carácter “inmóvil” en la planta, es normal encontrar mayores concentraciones durante la época semiseca. Sánchez *et al.* (1989) y Cabalceta y Rivera (2001) concuerdan con que se presentan mayores concentraciones de hierro durante la época semiseca (en la zona montañosa central y Carrizal de Alajuela, respectivamente). Sin embargo, los últimos autores encuentran que hay una diferencia marcada en cuanto al nivel durante la época lluviosa, ya que a principios de ésta (correspondiente a la época lluviosa de 2004), el nivel que presenta este pasto es menor al presente, donde la época lluviosa está bien establecida (correspondiente a la época lluviosa de 2004). Por otra parte, Vargas (1981) encuentra un mayor nivel de hierro cuando la época lluviosa está bien establecida, luego en la época semiseca y por último a principios de la época lluviosa. El Fe presenta valores, en este análisis, dentro del rango reportado en la literatura (57-379 mg Fe kg⁻¹ MS) y sólo sobrepasa los requerimientos de la vaca en lactación (12,43 mg kg⁻¹ MS, Cuadro 15) en los potreros desmenuzados, durante la época semiseca de 2005, ya que al aplicar el porcentaje de biodisponibilidad recomendado para pasturas C₃ por el NRC (2001), en el resto de las épocas el pasto presenta contenidos de Fe menores.

3.2.2.4.9. Zinc (Zn)

En el Cuadro 53 se muestra el resultado del análisis del contenido de Zn en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas.

Durante la época lluviosa del año 2005 se presentó el mayor nivel de Zn, siendo las épocas lluviosa de 2004 y semiseca de 2005 similares en cuanto al contenido de este mineral. Por el contrario, Cabalceta y Rivera (2003) en Carrizal de Alajuela, no encuentran diferencia entre la época semiseca y principios de la época lluviosa (correspondiente a la época lluviosa de 2004), siendo ésta mayor en estas dos épocas en comparación con la época lluviosa ya establecida (correspondiente a la época de 2004). Mientras que Vargas (1981) en Coronado, encuentra que la menor concentración de Zn se da durante la época semiseca en comparación con la época lluviosa.

Cuadro 53. Contenido de Zn (mg kg^{-1} MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	27,81 ^a	2,27	27,15 ^a	3,15	32,22 ^b	3,95	29,06	3,73
Desmenuzado	25,50 ^a	5,23	25,83 ^a	5,43	33,06 ^b	4,95	28,13	5,95
Promedio de la época	26,65 ^c	3,93	26,49 ^c	4,17	32,64 ^d	4,17	28,59	4,88

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

Quesada (1986) en Coronado, reporta un leve aumento en el nivel de este mineral en la época semiseca comparada con la época lluviosa y Sánchez *et al.* (1989) concuerda con lo anterior. El Zn es un elemento de “movilidad variable”, por lo que no se puede determinar una época en la que aumenten sus niveles en los tejidos de las plantas. Los niveles de Zn reportados en el presente análisis se encuentran dentro del rango reportado por la literatura (11-94 mg kg^{-1}). Al aplicar el porcentaje de biodisponibilidad recomendado por el NRC (2001) para pasturas C₃, se constata que el kikuyo no logra llenar los requerimientos de una vaca en producción (41,29 mg kg^{-1} MS, Cuadro 15).

3.2.2.5. Contenido de extracto etéreo (EE)

En el Cuadro 54 se muestran los resultados de los análisis de extracto etéreo realizados a pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas.

Cuadro 54. Contenido de extracto etéreo (% de la MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	3,27 ^{bc}	0,12	3,00 ^{abc}	0,28	2,88 ^{abc}	0,71	3,05	0,44
Desmenuzado	3,41 ^c	0,32	2,77 ^{ab}	0,38	2,62 ^a	0,57	2,93	0,53
Promedio de la época	3,34 ^e	0,24	2,88 ^d	0,33	2,75 ^d	0,61	2,99	0,48

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005 = 8

En el Cuadro 55 se muestra que el contenido de EE en las pasturas de kikuyo durante las épocas semiseca y lluviosa del año 2005 es menor que en la época lluviosa de 2004. Además se puede apreciar que es en los potreros recientemente desmenuzados donde hay mayor contenido de EE, y que en los mismos, durante la época lluviosa siguiente, el nivel es menor que en los potreros no desmenuzados y aún menor que en los potreros desmenuzados, durante la época semiseca. Sánchez y Soto (1996) encuentran diferencia significativa en cuanto al contenido de extracto etéreo en el kikuyo producto de la época, reportando valores de 2,71 y 2,17% de la MS para la época semiseca y lluviosa respectivamente, con un promedio de 2,35 % de la MS; que son valores más bajos que los presentados en el Cuadro 54. Sin embargo, en el presente análisis pareciera que el aumento en el contenido de extracto etéreo en el pasto kikuyo se da probablemente debido a la fertilización que recibió el pasto durante esta época.

3.2.2.6. Contenido energético

Como ya se explicó en la metodología, el contenido energético se estimó utilizando el modelo del NRC (2001), por lo que al comparar niveles energéticos del presente estudio con respecto a estudios publicados anteriormente al 2001 se debe tener cautela debido a la diferencia en la metodología empleada.

3.2.2.6.1. Total de nutrimentos digestibles (TND)

En el Cuadro 55 se muestra el contenido estimado de TND para el pasto kikuyo según la época y el tratamiento recibido.

Cuadro 55. Contenido de total de nutrimentos digestibles (% MS) en pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado según la época del año en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		x	±
	x	±	x	±	x	±		
No desmenuzado	64,82 ^{bc}	0,94	62,22 ^a	2,53	63,97 ^{abc}	1,78	63,67	2,03
Desmenuzado	65,39 ^c	0,65	62,64 ^{ab}	0,70	63,30 ^{abc}	2,50	63,77	1,86
Promedio de la época	65,10 ^e	0,81	62,43 ^d	1,73	63,64 ^{de}	2,04	63,72	1,9

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

n lluviosa 2004 = 8, n semiseca 2005 = 8 y n lluviosa 2005 = 8

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

En los potreros desmenuzados, durante la época lluviosa del año 2004 es cuando se presenta el mayor nivel de TDN, que es cuando el desmenuzado muestra su efecto como se discutió anteriormente, además durante esta época es cuando se aplica la mayoría del programa de fertilización, a diferencia de las épocas subsiguientes. Luego se observa que durante la época semiseca es cuando el TDN disminuye y es en los potreros desmenuzados donde esta disminución no es tan drástica como en los potreros no desmenuzados. En la época lluviosa de 2005 se presentan valores intermedios a las dos épocas anteriores.

Sánchez y Soto (1999), a diferencia del presente estudio, encuentran niveles significativamente mayores de TDN durante la época semiseca (57,8 % de la MS), en comparación con la época lluviosa (56,1% de la MS). Además, los niveles reportados de TND por estos autores son más bajos para el kikuyo analizado en Quesada, San Carlos en ambas épocas, que los reportados en el presente análisis. Estos autores citan a Ibrahim (1988) en Sri Lanka, que indica que el pasto kikuyo tiene en promedio 66,3% de TDN, los cuales son mayores que los reportados por Sánchez y Soto (1999) y los reportados en el presente análisis, aunque los valores que se presentaron en los potreros desmenuzados, en la época lluviosa de 2004 son los que más se aproximan. Sánchez y Soto (1999) indican que la diferencia en los valores reportados por Ibrahim (1988) y los presentados por estos autores, pueden deberse a la metodología utilizada para su estimación, ya que los valores de PC, FDN, FDA y lignina son similares a los obtenidos por ambos autores. Además Sánchez y Soto (1997) encuentran valores de TDN, en el distrito de Florencia mayores durante la época lluviosa que en la época semiseca, de manera similar al presente estudio. Sánchez y Soto (1999) atribuyen la diferencia encontrada entre Quesada y Florencia a la diferencia de regímenes de lluvia en ambos distritos.

3.2.2.6.2. Energía digestible (ED)

En el Cuadro 56 se presenta el nivel estimado de ED en el pasto kikuyo según el tratamiento recibido y la época del año.

Cuadro 56. Contenido de energía digestible (Mcal kg⁻¹ MS) presente en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado durante un año. en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	3,04 ^b	0,03	2,90 ^a	0,12	3,01 ^{ab}	0,09	2,98	0,10
Desmenuzado	3,06 ^b	0,04	2,91 ^a	0,05	2,97 ^{ab}	0,11	2,98	0,09
Promedio de la época	3,05 ^d	0,03	2,91 ^c	0,08	2,99 ^{cd}	0,09	2,98	0,9

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p≤0,05)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

Durante la época lluviosa del año 2004 se obtuvo el nivel mayor de energía digestible, tanto en potreros desmenuzados como no desmenuzados. Esto puede deberse a la fertilización recibida por los pastos durante la primera época de muestreo. Durante la época semiseca de 2005 disminuye el contenido de energía digestible. Sánchez y Soto (1999) reportan niveles de ED durante la época semiseca (2,55 Mcal kg⁻¹ MS) significativamente mayores que durante la época lluviosa (2,47 Mcal kg⁻¹ MS), los valores reportados por estos autores son menores a los reportados en el presente análisis, probablemente debido a la metodología empleada. Sánchez (2001) reporta valores de ED de 2,89 para la época semiseca y 2,98 Mcal kg⁻¹ MS para la lluviosa, con un promedio de 2,95 Mcal kg⁻¹ MS, por lo que no encuentra diferencia entre una época y otra, para la zona montañosa central de Costa Rica; estos valores son bastante próximos a los obtenidos en el presente análisis.

3.2.2.6.3. Energía metabolizable (EM)

El Cuadro 57 muestra los valores de energía metabolizable estimada para las pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas durante las épocas de muestreo.

Del Cuadro 57 se extrae que el comportamiento del contenido de EM en las pasturas de kikuyo es similar a los otros parámetros energéticos, al presentarse el valor más alto en la época lluviosa del año 2004. Sin embargo, KAG (2002b) señala que si posterior al pastoreo se corta o desmenuzan los residuos, se mejora la calidad del kikuyo en 0,12 Mcal EM kg⁻¹ MS; lo que no se ve reflejado en el presente estudio (se presenta una diferencia de 0,01 Mcal EM kg MS⁻¹, con respecto a pasturas no desmenuzadas). Posteriormente el valor presente durante la época lluviosa de 2005 es intermedio. Durante este período se ha perdido el efecto del desmenuzado y según la Sección 3.1, la fertilidad del suelo era menor a la época lluviosa anterior. Por último la época semiseca es en donde se presenta el menor nivel de EM.

Cuadro 57. Contenido de energía metabolizable (Mcal kg⁻¹ MS) en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado durante un año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		x	±
	x	±	x	±	x	±		
No desmenuzado	2,43 ^b	0,03	2,32 ^a	0,10	2,39 ^{ab}	0,08	2,38	0,08
Desmenuzado	2,44 ^b	0,03	2,30 ^a	0,03	2,35 ^{ab}	0,09	2,36	0,08
Promedio de la época	2,43 ^d	0,03	2,31 ^c	0,07	2,37 ^{cd}	0,08	2,37	0,08

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p≤0,05)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

Sánchez y Soto (1999) reportan para la EM en el pasto kikuyo, en Quesada, San Carlos, valores significativamente superiores durante la época semiseca (2,17 Mcal kg⁻¹ MS) que durante la época lluviosa (2,11 Mcal kg⁻¹ MS), y estos valores también son menores a los reportados en el presente análisis.

3.2.2.6.4. Energía neta de lactancia (EN_l)

En el Cuadro 58 se describe el comportamiento estimado de la EN_l (3x) en el pasto kikuyo a través de las épocas muestreadas y según el tratamiento aplicado a los potreros.

Además en el Cuadro 58 se aprecia que durante la época lluviosa del año 2004 es cuando se presentaron mayores niveles de EN_l. Así mismo, fue también en la época semiseca de 2005 donde se presentó el menor nivel de EN_l, no existiendo diferencia significativa entre las áreas tratadas y las no tratadas.

Cuadro 58. Contenido de energía neta de lactancia (3x) (Mcal kg⁻¹ MS) en el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado durante un año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005		2005		Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		x	±
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	1,52 ^b	0,02	1,44 ^a	0,07	1,49 ^{ab}	0,06	1,48	0,06
Desmenuzado	1,53 ^b	0,02	1,42 ^a	0,03	1,46 ^{ab}	0,06	1,47	0,06
Promedio de la época	1,52 ^d	0,02	1,43 ^c	0,05	1,48 ^c	0,06	1,48	0,06

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p≤0,05)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 4, n Semiseca 2005 = 4 y n Lluviosa 2005= 4

Al estimar la cantidad de leche (4% de grasa) que se podría producir a partir de un kg del pasto presentado anteriormente, teóricamente según NRC (2001), se obtendrían 1,899 kg a partir del pasto de menor valor energético y 2,046 kg de leche a partir de un kg del pasto de mejor contenido energético, que equivaldría a una diferencia de 0,147 kg de leche.

Los valores de EN_l reportados por Sánchez y Soto (1999) para el pasto kikuyo en el distrito de Quesada, en San Carlos son menores tanto en la época semiseca, como en la época lluviosa (1,32 y 1,29 Mcal kg⁻¹ MS, respectivamente) que los

presentados para San José de la Montaña en el presente análisis. Además no hay diferencia significativa en el contenido de EN_i entre una época y la otra. Sánchez (2004) reporta valores de EN_i entre 1,36 y 1,38 de Mcal kg⁻¹ MS (para la época semiseca y lluviosa, respectivamente), con un promedio de 1,37 Mcal kg⁻¹ MS.

A partir del Cuadro 33 y el Cuadro 58 se obtiene el contenido de EN_i ha⁻¹ presentes en las hojas producidas por el pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado, durante la época de muestreo (Cuadro 59).

Cuadro 59. Contenido energético¹ (Mcal ha⁻¹) aportado por las hojas en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, en tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	3949 ^d	44	4054 ^d	190	3016 ^b	118	3673 ⁱ	501
Desmenuzado	3981 ^d	64	3780 ^c	70	2840 ^a	120	3534 ^h	525
Promedio de la época	3965 ^g	54	3917 ^f	197	2928 ^f	145	3603	507

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa (p≤0,05)

Superíndices diferentes en promedios por tratamiento indican diferencia significativa (p≤0,05)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 8, n Semiseca 2005 = 8 y n Lluviosa 2005= 8

El Cuadro 59 demuestra una vez más que la calidad de la pastura se ve beneficiada por la aplicación de fertilizante y esto se refleja en que la calidad energética de la pastura disminuye entre 933 y 1141 Mcal ha⁻¹ (aproximadamente un 26%) en pasturas no desmenuzadas y desmenuzadas respectivamente entre una época lluviosa y otra. Aunque la disponibilidad de EN_i se vea afectada de manera significativa por el tratamiento, es muy probable que el acceso que posean los animales a ésta sea mejor en potreros desmenuzados (y fertilizados) que a los no tratados, esto se puede apreciar según el aprovechamiento que realizan los animales de la pastura (Sección 3.6).

3.2.2.6.5. Energía neta de ganancia (EN_g)

Los valores estimados para la EN_g en pasturas de kikuyo, según el tratamiento recibido y la época del año se muestran en el Cuadro 60.

Cuadro 60. Contenido de energía neta de ganancia (Mcal kg⁻¹ MS) en pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, según la época del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
No desmenuzado	1,00 ^{bc}	0,02	0,93 ^{ab}	0,07	0,98 ^{abc}	0,06	0,97	0,06
Desmenuzado	1,01 ^c	0,02	0,91 ^a	0,03	0,95 ^{abc}	0,06	0,96	0,06
Promedio de la época	1,00 ^e	0,02	0,92 ^d	0,05	0,97 ^{de}	0,06	0,96	0,06

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n lluviosa 2004 = 8, n semiseca 2005 = 8 y n lluviosa 2005 = 8

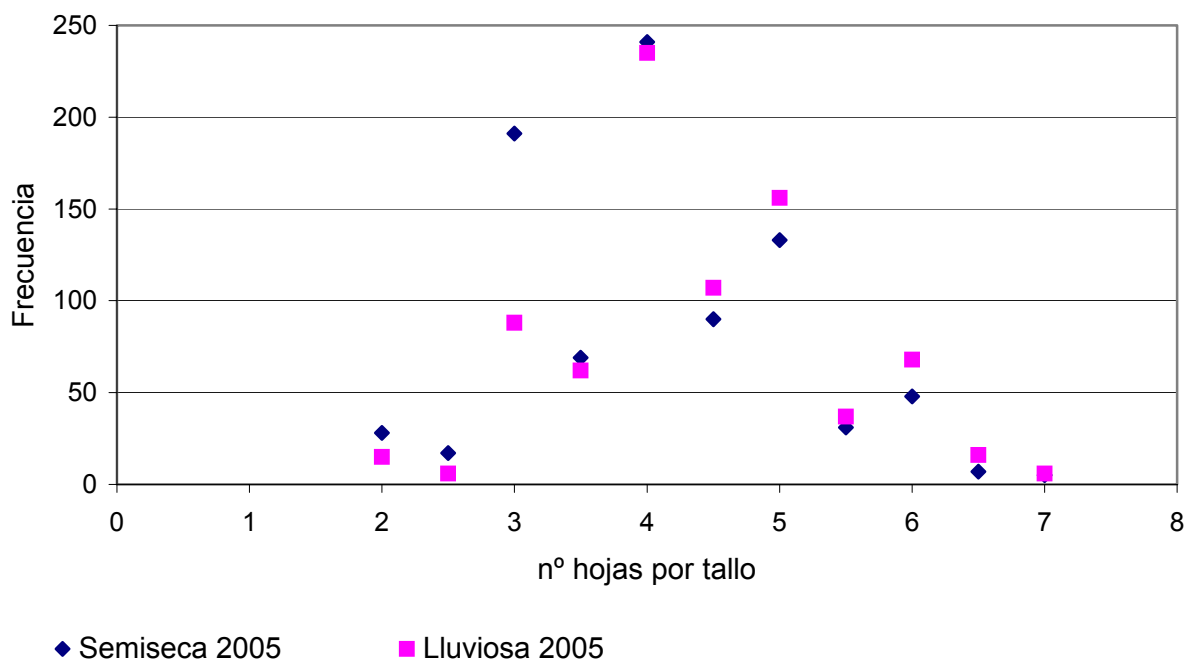
Durante la época lluviosa del año 2004 se presentó el contenido mayor de EN_g y no hubo diferencia en cuanto al tratamiento recibido, le sigue la época lluviosa de 2005 y por último es durante la época semiseca de 2005 donde hay menor contenido de EN_g, siendo los potreros desmenuzados los que presentan el valor más bajo. Sánchez (2004) no reporta mayor diferencia en cuanto al contenido de EN_g entre la época semiseca (0,86 Mcal kg⁻¹ MS) y la lluviosa (0,89 Mcal kg⁻¹ MS), con un promedio de 0,88 Mcal kg⁻¹ MS, estos valores están por debajo del rango de EN_g encontrado en el presente análisis. Por otra parte, Sánchez (2001), para la zona montañosa central de Costa Rica, reporta un promedio de 0,94 Mcal kg⁻¹ MS de EN_g, el cual es más parecido a los valores reportados en el presente análisis.

3.3. Descripción de las estructuras componentes de la pastura de kikuyo

Dado que el tratamiento no presenta efecto significativo en cuanto a la calidad de las estructuras morfológicas, en la presente sección sólo se analiza la calidad de las estructuras del pasto kikuyo según la época.

3.3.1. Descripción de la edad fenológica de la pastura

En la Figura 18 se muestra la distribución de la frecuencia del número de hojas que se presentaron por tallo durante los muestreos realizados en la época semiseca y lluviosa del año 2005.



n semiseca 2005=860; n lluviosa 2005 =796

Figura 18. Distribución de la frecuencia de observaciones del número de hojas verdes por rebrote presentes en pasturas de kikuyo a 28 días de rebrote durante dos épocas.

En la Figura 18 se puede apreciar cómo tanto en la época lluviosa, como la semiseca, el mayor número de observaciones presenta 4 hojas verdes por rebrote. Durante la época semiseca del año 2005, el 35% de las observaciones se encuentran por debajo de 4 hojas verdes por rebrote y 37% se encuentran sobre él; mientras que durante la época lluviosa de 2005 el 21% de las observaciones se encuentran por debajo de las 4 hojas verdes por rebrote y el 49% sobre este parámetro, esto indica que muchos de los rebrotes en esta época han sobrepasado la etapa de 4 hojas, lo que hace pensar que el tiempo de rotación es mayor para esta época con respecto a la semiseca, en cuanto a edad fenológica de la pastura se refiere.

Se presentan muchos rebrotes que han sobrepasado la etapa de 4 hojas por lo que la calidad total de la pastura probablemente ha disminuido. Según Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996) luego de la etapa de las 4,5 hojas, la proporción de las hojas disponibles por encima de los 5 cm de altura disminuye, mientras que la proporción de tallos y material senescente aumenta. Es durante las épocas semiseca y lluviosa de 2005, cuando hay más material senescente y tallos (Cuadro 32) con respecto a la época lluviosa de 2004, (en comparación con potreros no desmenuzados durante la época lluviosa de 2004), y aún más si se compara con potreros desmenuzados. Con lo cual se deduce que la pastura desmenuzada en la época lluviosa de 2004 pudo haber sido pastoreada antes o de manera más intensa, para evitar el exceso de rebrotes con más de 4 hojas y la posterior acumulación de biomasa no comestible o bien no apetecida por los animales en pastoreo.

Herrero *et al.* (2000b) indican que la temperatura posee un efecto marcado en cuanto a la tasa de aparición del número de hojas del pasto kikuyo, tomando un menor lapso de tiempo a mayores temperaturas. A pesar de que en el presente estudio no se tomó la temperatura a lo largo de la etapa de muestreo, se esperaría que se hubiera presentado mayor temperatura durante la época semiseca, por lo que se habrían desarrollado más hojas en el lapso de tiempo de la rotación (28 días), por

lo que se esperaría un mayor porcentaje de hojas luego de 4 hojas verdes por rebrote durante esta época en comparación a la época lluviosa, lo cual no sucede. También Herrero *et al.* (2000b) indica que el efecto positivo entre temperatura y lapso de tiempo para que aparezca una nueva lámina es lineal entre los 15 y 25 °C, temperaturas que pudieron presentarse durante la época lluviosa, y agrega que a una temperatura de 30 °C no se encontró el mismo efecto lineal antes mencionado, lo que pudo haber sucedido durante la época semiseca.

Herrero *et al.* (2000b) denotan la conveniencia de utilizar a nivel de finca una variable, como lo es el número de hojas, mediante la observación; la cual puede proveer guías de manejo, que pueden sustituir los laboriosos procesos asociados con estudios de pasturas (Ej. elección de referencias, cortado y secado).

Es necesaria mayor investigación en cuanto a este parámetro y en la medida de lo posible debe partirse de pasturas cuyos residuos hayan sido removidos, en conjunto con el monitoreo de la temperatura. Reeves (1994) indica que el parámetro de las 4,5 hojas en el pasto kikuyo es relevante sólo cuando la pastura ha sido desmenuzada o pastoreada de manera intensa. Sin embargo, para cuando se realizaron las presentes mediciones ya se había perdido el efecto del desmenuzado en cuanto a la morfología de la pastura, como se explicó en la Sección 3.2.1.2.

3.3.2. Contenido de MS (hojas, tallos/ estolones y material senescente/ muerto)

En el Cuadro 61 se muestra la diferencia en el contenido de MS presente en las tres estructuras morfológicas del pasto kikuyo. Aunque estadísticamente no se presenta diferencia significativa entre las estructuras morfológicas, biológicamente sí representan diferencias en cuanto al consumo del rumiante se refiere: por ejemplo durante la época lluviosa del año 2004, si a una vaca, como la descrita en el Anexo, Cuadro A9, se le estima un consumo de MS de 14 kg (NRC 2001), aunque es muy difícil de lograrlo solamente basado en pasto, ya que tendría que consumir 104 kg de materia verde de tallos para consumir ese estimado de MS, mientras que si

solamente consume hojas, el consumo sería 87 kg de materia verde. Bargo *et al.* (2000) indican que en sistemas de pastoreo, lo que limita el desempeño de vacas de alta producción es el bajo consumo de MS, por lo que una pastura en un estadio de rebrote activo y con una alta proporción de hojas, favorecerá el consumo de MS y por lo tanto la producción animal. El material senescente /muerto es el que presenta la mayor cantidad de MS de los tres componentes, sobretodo durante la época semiseca.

Cuadro 61. Contenido de MS (%) en hojas, tallos/ estolón: material senescente/ muerto, componentes de la pastura de kikuyo durante tres épocas, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
	X	±	X	±	X	±		
Hoja	16,13 ^{abc}	2,42	22,36 ^d	0,91	15,69 ^{abc}	1,42	18,06 ^g	3,52
Tallo	13,40 ^{ab}	3,74	18,74 ^{cd}	2,44	13,07 ^a	0,89	15,07 ^f	3,58
Senescente	19,38 ^{cd}	2,56	47,09 ^e	7,50	17,82 ^{bc}	4,21	28,10 ^h	14,66

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 12, n Semiseca 2005 = 12 y n Lluviosa 2005= 12

En promedio, sí se presentó una diferencia estadísticamente significativa entre el contenido de MS presente en las hojas en comparación con los tallos y éstos con el material senescente, lo que confirma que no es apropiado estimar el consumo de una pastura a partir de la MS total, si no más bien a partir de los componentes de la estructura morfológica de la pastura como se discutió en las secciones 4.2.1.1. y 4.2.1.2.

3.3.3. Contenido de proteína cruda (hojas y tallos/ estolones)

Con el fin de conocer la calidad de las hojas en comparación con la de los tallos se realizó un análisis del contenido de PC a estas estructuras, los resultados de estos análisis se muestran en el Cuadro 62.

Cuadro 62. Contenido de proteína cruda (% de la MS) en las hojas y en los tallos de pasto kikuyo y su comportamiento durante tres épocas; en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	x	±	x	±	x	±	x	±
Hoja	20,99 ^d	1,20	17,19 ^c	3,14	20,39 ^d	0,82	19,52 ^f	2,27
Tallo	13,74 ^b	1,33	9,51 ^a	2,26	12,47 ^b	0,73	11,91 ^e	2,08

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

n Lluviosa 2004 = 10, n Semiseca 2005 = 10 y n Lluviosa 2005= 10

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

El Cuadro 62 confirma que las hojas poseen mejor calidad nutricional en cuanto al contenido de proteína cruda, en promedio 7.6 unidades porcentuales más que los tallos. Se denota además que ambas estructuras disminuyen su contenido proteico en forma paralela, en aproximadamente 4 unidades porcentuales en la época semiseca del año 2005 y sólo recuperan alrededor de 3 unidades porcentuales en la época lluviosa siguiente.

Read y Fulkerson (2003) encuentran valores de proteína en las hojas y en los tallos de 21,3 y 16,7 % de la MS, respectivamente; además, Reeves (1997), cita a varios autores (Drummond (1975); 't Manetje (1975); Forde et al. (1976); Taylor et al.(1976); Marais et al.(1987 y 1992); Marais (1990a) y Dugmore et al. (1991)) cuyos estudios demuestran que la porción verde de las hojas posee concentraciones más altas de PC que el tallo, con niveles promedio de 17,6 vs 12,0 PC % de la MS respectivamente. Herrero *et al.* (sf), citan a Laredo y Minson (1973), Mannetje (1975) y a Marais (1990), que también encontraron niveles mayores de proteína cruda en las hojas en comparación a los tallos (12,6 vs. 11,0 % de la MS).

Reeves (1997) reporta que el contenido proteico en las hojas nuevas decrece con el tiempo, presentando mayor contenido de PC las hojas nuevas que las viejas (hasta la cuarta hoja), es probable que sea por esto que los valores de este

nutrimento son menores en el Cuadro 62, que los presentados en el Cuadro 37 dada la diferencia en el método de recolección de las muestras.

3.3.4. Digestibilidad “in vitro” de la MS. (hojas y tallo /estolón)

En el Cuadro 63 se muestra el resultado de los análisis de digestibilidad realizados a dos componentes morfológicos de la pastura de kikuyo.

Cuadro 63. Digestibilidad “in vitro” de la MS (% de la MS) en hojas y en tallos de pasto kikuyo durante tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa			
	X	±	X	±	X	±	X	±
Hoja	63,39 ^{ab}	3,12	61,13 ^a	8,43	62,78 ^{ab}	4,84	62,44 ^c	5,63
Tallo	69,40 ^b	3,71	64,28 ^{ab}	4,86	65,42 ^{ab}	5,87	66,36 ^d	5,12

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por estructura indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

n Lluviosa 2004 = 12, n Semiseca 2005 = 12 y n Lluviosa 2005 = 12

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

En general se presentó cierta diferencia en cuanto a la DIVMS entre las hojas y los tallos, siendo la digestibilidad de los tallos numéricamente mayor a la de las hojas y en promedio esta diferencia es estadísticamente significativa (aproximadamente 4 unidades porcentuales). Este fenómeno es fundamentado por Laredo y Minson (1973), (1975) y Mannelje (1975), citados por Herrero *et al.* (sf), quienes reportan haber encontrado que la digestibilidad de los estolones del pasto kikuyo es similar o levemente mayor que la de las hojas. Sin embargo, cita también a Taylor *et al.* (1976) y Reid y Stevenson (1983) que encontraron que las hojas eran entre 7 y 8% más digestibles que los tallos; lo que Minson (1990) y Wilson (1994), también citados por Herrero *et al.* (sf), justifican al decir que los tallos maduran más rápido que las hojas, engrosando sus paredes y lignificándose.

El que se presentara mayor DIVMS en los tallos que en las hojas en el presente análisis, pudo deberse al mayor contenido proteico (Cuadro 62) y por lo

tanto de nitratos en las hojas que en los tallos. Marais *et al.* (1988) citados por Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996) reportan que niveles elevados de nitratos reducen la tasa de digestibilidad “in vitro” del pasto kikuyo debido a una acumulación de nitrito (que tiene un efecto detrimental en la población microbial), como consecuencia de la reducción del nitrato a amonio. Esto se puede explicar al tener en cuenta que la mayoría de la fertilización nitrogenada se realizó durante la época lluviosa de 2004 (Cuadro 27), donde la diferencia de DIVMS entre una estructura y otra es mayor (6 unidades porcentuales) que la que se presentó durante la época lluviosa de 2005 (2,6 unidades porcentuales), que fue tomada en junio de 2005 y en ese momento aún no se había vuelto a aplicar fertilizante nitrogenado. Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996) advierten que el nivel de nitratos en el pasto kikuyo es mayor entre mayor sea la cantidad de fertilizante nitrogenado que éste reciba. Sin embargo Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996), indican que los niveles de nitratos aumentan vertiginosamente cuando el contenido de PC (% de la MS) sobrepasa de 23% de la MS, que no es el caso de las hojas en el presente análisis, por otra parte, Read y Fulkerson (2003) indican que se requiere un poco menos de PC (22%) para que los nitratos aumenten de manera vertiginosa.

Herrero *et al.* (sf), citan a varios autores (Laredo y Minson 1973, Moir *et al.* 1979; Marais *et al.* 1992) que reportan para el pasto kikuyo niveles mayores de FDN en tallos (57,8-70,6% MS) que en hojas (47-68% MS). Además citan a Laredo y Minson (1973) que encuentran que las hojas también poseen menor concentración de FAD que los tallos (32,3 vs. 36 % MS, respectivamente).

Otro factor que pudo influir en los resultados del presente análisis es que el grado de molienda que se obtuvo con los tallos no fue igual al de las hojas, aunque se utilizara una criba de poros de 1mm de diámetro en el molino para ambas estructuras, quedando las hojas con un tamaño de partícula mayor al pasar fácilmente de manera vertical por los agujeros.

Herrero *et al.* (sf), citan a varios autores Laredo y Minson (1973) quienes encuentran que las vacas consumen más hojas que tallos, aunque las hojas presentaran menor digestibilidad, ellos encontraron una correlación positiva entre la digestibilidad de las hojas y el consumo, no así con los tallos y atribuyeron esto no tanto a la digestibilidad en sí, sino al tiempo de retención de las partículas de las hojas (20,5 h) comparadas con los tallos (38,5 h), debido a la mayor área superficial de las hojas disponible para ser digerida, además a un menor gasto energético utilizado al disminuir el tamaño de partícula de las hojas durante la rumia, lo que aumenta la tasa de pasaje ruminal, que explica un menor tiempo de retención y mayores consumos, Cowan y Lowe (1989) concuerdan con lo anterior.

KAG (2002a) señala que la calidad del tallo es inferior a la de la hoja y al aumentar la edad de rebrote de la pastura, el valor energético del tallo disminuye en mayor proporción que la de la hoja (Figura 10) Read y Fulkerson refuerzan la idea de que las hojas poseen mejor calidad nutricional que los tallos al reportar valores de energía metabolizable de 2,10 y 1,77 Mcal kg⁻¹ MS para hojas y tallos respectivamente. Se ha sugerido que la aversión de los animales por la porción de los tallos, es posiblemente debido a las características físicas de estos, como la mayor fuerza de corte y la resistencia a la defoliación que presentan (Laredo y Minson 1973, Chacon y Stobbs 1976, Hendrichsen y Minson 1980 y Wilson 1994, citados por Herrero *et al.* 2000).

A partir de la discusión anterior se concluye que las hojas son de mejor calidad que los tallos y que son preferidas por los rumiantes en pastoreo, por lo que se debe tratar de optimizar tanto su calidad como su cantidad, para obtener el mejor provecho del área de la que se dispone y de los insumos (alimento balanceado o materias primas como suplementos, o bien fertilizante) adquiridos en la finca.

3.4. Descripción de los estratos (bajo (1), intermedio (2) y alto (3)) presentes en pasturas de kikuyo

3.4.1. Altura (cm) de los estratos

En el Cuadro 64 se resume el promedio de la altura de las observaciones realizadas de los tres niveles tomados como referencias reales al realizar la determinación de la disponibilidad de pasto kikuyo. En cuanto a la altura de la pastura no hay diferencia significativa producida por el efecto del tratamiento, ni por interacciones de este con la época o el estrato, por lo que se analiza a partir del efecto que posee la época sobre esta variable.

Cuadro 64. Altura media (cm) del pasto kikuyo según el estrato (1, 2 y 3) al tomar las referencias reales del Botanal® en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005				Promedio del estrato	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		x	±
	x	±	x	±	x	±		
1	11 ^b	4	5 ^a	4	16 ^c	13	11 ^h	8
2	33 ^e	6	25 ^d	8	43 ^f	9	34 ⁱ	10
3	53 ^{gh}	6	52 ^g	14	58 ^h	9	54 ^j	10

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por estrato indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 54, n Semiseca 2005 = 54 y n Lluviosa 2005 = 54

En general se presentan diferencias significativas en los tres estratos analizados y además que en la época lluviosa del año 2005 se presenta una mayor altura en la pastura en la época lluviosa anterior. En la época semiseca se presentó la menor altura en los tres estratos, esto puede deberse a que en esta época se dio un crecimiento más “a lo ancho” (en esta época es cuando se da la mayor producción de biomasa; Sección 3.2.1.1.), mientras que al parecer, en la época lluviosa se da un crecimiento más hacia “lo alto”. Mears, citado por Herrero *et al.* (sf), reporta que para períodos de descanso de 3 a 5 semanas, la altura del pasto kikuyo

puede llegar a 45 cm y que va a ser bastante ralo. Al presentarse menor radiación solar durante la época de invierno, las plantas tienden a alargar sus estructuras, presentándose mayor altura durante esta época. Los tallos permiten a las plantas capturar luz por encima del suelo y para sobresalir con respecto a plantas sin tallos Taiz y Zeiger (1991).

Según Rook (2000), Rook *et al.* (1994), Gibb *et al.* (1997) y McGilloway *et al.* (1999) citados por Bargo *et al.* (2003), la biomasa de cada bocado del rumiante en pastoreo disminuye (26-34%) al reducirse la altura de la pastura (5-14 cm de diferencia) en pasturas de clima templado, siendo este efecto más pronunciado en pasturas de menor densidad, esto tanto en vacas con suplementación como sin ella, afectando principalmente la profundidad del bocado en vez del área que abarca el bocado. El autor cita también a Wade *et al.* (1989) que indican que las vacas consistentemente van a remover aproximadamente un tercio de la pastura, sin importar la altura de la misma. Herrero *et al.* (2000b) indica que los animales más pequeños pueden pastorear a menores disponibilidades de biomasa antes de que se presenten disminuciones en el consumo, además que poseen la capacidad de seleccionar mejor.

Frame (1992) y Ryle (1964) citados por Reeves, Fulkerson y Kellaway (1996) indican que para definir el momento adecuado para pastorear una pastura se puede utilizar la disponibilidad de la MS o su altura, pero que al estar la altura estrechamente relacionada con la fertilidad del suelo y en especial el nitrógeno, este parámetro se puede utilizar para comparar masas de pasturas de fertilidad uniforme y no recomiendan utilizar la altura como indicador de cuándo se pastorea. Cabe resaltar que durante la época en que se realizó la fertilización (lluviosa de 2004) la altura de la pastura fue intermedia a las otras dos épocas, indicando que el fertilizante probablemente favoreció a la pastura para poder sobrellevar los cambios ambientales propios de la época lluviosa y así no enlongar tanto sus estructuras. Fulkerson, Slack y Havilah (1999) indican que una defoliación intensa (cortando a la etapa de 2 hojas a 3 cm de altura, Cuadro 21) en el pasto kikuyo no afecta de

manera negativa su disponibilidad de biomasa, sin embargo recomiendan la etapa de 4,5 hojas como la más adecuada para facilitar la aprensión del pasto por el animal (suponiendo que en el campo queda un remanente de 5 cm de altura).

3.4.2. Relación hoja: tallo/ estolón: material senescente/ muerto según el estrato

En el Cuadro 65 se muestra la composición morfológica de cada estrato en las pasturas de kikuyo.

Cuadro 65. Relación hoja: tallo/ estolón: material senescente/ muerto (%), según el estrato, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	Hoja		Tallo		Senescente	
	x	±	x	±	x	±
1	34 ^b	16	28 ^c	9	38 ^f	12
2	30 ^{ab}	15	33 ^d	9	37 ^f	11
3	26 ^a	14	38 ^e	9	35 ^f	11

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción por estructura indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

n Lluviosa 2004 = 54, n Semiseca 2005 = 54 y n Lluviosa 2005 = 54

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

A partir del Cuadro 65, se puede extraer que es en el estrato 1 donde se presenta la mayor proporción de hojas de manera significativa con respecto al estrato 3 (22% más) y aún con respecto al estrato 2 (11% más). KAG (2002a) denota que en Nueva Zelanda, los granjeros que se preocupan por quedarse sin pasturas durante el otoño (Anexo, Figura A2), deberían tener en cuenta que 15 cm de kikuyo senescente puede tener menor valor nutricional que 2 cm de pastura de kikuyo en crecimiento.

En el estrato 3, es donde se presenta de manera estadísticamente significativa la mayor proporción de tallos/ estolones (26% más que el 1 y 14% más que el 2). Aunque el estrato 1 es el que posee mayor proporción de material senescente/ muerto (7% más que el 3 y 3% más que el 2), esta cantidad mayor no es significativa con respecto a los demás estratos. En el Cuadro A6 del Anexo se muestra el

desglose del efecto de la interacción de la época y el tratamiento sobre el componente estructural de cada estrato.

La proporción de cada componente estructural de la pastura es un dato que da una idea de cómo se conforma la pastura, sin embargo no brinda datos reales sobre si es o no suficiente biomasa comestible para el rumiante en pastoreo. En la Sección 3.4.3 se analiza más en detalle este punto.

3.4.3. Producción de hojas (kg MS ha⁻¹) en cada estrato de la pastura de kikuyo

En el Cuadro 66 se muestra la producción estimada de biomasa (kg MS ha⁻¹) de hojas en la pastura de kikuyo, en el que se destaca que la producción de hojas es significativamente diferente según el estrato, ya que el promedio de la producción de biomasa para este parámetro indica que se obtiene mayor producción en el estrato 3, luego en el 2 y por último en el 1. En cuanto al efecto del tratamiento se aprecia una disminución significativa en la producción de hojas en los estratos 1 y 2, viéndose un menor efecto en el estrato 3, al comparar áreas desmenuzadas y no desmenuzadas durante la época lluviosa del año 2004. En todos los estratos aumenta la producción de hojas por hectárea durante la época semiseca, con respecto a las épocas lluviosas. En la época lluviosa de 2005 se muestra una disminución significativa en cuanto a la producción de hojas con respecto a la producción que se obtuvo tanto en áreas desmenuzadas como áreas no desmenuzadas, durante la época lluviosa de 2004. Esto se presenta probablemente debido al beneficio que recibe la pastura con la fertilización aplicada durante la época lluviosa de 2004.

Cuadro 66. Producción de hojas (kg MS ha⁻¹) del pasto kikuyo según el estrato (1, 2 y 3) y el tratamiento, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

		2004		2005				Promedio por estrato	
		Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		X	±
		X	±	X	±	X	±		
No Desmenuzado	1	1625 ^{bc}	776	2266 ^{cde}	850	654 ^a	420	1579 ^j	964
	2	2766 ^{efg}	738	3465 ^{gh}	1168	1679 ^{bcd}	459	2640 ^k	1174
	3	3489 ^{gh}	779	4281 ⁱ	1368	2458 ^{def}	792	3343 ^l	1370
Desmenuzado	1	1368 ^b	258	2149 ^{bcd}	426	280 ^a	304	1202 ^j	537
	2	2471 ^{def}	454	3193 ^{fgh}	825	1499 ^{bc}	518	2385 ^k	959
	3	3293 ^{gh}	543	3923 ^{hi}	1351	2265 ^{cde}	780	3227 ^l	1337

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por estrato según el tratamiento indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 12, n Semiseca 2005 = 10 y n Lluviosa 2005 = 9

Bargo *et al.* (2003) citan a Peyraud y Delaby (2001) indican que el utilizar disponibilidades de pasto muy elevadas puede deteriorar la calidad de la pastura al aumentar la altura del pasto residual. Según la Figura 15b. la cantidad de hojas presentes en un estrato muy alto no van a ser accesibles al rumiante en pastoreo, además que su calidad va a variar con respecto a las hojas presentes (Figura 15a). Taiz y Zeiger (1991), indican que las hojas que se encuentran bajo la sombra de otras poseen tasas fotosintéticas menores debido a que se pueden encontrar diferentes características morfológicas y fisiológicas (concentraciones de proteína soluble y RuBisCo) en hojas de la misma planta que son expuestas a diferentes regímenes de luz.

3.5. Utilización de la pastura de kikuyo, determinada mediante los datos obtenidos en campo

3.5.1. Aprovechamiento (%)

En el Cuadro 67 se muestra el porcentaje de aprovechamiento que se presentó en las pasturas de kikuyo desmenuzadas y no desmenuzadas, a partir de la diferencia obtenida entre la disponibilidad total de MS y el pasto no consumido (Anexo Cuadro A7) por las vacas en pastoreo, en los potreros muestreados.

Cuadro 67. Aprovechamiento (%) del pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado, a partir de la MS total disponible durante tres épocas, en San José de la montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		x	±
	x	±	x	±	x	±		
No desmenuzado	18	11	16	8	26	11	20	11
Desmenuzado	19	13	19	8	26	11	21	11
Promedio de la época	18 ^a	12	17 ^a	8	26 ^b	11	21	11

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 20, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005 = 16

En cuanto al aprovechamiento, se presentó diferencia entre épocas, siendo la época semiseca del año 2005 donde se dio el valor más bajo. En la época lluviosa de 2004, el aprovechamiento fue en porcentaje similar al aprovechamiento que se presentó durante la época semiseca de 2005. Mientras que el porcentaje de aprovechamiento para la época lluviosa de 2005 fue significativamente mayor a la época lluviosa anterior. Al efectuar un análisis de correlación entre la disponibilidad de MS y el porcentaje de aprovechamiento se encontró que la correlación no es significativa ($p > 0,05$), aunque el coeficiente sea positivo (0,12), de lo que se extrae que no hay correlación entre disponibilidad y aprovechamiento de la pastura. Cabe aclarar que el número de vacas que pastoreaban los apartos fueron: 40, 34 y 38 para

las épocas lluviosa de 2004, semiseca y lluviosa de 2005 respectivamente y que al realizar un análisis de correlación entre el porcentaje de aprovechamiento y número de vacas, el coeficiente es negativo (-0,07) y no es significativo ($p > 0,05$). No se presentó diferencia significativa en cuanto a si los potreros se pastorearon en la mañana o en la tarde.

Cowan y Lowe (1998), a partir de sus estudios indican que las vacas aprovechan entre 30 y 50% de las pasturas. Herrero *et al.* (2000b) citan a Herrero (1997), que reporta aprovechamientos de la materia verde de pasto kikuyo entre 15 y 30% en la región de Poás. Los autores explican que esto es debido a las altas cantidades de suplementos que recibe el hato en pastoreo y que esto enmascara cualquier efecto del manejo orientado hacia la producción de pasturas. Este factor que mencionan los autores es probable que se haya presentado en este estudio, ya que la suplementación que recibió el hato en pastoreo fue elevada (Sección 3.6).

3.5.2. Consumo (kg por vaca por día)

En el Cuadro 68 se muestra el consumo de pasto kikuyo por vaca por día, producto del pastoreo en un potrero desmenuzado y uno no desmenuzado. Los resultados de este cuadro se generaron a partir de la diferencia entre la disponibilidad total de pasto y el rechazo total. En el cuadro mencionado se observa mayor consumo durante la época semiseca lo que coincide con el aumento de disponibilidad de pasto en esta época (Cuadro 31). Este comportamiento confirma que el consumo aumenta al aumentar la disponibilidad de las pasturas de clima templado (Bargo *et al.* 2003) El análisis de correlación entre disponibilidad de MS total y el consumo de MS total tiene un coeficiente de correlación de 0,5 ($p \leq 0,05$).

Cuadro 68 Consumo estimado (kg de MS) por vaca y total, en pasturas desmenuzadas y no desmenuzadas; en San José de la Montaña, Barva, Heredia

	2004		2005			
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa	
No desmenuzado	2,61 ^a	1,94	5,18 ^b	2,69	3,81 ^{ab}	2,15
Desmenuzado	2,29 ^a	2,16	4,02 ^{ab}	2,47	4,94 ^b	2,06
Total diario	4,90		9,20		8,75	

Superíndices diferentes en niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; \pm = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 20, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005= 16

Posteriormente se presentó menor consumo, durante la época lluviosa del año 2005 y aún menos durante la época lluviosa de 2004, que también coincide con la disponibilidad del pasto. Sin embargo, en los potreros desmenuzados no se mostró precisamente el mejor consumo durante la época lluviosa de 2004, lo que pudo deberse a que el efecto sustitutivo que provocó la suplementación que recibió el hato enmascaró el efecto del manejo que se le dio al pasto.

3.6. Consumo de MS de forraje por vaca por día a partir de los datos de producción, utilizando el método denominado “reversa”

Con el fin de comprobar el consumo de pasto por parte de las vacas en pastoreo estimado en la sección 3.5.2. se utilizó un modelo basado en la producción promedio de las vacas según la época del año, con la ayuda del modelo del NRC (2001). La calidad del pasto suplementado en canoa en el presente estudio, la del alimento balanceado y las materias primas suplementadas a las vacas en pastoreo se describen en el Cuadro 28.

Mears (1970) citado por Herrero *et al.* (sf), establece que es poco probable que los animales que consumen pasturas de kikuyo experimenten deficiencias proteicas, Sánchez (2004) indica que el contenido energético es el factor más limitante para el ganado bovino en producción y en pastoreo, por esto el balance se

realizó con base en la EN_i (Cuadro 69). El que se produjera menor cantidad promedio de leche por vaca por día durante la época lluviosa de 2004 se debió probablemente a que junto con las “vacas de primera”, durante esa época estuvieron pastoreando también “vacas de segunda”, como se explicó en la sección 2.1.3.

Reeves (1997) advierte que con el cálculo del consumo utilizando técnicas de reversa, a partir de ecuaciones generalizadas, puede que no sea una verdadera representación del consumo individual de cada animal, es por esto que se utilizaron datos promedio del hato así como de la calidad, para estimar el consumo del pasto promedio, según la época.

Van der Grinten *et al.* (1992) indican que el método de reversa es un parámetro confiable para determinar la utilización de la pastura al compararlo con la producción de leche anual por hectárea, la cual es influenciada por la carga animal, el uso de alimentos balanceados u otros suplementos, pero que no se sabe con seguridad si la energía que genera el pasto se acerca a la cantidad disponible en la pastura o si se puede aumentar la carga animal. Estos autores citan a varios autores (Cox *et al.* 1956, Logan y Pigden 1969 y Crowder y Chheda 1982) quienes recomiendan el uso del método de la reversa, sin embargo advierten que las estimaciones obtenidas a partir de éste método no se deben utilizar para formular raciones, pero que brinda una medida indirecta del rendimiento de la pastura, además citan a Wallace (1956) que reporta que la estimación del pasto consumido por las vacas en pastoreo depende tanto del método de reversa como de la técnica de corta y muestreo de la pastura.

El que las Mcal de EN_i de los ingredientes de la dieta por separado del Cuadro 69 no suman exactamente las cantidades esperadas, se debe a que al estimar el valor energético de un alimento depende de otros alimentos que se sinergizan, alterando así su capacidad energética individual. La concentración de EN_i de los alimentos no son constantes según el sistema NRC (2001), ellos van a variar

dependiendo de la composición de los alimentos, composición de la dieta y el nivel de consumo de MS (Weiss 2002).

Cuadro 69. Balance energético¹ (Mcal ENI día⁻¹) para una vaca Jersey² según la producción promedio, el alimento suplementado y el pasto consumido en pastoreo, en base a la MS total del pasto, en comparación al estimado mediante el método de reversa.

	2004		2005
	Lluviosa	Semiseca	Lluviosa
Producción (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	16	19	19
Requerimiento (Mcal día ⁻¹) A	22,7	25,1	25,1
Suplementado (Mcal día ⁻¹) B	17,7	19,8	19,7
Suplementos no pasto ³	14,7	15,9	16,2
Pasto kikuyo canoa ⁴	3,4	4,5	3,9
Faltante aproximado(Mcal día ⁻¹) A-B	5,0	5,3	5,4
Consumo pasto MS total(kg día ⁻¹)	4,90	9,20	8,75
ENI aportada (Mcal día ⁻¹)	6,4	13,9	13,9

¹Estimado a partir de datos de producción, mediante el modelo NRC (2001)

² Anexo, Cuadro A9 a excepción de la producción que varía según la época.

³ Suplemento balanceado, DDGS, citropulpa peletizada y melaza (Cuadro 28)

⁴ Cuadro 28.

El consumo que estimado por el método de reversa para cada época sería de 3,2; 3,7 y 3,6 para las épocas lluviosa de 2004, semiseca de 2005 y lluviosa de 2005, respectivamente (al dividir la EN_i faltante entre la cantidad de EN_i del pasto, Cuadro 58.), lo que es incongruente con el estimado de consumo diario por animal por día presentado en el Cuadro 68.

Van der Grinten et al. (1992) reportan, mediante el método de reversa consumos de pasto kikuyo de entre 4,4 y 8,0 kg MS vaca⁻¹ día⁻¹(n=42), en cuatro fincas en la región de Poás, en las cuales los suplementos satisfacían entre 45 y 68% de los requerimientos energéticos de las vacas en producción (las cuales oscilaban entre 9,2 y 19 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹). Se debe resaltar a partir del método de reversa, presentado en el Cuadro 69, aproximadamente el 78% de la EN_i requerida por las vacas en lactación, es suministrada mediante los suplementos ofrecidos fuera de los potreros de kikuyo (83% proveniente de suplementos diferentes al pasto y 17% proveniente del pasto kikuyo de corta, ofrecido en canoa), mientras que sólo el 22% es producto del pastoreo (obteniéndose a partir del pasto

kikuyo tanto de corta, como de pastoreo un 35% de los requerimientos). Esto contribuye a explicar el bajo aprovechamiento de las pasturas como se discutió en la Sección 3.5.1.

A partir del Cuadro 69 se infiere que durante la época lluviosa del año 2004, la estimación del consumo energético a partir de los datos obtenidos en campo presentan un porcentaje de error de 22 con respecto al consumo energético estimado mediante el método de reversa. Posteriormente, en el año 2005 tanto en la época semiseca como la lluviosa, el porcentaje de error que se presenta entre los datos obtenidos en campo y el método de reversa es de 61%. Este efecto observado puede deberse a que el consumo de los animales en las pasturas no fue necesariamente de hojas y que al adjudicar un valor energético a la MS consumida, se incurrió en el error de sobreestimar el valor energético de dicha MS. Esta situación es bastante probable que se presente en el área desmenuzada, durante la época lluviosa de 2005, en el que se presenta mayor porcentaje de aprovechamiento (Cuadro 67) que el porcentaje de hojas presente en la pastura (Cuadro 32), aunque también es probable que se diera dicha situación en potreros no desmenuzados durante la época semiseca de 2005, en que la proporción de hojas apenas superaba entre 5 y 10% al aprovechamiento que se registró luego de ingresar las vacas a los potreros desmenuzados y no desmenuzados respectivamente, lo que también hace pensar que el consumo de los animales no fue solamente de hojas y éstos podrían haber ingerido tallos y tal vez material senescente de manera accidental (situación difícil de estimar).

Reeves (1997) indica que la determinación del consumo de kikuyo, utilizando técnicas basadas en la pastura, es difícil debido a la alta proporción de material estolonífero que no es disponible para el animal. Al estimar el consumo con base en la MS total de la pastura (sin tener en cuenta la estructura), los valores son sobreestimados al no hacer diferencia entre la MS de las hojas (que es en realidad lo que prefieren las vacas) vs. la MS total (hojas+ tallos/ estolones + senescente/ muerto) (Cuadro 61), que en su mayoría no es consumido. Las hojas y el material

verde describen de mejor manera la disponibilidad de la pastura en especies tropicales que el total del material; debido a la preferencia de las hojas por parte de los rumiantes, y a que a menudo las hojas no son el principal componente de una pastura (Stobbs 1975, Hendrichsen y Minson 1981, Cowan *et al.* 1986 y Humpreys 1991, citados por Herrero *et al.* 2000a, Cowan y Lowe 1998), como se constata en el Cuadro 32. Andrewes (2002) indica que las vacas siempre seleccionan las hojas del kikuyo y dejan los tallos, a menos que sean forzadas a hacerlo, además que el comportamiento de las vacas en pastoreo es el mejor indicador de la calidad del alimento. Con esto se podría deducir que el estimar el consumo de rumiantes en pastoreo con base en la disponibilidad de kg de MS obtenida a partir de cortes realizados a ras del suelo no representan el consumo real de los animales.

Es por esto que en el Cuadro 70 se presenta el porcentaje de aprovechamiento y en el Cuadro 71 el consumo estimado de pasto kikuyo por vacas en pastoreo con base en la biomasa de hojas disponible en los potreros (Cuadro 33) y a las hojas rechazadas (Anexo, Cuadro A8).

Cuadro 70. Aprovechamiento (%) del pasto kikuyo desmenuzado y no desmenuzado, a partir de la MS de las hojas disponibles durante tres épocas, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca	Lluviosa				
	x	±	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	25	15	17	13	26	10	23	13
Desmenuzado	28	16	29	12	27	7	28	12
Promedio de la época	27	15	23	14	27	8	26	13

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar
n Lluviosa 2004 = 20, n Semiseca 2005 = 18 y n Lluviosa 2005= 16

Del Cuadro 70 se infiere que del 100% de las hojas producidas en la pastura, en promedio sólo se utilizó el 26% por el hato en pastoreo, en contraposición a lo que se había estimado anteriormente con relación al % de aprovechamiento de la MS total. Esto es probablemente debido a que se realiza la estimación con base en la MS de las hojas (Cuadro 61) solamente, la cual va a ser diferente a la MS total

obtenida a partir de cortes a ras del suelo, el cual incluye MS de tallos/ estolones y de material senescente/ muerto también.

El nivel de aprovechamiento que se obtiene a partir del consumo del hato de las hojas disponibles en la pastura de kikuyo es mayor al aprovechamiento que se obtiene con base en la MS total, esto se debe a que el total de biomasa disponible es mayor que la producción de hojas (kg MS ha^{-1}), o sea es un efecto de mayor volumen. Se debe resaltar que aunque el tratamiento no provoca efecto estadísticamente significativo, aparentemente hubo mayor utilización de la pastura en áreas tratadas, en promedio 5% más. Al realizar un análisis de correlación entre disponibilidad de hojas (kg MS ha^{-1}) y aprovechamiento, se encuentra que ambas variables se correlacionan de manera positiva (coeficiente 0,21), aunque en este caso tampoco es significativa esta correlación ($p > 0,05$).

En el Cuadro 71 se presenta el consumo estimado de hojas por vaca por día

Cuadro 71. Consumo estimado (kg de MS de hojas), por vaca en pastoreo, en áreas desmenuzadas y no desmenuzadas y el total por día en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	2004		2005			
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa	
	x	±	x	±	x	±
No desmenuzado	1,79	0,97	1,44	1,59	1,22	0,48
Desmenuzado	2,08	1,71	2,17	1,22	1,29	0,90
Total diario	3,87		3,61		2,51	

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar
n Lluviosa 2004 = 19, n Semiseca 2005 = 19 y n Lluviosa 2005= 16

Aunque no se presentaran diferencias estadísticamente significativas en el consumo estimado de hojas, fue en los potreros desmenuzados donde se observó el mayor consumo durante la época lluviosa del año 2004. Durante la época semiseca de 2005 los potreros desmenuzados, en comparación con los no desmenuzados, son los que presentaron el mejor consumo y en la época lluviosa de 2005 el consumo entre potreros tratados y no tratados fue muy parecido y puede que confirmen una

vez más que el efecto del desmenuzado ha desaparecido. Al realizar un análisis de correlación entre disponibilidad de biomasa de hojas y consumo de hojas se encuentra que la correlación (con un coeficiente de 0,56) es significativa ($p \leq 0,05$), por lo que se apoya la idea de que a mayor disponibilidad de hojas en la pastura, mayor es el consumo.

Los valores estimados de consumo que se presenta en el Cuadro 71 son menores a los que se presentan el Cuadro 68 y esto confirma que se sobreestima el consumo al obtenerlo a partir de un dato de MS total. Debe recordarse que las vacas en pastoreo además consumen alimento balanceado, materias primas y pasto suplementado en canoa, por lo que el consumo en potrero aunque es pequeño, es factible.

En el Cuadro 72 se presenta el resultado obtenido al realizar la comparación entre el consumo energético estimado por el método de reversa y el consumo energético obtenido por los animales al estimar el consumo con base en las hojas.

Cuadro 72. Balance energético¹ (Mcal ENI día⁻¹) para una vaca Jersey² según la producción promedio, el alimento suplementado y el pasto consumido en pastoreo, en base a la MS de las hojas del pasto kikuyo, en comparación al estimado mediante el método de reversa.

	2004		2005	
	Lluviosa	Semiseca	Lluviosa	
Producción (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	16	19	19	
Requerimiento (Mcal día ⁻¹) A	22,7	25,1	25,1	
Suplementado (Mcal día ⁻¹) B	17,7	19,8	19,7	
Suplementos no pasto ³	14,7	15,9	16,2	
Pasto kikuyo canoa ⁴	3,4	4,5	3,9	
Faltante aproximado(Mcal día ⁻¹) A-B	5	5,3	5,4	
Consumo pasto MS hojas(kg día ⁻¹)	3,87	3,61	2,51	
ENI aportada (Mcal día ⁻¹)	6,4	5,5	4,1	

¹Estimado a partir de datos de producción, mediante el modelo NRC (2001)

² Anexo Cuadro A 9 a excepción de la producción que varía según la época.

³ Suplemento balanceado, DDGS, citropulpa peletizada y melaza (Cuadro 26)

⁴ Cuadro 26.

El consumo que estima el método de reversa para cada época (3,2; 3,7 y 3,6 para las épocas lluviosa del año 2004, semiseca de 2005 y lluviosa de 2005 respectivamente) dista poco de los estimados a partir de la MS de las hojas (Cuadro 71) con respecto a los presentados en el Cuadro 69, con base en la MS total. El que durante la época lluviosa de 2004 el consumo energético basado en la MS total y de MS de hojas sean similares puede deberse a la relación hoja: tallo que se presentó durante esta época, tanto en potreros desmenuzados (66:33% respectivamente) como no desmenuzados (48:51% respectivamente), mientras que en el año 2005 la relación entre los componentes de la materia verde es en promedio de 42% hojas y 58% tallos/ estolones, lo que puede que dificulte más la estimación de este parámetro al utilizar el método del Botanal®.

Así, retomando que al estimar el consumo con base en la MS total, cuando la proporción de hojas presente en el material verde es alrededor de 42% (y tal vez menos), se presenta un margen de error de 61,5%; mientras que cuando el porcentaje de hojas con relación al material verde se encuentra entre 48 y 66% aproximadamente (y tal vez más), y que al realizarlo con base en la MS de las hojas, el margen de error se encuentra entre 9 y 24%, con respecto al método de reversa. Con esto se confirma que al estimar el consumo del pasto kikuyo de las vacas en pastoreo se debe realizar con base en la MS de las hojas disponibles si la mayoría del material verde no son hojas, ya que si se realiza con base en la MS total (y la mayoría de su materia verde no son hojas) se incurre en un error de sobreestimar el consumo, con lo que se esperaría una producción mayor, la cual no llegaría a presentarse. El consumo y la producción por el hato están relacionados con las hojas verdes o las hojas verdes ofrecidas, en vez del total de la MS (Wilson y t' Mannelje 1978, Murtagh et al. 1986, Stobbs 1997, citados por Fulkerson y Slack 1993). Con esto se reafirma la importancia de que los potreros contengan una pastura de kikuyo en crecimiento activo, y que así la estimación del consumo sea más fácil de lograr; sin embargo en cuanto a este punto sería necesario realizar mayor investigación.

3.7. Carga animal

Entre mayor sea el potrero de kikuyo y/ o menor la presión de pastoreo, quedarán más montículos de residuos (debido a excremento, material senescente y estolones), luego de cada pastoreo, ya que esto se mantendrá sin pastorear y la calidad disminuirá; por lo que cualquier área sin pastorear, permanecerá para el próximo ciclo con una calidad muy pobre (KAG 2002b). En la Finca La Amalia el sistema de rotación de los potreros consiste en que las vacas pastorean dos franjas al día, en potreros de tamaño fijo; Slack y Fulkerson (2003) recomiendan este sistema de pastoreo como parte de un plan de manejo para el kikuyo al reducir la contaminación y la selección de las pasturas, por el hato; por esto se consideraría continuar este sistema, manteniendo el número de potreros y su área. Se busca entonces conocer su carga animal.

La carga animal real en las pasturas de kikuyo durante la época de muestreo, en términos de “unidad animal estándar” (UA)⁴ por hectárea, fue de 6,06 (carga estable), estimado a partir del consumo de MS total, mientras que si se estima con base en el consumo de MS de las hojas, la carga estable sería de 2,51 UA ha⁻¹ y si se realiza un estimado de la carga animal que soportan las pasturas con base en promedio de ENI ha⁻¹, la carga estable se aproxima a 3,11 UA ha⁻¹. Qwinlan *et al.* (1975) citados por Reeves, (1995), recomiendan cargas estables entre 2,5 y 5 para pasturas de kikuyo, mientras que KAG (2002b) indica que cargas animales estables menores a 3 son inadecuadas en pasturas de kikuyo. Esto hace suponer que la carga animal en las pasturas de la finca La Amalia son bajas. Si se tiene en cuenta que las recomendaciones mencionadas son procedentes de Australia y de Nueva Zelanda, donde la disponibilidad reportada del pasto es menor a la disponibilidad presente en las pasturas de la finca La Amalia (la cantidad de biomasa producida en estas zonas es comparable con la cantidad de biomasa de las hojas producida en la

⁴ Vaca Jersey de 450 kg de peso vivo, de condición corporal 3, con 5,5 años de vida (3^a lactancia), no preñada y sin producir leche, cuyo consumo de pasto kikuyo se estima en 8,29 kg MS para satisfacer sus requerimientos de mantenimiento (NRC, 2001).

finca La Amalia, Cuadro 33), probablemente por este motivo es que en la finca La Amalia el aprovechamiento de las pasturas es relativamente bajo.

En términos de vaca, tomando como referencia una “vaca ejemplo de la Finca La Amalia” (Vej), como la descrita en el Cuadro A9 del Anexo, la carga estable sería de 3,86 Vej ha⁻¹ (estimado con base en el consumo de MS total, mientras que con base en el consumo de MS de hojas sería de 1,60 Vej), lo que significa que la presión de pastoreo que ejerce el hato en el potrero equivale aproximadamente a la presión que harían 3,86 (1,60) Vej ha⁻¹ para mantenerse y producir, solamente con base en el pasto. Sin embargo, debido a la suplementación recibida, es que el número de vacas en pastoreo es mayor.

Davison *et al.* (1985) citados por Cowan y Lowe (1998) recomiendan cargas estables de 3 vacas ha⁻¹ para zonas tropicales de altura, con más de 1250 mm de precipitación y 400 kg de N ha⁻¹ año⁻¹. KAG (2002b) refuerza estas ideas al recomendar más de 3 vacas ha⁻¹ para evitar montículos en la pastura, sin embargo, también estas recomendaciones son procedentes del Continente Oceánico y es muy probable que para el comportamiento de las pasturas en Costa Rica las cargas puedan aumentar.

Sánchez (2001), denota que el aumento en la disponibilidad de pasto y el consiguiente consumo mayor, promueve un mayor consumo energético por los animales; sin embargo, una disponibilidad de pastura muy grande puede dar como resultado el deterioro de la calidad de la pastura por el aumento de la altura de los residuos luego del pastoreo (Peyraud y Delaby 2001; citados por Bargo *et al.* 2003). Herrero *et al.* (sf) están de acuerdo con lo anterior y confirman esta situación para el pasto kikuyo, ya que al formar un colchón de estolones cuando es pastoreado de manera leve causa una disminución en la calidad del potrero y aumenta su altura. Reeves (1997) explica que mientras el kikuyo madura, la elongación de tallos disminuye la densidad de hojas y presumiblemente reduce el consumo por bocado, por lo que aumentaría el tiempo y la energía requerida por el animal para cosechar

las hojas. Stobbs (1975); Chacon y Stobbs (1976) y Hodgson (1985); citados por Herrero *et al.* (2000a) concuerdan con lo anterior al advertir que los animales prefieren disminuir su consumo en vez de tener que alimentarse de grandes cantidades de tallos.

La selección por parte de los animales de hojas sería mayor en los potreros donde la disponibilidad de ellas es mayor, siendo más fácil el consumo de hojas en potreros con mayor proporción de hojas dada la mejor calidad disponible del forraje y el mejor uso del tiempo real de pastoreo, como lo recomiendan Sánchez (2003); y Chacón y Stobbs (1976) citados por Herrero *et al.* (sf). Situación que es más probable que se presente en potreros desmenuzados.

En el caso que se desee aumentar la carga animal se debe tener en cuenta el manejo de la pastura, lo que afectará en gran medida la disponibilidad de las hojas para el animal en pastoreo y la suplementación, que permite mayor carga animal por unidad de área, optimizándose así el uso de la pastura.

Sánchez (2003) recomienda como regla general, para pasturas tropicales, que la disponibilidad de MS en los potreros sea el doble de lo que se espera que la vaca consuma, por lo que se entiende un aprovechamiento del 50%, Murtagh y Moore (1987) recomiendan un aprovechamiento del 67% para pasturas tropicales, lo más probable es que si se buscan aprovechamientos como los anteriores, los animales que pastorean en pasturas de kikuyo sin desmenuzar o que ya han perdido el efecto del desmenuzado se vean obligados a consumir tallos como parte de su dieta, ya que la proporción de hojas en la pastura se encuentra entre 21 y 32% (Cuadro 30) en estos potreros. Al aumentar la carga animal, la presión de selección hacia partes predilectas de las plantas aumenta hasta que los animales tengan que consumir parte de la fracción de los tallos, especialmente en pasturas tropicales, donde ésta puede conformar gran parte de la materia verde. (Herrero *et al.* 2000a, Cowan y Lowe 1998 y Andrewes 2002). Por otra parte, Fulkerson y Lowe (2002) indican un consumo de 2/3 de la pastura en oferta, por encima de 5 cm de altura; estiman que 1

t ha⁻¹ de MS de hojas que equivaldría a entre 2,4 y 4 t de MS total por ha en oferta para pasturas de clima tropical. Estos autores en sus estimaciones fraccionan la MS total, con lo que se aseguran de no asignar aprovechamientos que puedan incluir más allá de la porción correspondiente a las hojas, al excluir además la mayoría de estolones y material senescente/ muerto al tomar en cuenta solamente la biomasa por encima de los 5 cm en relación con el nivel del suelo.

Entonces, teniendo en cuenta que los animales seleccionan y consumen en su mayoría hojas, se debe elegir un aprovechamiento de la pastura de manera que la carga animal no presione al consumo de tallos y si se tiene en cuenta además las proporciones de la estructura de la pastura, la accesibilidad que el animal pueda tener a las hojas (Figura 15), se reconoce que en potreros no desmenuzados o donde se ha perdido el efecto del desmenuzado, el aprovechamiento de estas hojas va a ser aún menor, además donde se presentan estratos muy altos, el volteo de la pastura (por el viento o por el tránsito de los animales) provocará menor acceso de los mismos a estas hojas, por lo que se podrían aproximar aprovechamientos para diferentes situaciones, según sea el manejo de la pastura, que afecta la disponibilidad de las hojas y la accesibilidad que poseen los animales a ellas.

CAPÍTULO IV

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

4.1. Monitoreo de la fertilidad del suelo de la finca La Amalia, luego de implementar un programa de fertilización para un ciclo productivo de un año

Los resultados de los análisis de suelo realizados se encontraron dentro de rangos normales para la zona, los cuales son considerados adecuados para el desarrollo de la mayoría de los cultivos. La práctica de desmenuzar la pastura de kikuyo no afectó el contenido mineral del suelo donde se realizó esta labor, mientras que el efecto del programa de fertilización (efectuado durante el primer trimestre de análisis), sí provocó diferencias, con respecto al análisis realizado previo a la investigación.

4.2. Evaluación de la práctica cultural denominada “ mulch” o desmenuzado en potreros de pasto kikuyo

En promedio se obtuvo una disponibilidad de biomasa total de 7238 ± 2392 kg MS ha⁻¹ por período de rotación, en potreros de pasto kikuyo. La práctica de desmenuzar la pastura disminuyó la disponibilidad de biomasa total en 34% durante el primer trimestre (época lluviosa) luego de realizar el desmenuzado; en el trimestre siguiente (época semiseca) la producción entre ambas áreas fue muy similar y en la época lluviosa siguiente la zona desmenuzada superó en 16% la no desmenuzada, en cuanto a producción de biomasa total.

La práctica de desmenuzado produjo cambios proporcionales en la composición morfológica de la pastura de kikuyo como se describe a continuación: hubo un aumento de 36% en la proporción de hojas, una disminución de 23% de tallos/ estolones y también una disminución de 29% en el material senescente/ muerto en pasturas de kikuyo desmenuzadas, en los primeros meses del estudio. Sin

embargo, seis meses después del desmenuzado, la composición de la estructura de la pastura perdió el efecto del tratamiento, semejándose a los potreros no tratados.

Por otra parte, la producción de hojas en kg de MS ha⁻¹ fue similar en pasturas desmenuzadas en comparación a pasturas no desmenuzadas. Puede que esta variable haya sido afectada principalmente por el efecto de la fertilización, más que por el efecto del tratamiento, ya que se presentó significativamente mayor biomasa de hojas durante la época (lluviosa) en que se aplicó el programa de fertilización, que en la época lluviosa siguiente, por lo que se recomienda que la práctica de desmenuzado vaya acompañada de un programa de fertilización.

El desmenuzado provoca un efecto de poda en el pasto kikuyo que lo estimula a producir mayor cantidad de rebrotes al eliminar (al menos temporalmente) la dominancia apical. Los resultados sugieren que es recomendable desmenuzar el pasto y luego variar los días de rotación o la carga animal, con el fin de mantener el kikuyo en un estado de crecimiento activo. Además, se debe tener en cuenta que al desmenuzar un potrero (o bien cortarlo para conservarlo mediante “silopacas”), aumenta la presión de pastoreo sobre los otros potreros, favoreciendo también el crecimiento activo de la pastura en estos. Se recomienda realizar más estudios para poder identificar con mayor certeza los períodos de crecimiento rápido en las diferentes regiones del territorio nacional donde se produce el pasto kikuyo.

En cuanto a la composición botánica de la pastura, el desmenuzado no produjo efecto en cuanto a la proporción de kikuyo ni a la proporción de otras gramíneas, trébol, o malezas, en tanto que se presentó una reducción de la proporción del material senescente en los potreros desmenuzados en el primer trimestre posterior al desmenuzado.

En general, el tratamiento no produjo efecto estadísticamente significativo en cuanto a la calidad nutricional de las hojas de la pastura. Sin embargo se presentó una mejoría de 3,6 unidades porcentuales en cuanto a la DIVMS en potreros tratados

con respecto a los no tratados, aún en pasturas donde el efecto del tratamiento en lo que a composición morfológica se refiere, ya se había perdido. En cuanto a los componentes nutricionales, en algunas de las variables analizadas, sí se presentó un efecto producto de la época en la que se recolectaron las muestras. A continuación se presentan las conclusiones de los análisis bromatológicos efectuados:

Durante las épocas lluviosas se obtuvieron menores proporciones de MS (17 y 19%, para la época lluviosa bien establecida y para inicios de la misma, respectivamente) en comparación a la época semiseca (25%) y se obtuvo menor DIVMS (63%) en comparación con la época semiseca (70%). Mientras que durante las épocas lluviosas se obtuvieron mayores contenidos de PC (23% de la MS) en comparación con la época semiseca (21% de la MS). En las pasturas de kikuyo analizadas se produjeron en promedio 557 kg de PC ha⁻¹, viéndose este parámetro, favorecido por el aumento de hojas en la pastura probablemente debido a la fertilización. Al fraccionar la proteína se encontró que sus componentes no varían a lo largo del año: 39% de proteína soluble, 53% de proteína insoluble aprovechable y 8% de proteína insoluble no aprovechable (en base al contenido de PC).

No se presentó efecto estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) producto de la época en cuanto a FDN (58 % de la MS), hemicelulosa (29 % de la MS) y CNF (9 % de la MS). En cuanto a la lignina y la celulosa, aunque la época provoca diferencias significativas, no fue concordante con el aumento o la disminución de la precipitación. Los valores promedio fueron 24 y 2,67 % de la MS, respectivamente.

Durante las épocas lluviosas se obtuvieron menores contenidos de FDA (28% de la MS) en comparación con la época semiseca (31% de la MS)

Durante las épocas lluviosas se obtuvieron significativamente menores contenidos de Ca (0,35% de la MS) en comparación con la época semiseca (0,52% de la MS), menor contenido de Mg (0,23 y 0,31% de la MS correspondientes a la época lluviosa bien establecida y principios, respectivamente) en comparación con la

época semiseca (0,36% de la MS), menor contenido de Mn (78 y 46 mg kg⁻¹ de MS correspondientes a la época lluviosa bien establecida y principios, respectivamente) en comparación con la época semiseca (101 mg kg⁻¹ de MS) y menor contenido de Fe (98 mg kg⁻¹ de MS) en comparación con la época semiseca (131 mg kg⁻¹ de MS). Por otra parte, durante las épocas lluviosas hubo mayores contenidos de Cu (10,7 mg kg⁻¹ de MS) en comparación con la época semiseca (8,5 mg kg⁻¹ de MS). En cuanto al contenido de P, K y Zn, aunque la época provoca diferencias significativas ($p \leq 0,05$), no fue concordante con el aumento o la disminución de la precipitación (0,37, 2,94 % de la MS para el P y el K, respectivamente; y 29 mg kg⁻¹ de MS para el Zn).

El contenido energético tampoco fue afectado por el tratamiento. En promedio, el 64% de la MS conformó el valor del TDN en el pasto kikuyo, viéndose este valor influenciado de manera positiva probablemente por el programa de fertilización efectuado.

Probablemente, al igual que el valor de TDN, la ED, EM, EN_i(3x) y EN_g se vieron influenciadas de manera favorable por la fertilización efectuada en las pasturas. Se obtuvo en promedio 2,98, 2,37, 1,48 y 0,96 Mcal kg⁻¹ de ED, EM, EN_i(3x) y EN_g, respectivamente. Además, se estima que en promedio se obtuvo a partir de las hojas producidas en las pasturas de kikuyo 3603 Mcal ha⁻¹ por período de rotación.

4.3. Descripción de las estructuras componentes de la pastura de kikuyo

Con un manejo normal de las pasturas se registró que al finalizar el período de recuperación, aproximadamente el 30% de los rebrotes tenían 4 hojas; presentándose durante la época semiseca una distribución similar entre menos de 4 hojas por tallo y más de 4 hojas por tallo, mientras que durante la época lluviosa analizada se presentó mayor cantidad de rebrotes con más de 4 hojas, por lo que se recomienda disminuir los días de rotación durante esta época y tener en cuenta que

si se está realizando un programa de fertilización, el crecimiento será no sólo más rápido, sino de mayor producción de biomasa de buena calidad. Además se advierte que este parámetro es relevante sólo si se coordina la edad fenológica de la pastura (mediante la remoción de los residuos postpastoreo) de manera que la mayoría de rebrotes logren llegar a la etapa de las 4 hojas al mismo tiempo, para poder utilizar esta técnica de manejo y así definir el momento adecuado para pastorear un potrero, con el fin de obtener una pastura de crecimiento activo; en el que además se debe evitar la acumulación de material senescente y muerto, así como la producción excesiva de MS de tallos.

Las hojas verdes del pasto kikuyo presentaron mayor contenido de MS con respecto a los tallos/ estolones, mientras que el material senescente/ muerto presentó el mayor contenido de MS de las tres estructuras morfológicas que componen la pastura de kikuyo, por esto al realizar una determinación del consumo de la MS en una pastura de kikuyo se debe tener en cuenta que no toda esta biomasa va a ser accesible y apetecida por los animales en pastoreo. En general, las hojas presentaron mayor contenido de PC que los tallos. Por otra parte los resultados de los análisis de digestibilidad indican que el tallo posee mejor digestibilidad que la hoja. Sin embargo, se debe buscar aumentar la disponibilidad de hojas en la pastura debido a que es la estructura preferida por las vacas en pastoreo, que presenta mejor calidad nutricional y menor resistencia al corte. Además es precisamente con el desmenuzado que se estimula a la planta a producir rebrotes con altas proporciones de hojas, que aunque no sea mayor en términos de kg MS ha^{-1} , es de mejor acceso para el animal, en comparación con los pastos donde no se realizó el tratamiento, debido a una diferencia de exposición del área superficial.

4.4. Descripción de los estratos (bajo (1), intermedio (2) y alto (3)) presentes en pasturas de kikuyo

La altura de los estratos analizados fue mayor durante la época lluviosa y menor durante la época semiseca, sin embargo la fertilización provocó que la altura

de la pastura durante la época lluviosa en que fue aplicado fuera intermedia a la época semiseca (cuando se produce mayor cantidad de biomasa) que a la época lluviosa siguiente (cuando se produce menor cantidad de biomasa). Se concluye que el estrato más bajo (1) presentó proporcionalmente mayor cantidad de hojas que los estratos intermedio (2) y el más alto (3), que el estrato más alto presentó mayor proporción de tallos que los otros estratos y que el material senescente fue proporcionalmente similar en los tres estratos. Es por este motivo que se recomienda el corte a ras del suelo al muestrear las referencias reales al realizar el Botanal®. En términos de biomasa de hojas producida, aunque fuera en el estrato más alto donde se produjo mayor cantidad de kg de MS ha⁻¹ de hojas, no toda esta biomasa va a ser accesible para el rumiante en pastoreo. Es necesario realizar mayor investigación en cuanto a la accesibilidad de los animales en pastoreo a las hojas, según sea la estructura y la altura de la pastura.

4.5. Utilización de la pastura de kikuyo, determinada mediante los datos obtenidos en campo

En cuanto al aprovechamiento de la MS total se estima que en promedio se aprovechó el 21% de las pasturas y que este es un valor bajo con respecto a valores recomendados en la literatura, probablemente debido a que en la finca donde se realizó la investigación aproximadamente el 78% de la energía requerida por los animales en pastoreo fue suministrada por los suplementos. Por este motivo se recomienda que si se desea obtener un mejor provecho a partir de las pasturas se considere el disminuir la suplementación.

4.6. Consumo de MS de forraje por vaca por día a partir de los datos de producción, utilizando el método denominado “reversa” y en comparación con los obtenidos en campo

Al evaluar el consumo promedio de las vacas utilizando el método de reversa, se constató que para dos de las épocas evaluadas no concordaron los valores

estimados mediante los datos obtenidos en campo y este método. Sin embargo, al estimar el consumo del pasto kikuyo de las vacas en pastoreo con base en la MS de las hojas disponibles, cuando la proporción de hojas en la pastura fue menor a un tercio (como en el caso de las épocas mencionadas), la estimación del consumo mediante este método fue más próximo al estimado mediante el de reversa (entre 9 y 24 % de diferencia entre métodos) en comparación al realizado con base en la MS total (cuando la mayoría de su materia verde no son hojas) en el que se incurre en un error mayor (66% con respecto a lo estimado por reversa).

Los datos estimados de consumo son valores promedio para el hato y existe una desviación entre éstos y los reales de cada vaca, por lo que el método utilizado, (de tipo Botanal®) no es el método más adecuado para evaluar el consumo de animales individuales, si no más bien para evaluar el consumo de grupos de animales en pastoreo. Se recomienda realizar mayor investigación en cuanto a la estimación del consumo de los rumiantes en pastoreo.

4.7. Carga animal

A partir del aprovechamiento de la biomasa total de la pastura de kikuyo, se estima que la carga animal en la finca La Amalia fue durante el año en estudio de 6,06 UA ha⁻¹ de carga estable, lo que parece excesivo en comparación con los valores recomendados, mientras que si se estiman las cargas animales con base en los kg de MS de las hojas que se estima que consumen los animales, entonces se obtendría una carga de 2,5 UA ha⁻¹ estable, que aunque es más próximo a lo citado en la literatura, es una carga relativamente baja, aunque se justifica por la alta proporción de suplemento que se suministra.

El sistema de pastoreo con dos apartos al día es recomendable, ya que así se reduce la contaminación y la selección por parte de los rumiantes y es una técnica de manejo funcional en la finca estudiada.

Es necesario redefinir las bases de producción: si desea seguir haciéndolo con base en alimentos balanceados y materias primas o bien optimizar los recursos de la tierra mediante fertilizantes, siempre y cuando lo que se mejore sea el alimento para los rumiantes en vez del “colchón vegetal”, y así poder llegar a aproximar al máximo los valores de disponibilidad/ aprovechamiento /consumo en término de MS total, como en término de MS con base en hojas y las cargas animales en los potreros readecuadas en busca de aumentar la producción por unidad de área, como lo hacen los países que obtienen los mejores márgenes de ganancia a partir de su base de producción como lo es el pasto, y en el caso de Costa Rica, el pasto kikuyo que posee la cualidad de que debe ser utilizado de manera intensiva, o sea que requiere que las técnicas de manejo sean optimizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- ABATE, A. 1994. *An assessment of the mineral supply to dairy cows fed mixed diets*. East African Agriculture And Forestry Journal 59, 235-240.
- ABARCA, R. y MADRIZ, A. 1999. *Determinar la competitividad económica de la explotación lechera especializada de las zonas alta del Valle Central (Cartago) y San Carlos (Alajuela) ante el convenio marco del GATT*. Tesis. Lic. Economía Agrícola, Facultad de Agronomía, UCR. Pp 8-17, 22-44, 85-139.
- AGUILAR, H. 2001. *Plan de desarrollo para una finca lechera especializada, analizando cinco alternativas en Oreamuno de Cartago*. Tesis Lic. Zootecnia, Facultad de Agronomía. UCR. pp. 1-60
- AGROSOFT Ltda., 2000. *Pennisetum clandestinum Hochst. ex Chiov. Kikuyo*. Especies forrajeras Versión 1.0. Reporte de Especie No. 5. Medellín, Colombia.
- *ALBERDA, T. 1966. *The influence of reserve substances on dry matter production after defoliation*. Proceedings of the X International Grassland Congress, Helsinki, Finland, 1996. Pp 140-147.
- *ALLISON, M.J, LITLEDIKE, E.T. and JAMES, L.F.(1977) *Changes in ruminal oxalate degradation rates associated with adaptation to oxalate ingestion*. Journal of Animal Science. 45: 1173-1179.
- *ALLDEN W.G. Y WHITTAKER, I. A. 1970. *The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability* . Australian Journal of Agricultural Research 21:755-766.
- *ANDRADE, G.E., REY y BLUE W.G. 1964. *Fertilizer response and dry season changes in the Pacific Region of Costa Rica*. Tro. Agri. (Trin) 41 Pp 31-29.
- ANDREWES, W. y JAGGER, M. 1999: *Kikuyu management for milk in the new millennium*. Dairyfarming Annual Palmerston North 51: 205-214.
- ANDREWES, W. 2002. *Research report for Kikuyu Action Group AGM*.
- *ANNESSENS, M. 1989 *Essai de fertilisation du Pennisetum clandestinum au Cameroun: aspects qualitatifs et quantitatifs*. Tropicultura. 7: 54-59.
- *ANON, 1969. J. Agric. West Aust. 10: 459-463.
- ARROYO, Q.G. y GUTIÉRREZ, A. M. 2002. *Análisis del diagnóstico de fincas*. Presentación Cooperativa de productores de leche Dos Pinos.
- *ARC, 1984. *The Nutrient Requirements of ruminant livestock*. Supplement N° 1 Report of The Protein Group of the ARC Working Party. (Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal, UK.)

- AUDESIRK T. Y AUDESIRK G., 1996. *Biología, la vida en la tierra*. 4ª ed. Editado por Quintanar, D. E. Prentice Hall. Denver. Colorado. USA.
- *ÁVILA, G. A. 1973. *Determinación de la composición química y digestibilidad "in vitro" del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum, Oct.) fertilizado*. Tesis Ing Agr.) UCR. 52 p.
- *AWAD, A. S., EDWARDS, D. G. y MILHAM, P. J. 1976. *Effect of pH and phosphate on soluble soil aluminium and on growth and composition of kikuyu grass*. Plant and soil, 45, 531-542.
- *AWAD, A. S., EDWARDS, D.G. and HUETT, D.O. 1979. *Seasonal changes in chemical composition of heavily fertilized kikuyu pasture and their potential effects on the mineral nutrition of grazing cattle*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 19:183-191
- AYALA, M. J. Y MONTERROSO, L. E. 1988. *Aspectos básicos sobre la biología de la Gallina ciega*. Manual para técnicos 2. PRIAG. Pp 7-25.
- *BAILEY, R.W. 1965 *Carbohydrate composition in relation to pasture quality*. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 26,164-172.
- BARGO, F. MULLER, L.D, E. S. KOLVER, y DELAHOY, J. E. 2003. *Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture*. Journal of Dairy Science. 86 (1): 1-42.
- *BASTIDAS, A. J; LOTERO y L CROWDER. 1976. *Frecuencia de corte, aplicación de nitrógeno en cuatro gramíneas de clima cálido*. Agr. Tropical 23 (11). 747-756.
- *BEEVER, D.E., TERRY, R.A., CAMMEL, S.B. Y WALLACE, A.S. 1978 *The digestion of spring and autumn harvested perennial ryegrass by sheep*. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 90: 463-470
- BERTSCH, H.F. 1987. *Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica*. 2ª ed. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 81 p.
- BERTSCH, H.F. 1998. *La fertilidad de los suelos y su manejo*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Pp 157.
- *BETTERIDGE, K. 1979. *An evaluation of mixed kikuyu and Ryegrass pastures grazed by sheep*. New Zealand Journal of experimental Agriculture, 7:53-58
- *BORDA, V. H ; IPAZ, S.N. 1999. *Diseño y construcción de un equipo renovador de praderas para tracción animal y su evaluación en Kikuyo Pennisetum clandestinum Hoechst, en los sistemas de producción de Barragán y Santa Lucía*. Trabajo de grado, Ing Agríc, Palmira: Universidad Nacional de Colombia y Universidad del Valle.
- BREALEY, J. 2004. *Descripción de las fincas La Amalia y San Juan*. 13/1/2004. Comunicación personal. San José de la Montaña, Barva. Heredia.

- *BROWN, R. H. y Simmons, R. E. 1979. *Photosynthesis of grass species differing in CO₂ fixation pathways. 1. Water use efficiency*. Crop Science, 19, 375-379.
- *BRUCE, R., EBERSOHN, J. P. 1982. *Litter measurements in two measured pastures in south-east Queensland*. Tropical Grasslands. 16: 180-185.
- BUCHANAN, I. K. y COWAN, R. T. 1990 *Nitrogen level and environmental effects on the annual dry matter yield of tropical grasses*. Tropical Grasslands 24, 299-304.
- BURGUER, W. 1980. *Flora Costaricensis. Feldiana Botany*. Field Museum of Natural History, Chicago, U.S.A.
- *CARRILLO, G. G. 1974. *Frecuencia de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de 6 gramíneas tropicales*. Tesis (Mg.Sc.). IICA. Turrialba. C.R.
- *CASSIDY, N.G. 1972 *Observations on nutrient deficiencies kikuyu grass (Pennisetum clandestinum)*, Queensland Journal of Agricultural and Animal Science. 29: 51-57.
- CABALCETA, G. y RIVERA, A. 2003. *Curvas de absorción de nutrimentos durante el establecimiento de potreros; absorción total de nutrimentos y efecto de las excretas, durante el pastoreo rotacional con ganado lechero, en los pastos Kikuyo (Pennisetum clandestinum), Estrella africana (Cynodon nlemfuensis) Toledo (Brachiaria brizantha cv. Toledo)*. En: 2do Congreso Cooperativo. Comité de Educación y Bienestar Social. EARTH. Julio 2003.
- CAMPBELL, C. M. y E. B. HO-A. 1971. Effect of level of nitrogen fertilization upon the nutritive values of Kikuyo and pangola grass. Proc. Western Section, American Society of Animal Science. 22:101-106
- CASTILLO, E. 1981. *Efecto de la fertilización nitrogenada en época lluviosa sobre la productividad de materia seca, composición química y digestibilidad in vitro del pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst) bajo pastoreo en el cantón de Coronado*. Tesis. Lic. Zootecnia, UCR.
- *CARO-COSTAS R.Y J.V. CHANDLER . 1960. *The yield and composition of five grasses growing in the humid of Puerto Rico, as affected by nitrogen fertilization, season and harvest procedures*. Journal of Agric. Of Ude P.R. 44 (3) 107:120.
- CASTRO, F. R. 2004. *Análisis del mercado de granos.1 disquete HD. 3 ½ pulgadas*. Documento distribuido por la Cooperativa de Productores Leche Dos Pinos, R.L.
- CATCHPOOLE V.R. y HENZELL E. F. 1971 *Silage and silage making from tropical herbage species*. Herbage Abstracts 41,213-221.
- *CHACON, E. y STOBBS, T.H. 1976a *Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle*. Australian Journal of Agricultural Research. 27: 709-727.

- *CLARK, D.A. y KANNEGANTI, V.R. 1998. *Grazing management systems for dairy cattle..* In *Grass for dairy cattle*. Cherney J.H. and Cherney, J.R., eds CAB International, Oxon, UK. P 331
- *COLE, D. J A. y VAN LUNEN, T.A. 1994. *Ideal aminoacid patterns.* In *"Aminoacids in Farm Animal Nutrition"* (Ed. J.P.F. D' Mello.9 pp 99-112. (CAB International: Wallingford, U.K.)
- *COLMAN, R.L., HOLDER, J.H. y SWAIN, F.G. 1966 *Production from dairy cattle on improved pasture in a subtropical environment. Proceedings of the X International Grassland Congress, Helsinki, 1966.* Pp. 499-503.
- *COLMAN, R.L. y HOLDER, J. M. 1968. *Effect of stocking rate on butterfat production of dairy cows grazing kikuyu grass fertilised with nitrogen. Proceedings of the Australian Society of Animal Production, 7, 129.*
- *COLMAN, R.L. y KAISER, A.G. 1974 *The effect of stocking rate on milk production from kikuyu grass pastures fertilised with nitrogen.* Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 14: 155-160.
- *COLMAN, R.L. y O'NEILL, G.H. 1978 *Seasonal variation in the potential herbage production and response to nitrogen by kikuyu grass (Pennisetum clandestinum).* Journal of Agricultural Science. Cambridge. 91: 81-90.
- COLMAN R. L. y O'NEILL, R. H. 1978. *Seasonal variation in the potential herbage production and response to nitrogen by Kikuyu grass (Pennisetum clandestinum).* Journal of Agricultural Science, Cambridge. 91(1):81-90.
- *COLMAN, R. L. y KAISER, A.G. 1974. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 14, 155-162.
- *COOK, B.G. y MULDER, J. C. 1984. *Response of nine tropical grasses to nitrogen fertilizer under rain-grown conditions in south-eastern Queensland.* Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 24: 415-420.
- *COX, C.P., FOOT, A.S., HOSKING, Z.D., LINE ,C. y ROWLAND, S.J. 1956. *The direct evaluation of pasture in terms of the milk production of individually grazed cows.*
- *COWAN, R.T., DAVISON , T.M., y SHEPHARD, R.K., 1986. *Observations on the diet selected by Friesian cows grazing tropical grass and grass-legume pastures.* Tropical Grasslands. 20: 183-191.
- COWAN R.T. y LOWE K. F. 1998. *Tropical and subtropical grass management and quality.* IN: *Grass for dairy cattle.* ©CAB Internatinal. Pp 101-135.
- CRANSBERG. L. 1995. *Kikuyu the forgotten pasture?.* Farm note N° 11/95. Department of Agriculture, Western Australia.

- *CROSS, G. W. 1979a. *The production potential of Pennisetum clandestinum in the Midlands and on the south coast of Natal. Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa*, 14, 53-59.
- *CROWDER, L. V. y CHHEDA, H.R. 1982. *Tropical grasslands Husbandry*. Longman. London.
- CRUZ, M y SÁNCHEZ, J. ML. 2000. *La fibra en la alimentación del ganado lechero*. *Nutrición Animal Tropical*. 6 (1) 39-74
- DÁVILA S. V. y CHAVARRÍA G.H. 1968. *Obtenga buenos resultados con el pasto Kikuyo (P. clandestinum)*. *Temas de orientación agropecuaria*. Colombia 3(25) 14-23.
- DAVISON, T.M. COWAN, R.T. y O'ROURKE, P. K. 1981 *Management practices for tropical grasses and their effects on pasture and milk production*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 21:196-202.
- *DAVISON, T. M., MURPHY, G.M., MAROSKE, M. M. y ARNOLD, G. 1980. *Milk yield response following sodium chloride supplementation of cows grazing a tropical grass legume pasture*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 20: 543-546.
- DAVISON T. M., ORR W. N., DOOGAN V. J y LOWE K. F. 1993 *Relationships between milk yield, pasture on offer and diet selection in tropical grass pastures*. In: Baker, M.J. (ed) *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. 8-21. February, 1993. Hamilton, N.Z. and Rochampton, Australia. New Zeland Grass association. Palmerston North. Pp 706-708.
- DE ALBA, J. 1958. *Alimentación del ganado en América Latina, México*. La Pausa Médica Mexicana. 337p.
- *DENNISON, C. y PHILLIPS, A.M. 1983 *Estimation of the duodenal amino acid supply in ruminants by amino acid analysis of the products of digestion in vitro*. *South African Journal of Animal Science*, 13: 120-126
- EHLRICH W., COWAN T. y LOWE K. 1996 *Improving the quality of irrigated Tropical Grass. Forage during Autumn*. Final report, DAQ 093, Dairy Research and Development Corporation. Melbourne.
- FAGAN, E. B. VARGAS-PICADO, O. 1971. *Influencia de la alimentación del adulto de Prosopis disanti en la calidad del forraje del pasto Kikuyo en Costa Rica*. *Turrialba*. 21 (2): 181-183.
- FICK, K. 1979. *Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales*. 2 ed. University of Florida. Gainesville, USA.

- *FORDE, B.J., SLACK, C.R., ROUGHAN, P.G., HASLEMORE, R.M. y MCLEOD, M. N. 1976 *Growth of tropical and temperate grasses at Palmerston North. II. Total nitrogen, soluble sugar, starch, and in vitro digestibility determinations*. New Zealand Journal of Agricultural Research, 19, 489-498.
- FULKERSON, B. BLACKLOCK y NELSON, N. 1997. *Managing pastures*. Dairy Research and Development Corporation. New South Whales. Australia. 34 pp
- FULKERSON, W.J. y LOWE, K.F. 2002. *Grazing management*. Forages and pastures. Elsevier Science Ltd. Pp 1142-1149.
- FULKERSON, W. J. y READ, J. W. 2003. *Managing kikuyu for milk production*. Agfact P2.5.3 3^a ed. Pp 4.
- FULKERSON, W.J. y SLACK, K. 1993. *Estimating mass of temperate and tropical pastures in the subtropics*. Australian Journal of Experimental Agriculture. 33: 865-869
- *FULKERSON, W. J. y SLACK, K. 1993 *Productivity of Lotus pendunculatus and Trifolium repens in a base pasture of kikuyu grass*. Proceedings of the Eight Annual Conference of the Grassland Society of New South Wales. Pp. 111-112.
- FULKERSON, W.J; SLACK, K y HAVILAH, E. 1999. *The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum)*. Tropical Grasslands Vol 33, Australia. Pp138-145.
- *FULKERSON, W.J., SLACK, K., HENNESSY, D.W. y 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.
- GALETTO, A. 1996. *Estado actual y perspectivas de mediano plazo del Mercado mundial de lácteos. Consideraciones para los países de Centro América y Panamá*. Unidad Regional de Asistencia Técnica (Ruta II). San José, Costa Rica.
- *GARTNER, J.A. 1966. *The effects of different rates of fertiliser nitrogen on the growth, nitrogen uptake and botanical composition of tropical grass swards*. Proceedings of the X International Grassland Congress, Helsinki, 1966. Pp. 223-227.
- *GIBB, M.J., HUCKLE C. A., NUTHALL, R. y ROOK. 1997. *Effect of sward surface height on intake and grazing behavior by lactating Holstein Friesian cows*. Grass forage Sci. 52 : 309-321.
- *GOMIDE, J. A., NOLLER, C. H. MOTT, G. O., CONRAD, J. H. y HILL, D. L. 1969 b *Mineral composition of six tropical grasses as influenced by plant age and nitrogen fertilization*. Agronomy Journal, 61:120-123.

- GOOLD, G. J. 1979. *Effect on nitrogen and cutting interval on production of grass species swards in Northland, New Zealand. I. Kikuyu dominant swards*. New Zealand Journal of Experimental Agriculture. 1(4): 353-355
- GUTIÉRREZ, M. 2004. *Distribución del pasto kikuyo en Costa Rica*. Comunicación personal, 16 Abril, 2004. San José.
- *HAMILTON, B. A., ASHES, J. R. y CARMICHAEL, A. W. 1992. *Effect of formaldehyde treated sunflower meal on the milk production of grazing dairy cows*. Australian Journal of Agricultural Research, 43: 379-87.
- HEMME, T. 2003. *(R)evolution on dairy farming, IFCN (International Farm Comparison Network)*, En: IDF World Dairy Summit 2003, en Brugge, Setiembre 2003. 11p.
- *HENDRICHSEN, R., MINSON, D.J., 1980. *The feed intake and grazing behaviour of cattle grazing a crop of lab purposes*. Journal of Agricultural Science 95: 547-554.
- *HENNING, W. P., 1993. *Kikuyu pasture: its use for milk production*. Döhne Bulletin, 2, 4-6.
- *HENNING, W. P., BBARNARD, H. H. y VENTER, J. J. 1995 *Effect of grazing cycle on milk production of cows on kikuyu pasture*. South African Journal of Animal Science, 25:7-12
- Henríquez C., Bertsch F. y Salas, R. 1995. Fertilidad de suelos: manual de laboratorio. 1ª ed. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 64 p.
- HERNÁNDEZ, L. A. 1992. *Renovación de praderas improductivas*. En: Pastos y Forrajes para Colombia. Suplemento ganadero. 3ª ed. Pp. 54-58.
- HERNÁNDEZ, O. 1986. *Respuesta del pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst) a tres dosis de nitrógeno y de fósforo en el cantón de Vásquez de Coronado*. Tesis. Lic. Zootecnia, UCR. Pp 1-30.
- *HERRERO, M., 1997. *Modelling dairy grazing systems: an integrated approach*. PhD. thesis, University of Edinburgh.
- *HERRERO, M., FAWCETT, R.H. y DENT, J. B. 1995. *Seasonal differences in the metabolisable energy concentration of kikuyu grass as predicted from in vitro gas production measurements*. Annales de Zootechnie, 44: 46.
- HERRERO, M. FAWCETT, H. R.; SILVEIRA, V. BUSQUÉ, J; BERNUÉS, A; y DENT, J. B. 2000a. *Modelling the growth and utilization of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum) under grazing. 1. Model definition and parameterisation*. Agricultural Systems. 65: 73-97.
- HERRERO, M., FAWCETT, R.H. AND DENT, J. B. 2000b *Modelling the growth and utilization of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum) under grazing. 2000b 2. Model validation and analysis of management practices*. Agricultural Systems 65: 99-111.
- HERRERO, M., FAWCETT, R.H., RUSSELL, G. y DENT, J. B. (sf) *The agronomy, physiology and use for animal production of Kikuyu grass (Pennisetum clandestinum) - A review*.

Institute of Ecology and Resource Management, University of Edinburgh, Scotland, UK

HOARDS DAIRYMAN, 2005. *Situación mundial de la industria lechera en el 2004*. Febrero Pp 66-75

*HODGSON, J. 1985. *The control of herbage intake in the grazing ruminant*. Proceedings of the nutrition Society. 44: 339-346.

*HODGSON, J. 1986. *Grazing behavior and herbage intake*. In: Frame, J. (Ed.), *Grazing*. British Grassland Society Occasional Symposium No. 19, Pp. 51-64.

*HOLMES, C. D., THOMAS, J., STANTIAL. 2000. *Feeding dairy cows in pasture based systems*. Massey University. Palmerston North, New Zealand. 207p.

*HOOVER, W. H. y STOKES, S.R. 1991. *Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield*. Journal of Dairy Science. 74: 3630-3644.

*HUGHES, R.M., ROYAL, A.J.E. y AYRES, J.F. 1988. *Milk production of dairy cows grazing long or short kikuyu grass (Pennisetum clandestinum), and with access to forage lupins (Lupinus luteus)*. Australian Journal of Experimental Agriculture. 28: 307-313.

*HUMPREYS, L. R., 1991. *Tropical pasture utilization*. Cambridge University Press, Cambridge. U.K.

INFOSTAT 2002. *Infostat versión 1.1* Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL (IMN), 2005. *Anomalías en la pluviosidad en la Giralda y radiación en Santa Bárbara de Heredia*. San José. 15/11/05.

ISHLER, 2004. *Protein nutrition*. In Cursos regionales en producción animal (RAPCO) 2004, Atenas, Alajuela. Costa Rica. Pp 5

*ISHIZAKI, S.M., CAMPBELL, C.M., TOMA, W.Y., HO-A, E.B. y OKAZAKI, E.N. 1981. *Influence of collection method on nutrient content, mineral composition and in vitro digestibility of kikuyu grass pasture*. Journal of Animal Science. 52: 867-872.

*IVORY, D. A. y WHITEMAN, P. C. 1978a. *Effect of temperature on growth of five subtropical grasses. 1. Effect of day and night temperature on growth and morphological development*. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 5: 131-148.

*JACKSON, F.S., MCNABB, W.C., BARRY, T.N., FOO, Y.L. y PETERS, J.S. 1996a. *The condensed tannin content of a range of subtropical and temperate forages and the reactivity of condensed tannin with ribulose-1,5-bis-phosphate carboxylase (Rubisco) protein*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 72: 483-492.

- JANZEN, H. 1991. *Historia natural de Costa Rica*. Ed. U.C.R. San José; Costa Rica.
- *JEFFEREY, H.J., COLMAN, R. L., DALEY, A.B. y HOLDER, J.M. 1970. Proc. 8th Aust. Soc. Anim. Prod. 476 p.
- *JOHNSON, I.R. y PARSONS, A.J., 1985. *A theoretical analysis of grass growth under grazing*. Journal of Theoretical Biology. 112: 345-368.
- *JOYCE, J.P. 1974 *Nutritive value of kikuyu grass*. New Zealand Journal of Agricultural Research. 17: 197-202.
- *KAISER, A. G. 1975. *Response by calves grazing kikuyu grass pastures to grain and mineral supplements*. Tropical Grasslands. 9:191-8.
- KAISER, A., PILTZ., HAVILAH, E. Y HAMILTON, J. 2002 *Kikuyu grass composition and implications for silage production*. IN: FAO Electronic conference on tropical silage.
- *KELLAWAY, R., y PORTA, S. 1993. *Feeding concentrates supplements for dairy cows*. Dairy research and development corporation, Melbourne, Australia.
- KEMP, D. R. 1975 *The growth of three tropical pasture grasses on the mid-north coast of New South Wales*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15 (76): 637-300.
- KEMP, D. R. 1976. *The influence of cutting frequency and nitrogen fertilizer on the growth of kikuyu grass*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. Volume 16 80: 382-386.
- KIKUYU ACTION GROUP (KAG). (sf) *Livestock Improvement*. Advisory. Fact Sheet.
- KIKUYU ACTION GROUP (KAG), 2002a. *Better Kikuyu management. Improve production from Kikuyu pasture, without penalizing pasture growth and quality in winter and spring*. Northland Kikuyu Action Group.
- KIKUYU ACTION GROUP (KAG), 2002b. *How to improve milk production from Kikuyu pasture without penalizing pasture growth and quality in winter and spring*.
- LAGGER, J. R. 2001. *Medio ambiente y tecnologías de producción de leche: tambo un modelo para armar*. Tesis. Mag. Sc. Veterinaria. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Pp50-60.
- *LAREDO, M. A. y MINSON, D. J. 1973. *The voluntary intake, digestibility, and retention time by sheep of leaf and stem fractions of five grasses*. Australian Journal of Agricultural Research. 24: 875-888.
- *LAREDO, M. A. y MINSON, D.J. 1975 *The pepsin soluble dry matter of leaf and stem fractions of grasses in relation to voluntary intake by sheep*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15: 203-206.

- *LAREDO, C. M. A., VASQUEZ, H. A. y ARDILA, G. 1983. *Mineral variation in Colombian grasses II Kikuyu grass (Pennisetum clandestinum Hochst), annual and seasonal*. Revista del Instituto Colombiano Agropecuario. 18: 269-278.
- LEAN, J. I. 1996. *Positioning your dairy farm business for a profitable future- An Australasian perspective*. In proceedings of The western Canadian dairy seminar.
- LEAN, I. MOSS, N. PORTER, J. y SENN, A. 2004. *Effects of nitrogen treatment on the nutrient composition and growth rate of kikuyu in the county of Cumberland*. Preliminary report to DIDCO. Bovine Research Australasia. ABN:94 050 042 754.
- *LOGAN, V. S. y PIGDEN, W. J. 1969. *Estimating herbage yield from energy intake of grazing ruminants*. In : Campbell, J. B. (ed) Experimental methods for evaluating herbage. Publication 1315, Canada Department of agriculture: Ottawa. Pp 140-151.
- LOZANOFF, J.; GONZÁLEZ, P.; BARRÓN, E. 2001. *Marcos regulatorios de la actividad lechera*. Análisis normativo y reglamentario de la actividad en la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda.
- *LUDLOW, M. M., SAMARAKOON, S. P. R. y WILSON, J.R 1988. *Influence of light regime and leaf nitrogen concentration on 77K fluorescence in leaves of four tropical grasses: no evidence of photoinhibition*. Australian Journal of Plant Physiology. 15: 669-676.
- MAC DONALD, H. 2000. *Conjugated linoleic acid disease prevention: a preview of current knowledge*. Journal of American College of Nutrition. 19 (2): 111-118.
- MADRIGAL, A. 2005. *Leche así, ¿hasta cuando?*. Opinión, La Nación. San José, Costa Rica.
- *MANNETJE, L. 't 1975. *Effect of daylength and temperature on introduced legumes and grasses for the tropics and subtropics of coastal Australia. 2. N-concentration, estimated digestibility and leafiness*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15: 256-263.
- MANNETJE, L. 't. 2000. *Measuring biomass of grassland vegetation*. IN: *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. Edited by L. 't Mannelje and R. M. Jones. CABI Publishing. Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK. Pp. 151-177.
- *MARAIS, J. P. 1980. *Effect of nitrate and non-protein organic nitrogen levels in kikuyu (Pennisetum clandestinum) pastures on the digestibility in vitro*. Agroanimalia 12: 7-11.
- *MARAIS, J. P. 1990 *Relationship between nitrogen and other chemical components in kikuyu grass from long established pastures*. South African Journal of Animal Science. 20: 147-151.
- *MARAIS, J. P. 1997 *Nitrate and oxalates*. In: D'Mello, J.P.F. (ed.) Plant and fungal toxicants. Pp. 205-218. CRC Press. New York.
- MARAIS, J. P. 2001. *Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum) - a review*. TROPICAL GRASSLANDS (2001) 35: 65-84.

- *MARAIS, J.P. y FIGENSCHOU, D.L. 1990. *Influence of temperature and growth stage on the diurnal fluctuation in the non-structural carbohydrate content of kikuyu (Pennisetum clandestinum Hochst)*. Journal of the Grassland Society of Southern Africa, 7: 257-260.
- *MARAIS, J. P., FIGENSCHOU, D. L. y DENNISON, C. 1987 *The accumulation of nitrate in kikuyu grass (Pennisetum clandestinum Hochst)*. South African Journal of Plant and Soil. 4: 82-88.
- *MARAIS, J. P, FIGENSCHOU, D. L. y DE FIGUEIREDO, M. 1992. *Effect of nutrient Calcium on the cell wall composition and digestibility of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum Hochst)*. Journal of the Grassland Society of Southern Africa, 9:72-5.
- *MARAIS, J. P., THERION, J. J., MACKIE, R. I. KISTNER, A. y DENNISON, C. 1988. *Effect of nitrate and its reduction products on the growth activity of the rumen microbial population*. British Journal of Nutrition 59: 301-313.
- *MC GILLIOWAY A., CUSHNAHAN, A. S., LAIDLAW, C. S., MAYNE y KILPATRICK, D. J. 1999. *The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows*. Grass Forage Sci. 54:116-126.
- *MEARS, P.T. 1970 *Kikuyu (Pennisetum clandestinum) as a pasture grass - a review*. Tropical Grasslands, 4: 139-152.
- *MEARS, P.T. y HUMPHREYS, L.R. 1974a. *Nitrogen response and stocking rate of Pennisetum clandestinum pastures. 1. Pasture nitrogen requirement and concentration, distribution of dry matter and botanical composition*. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 83: 451-467.
- *MEARS, P.T. y HUMPHREYS, L. R. 1974. *Nitrogen response and stocking rate of Pennisetum clandestinum pastures. 11. Cattle growth*. Journal of Agricultural Science, Cambridge. 83: 469-478
- MEDINA, I. 1980. *Rendimiento, composición química y digestibilidad in vitro del pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum)*. Boletín Técnico del Programa de Ganadería de Altura (PROGAL) 14: 1-13.
- *MERTENS, D. R. 1985. *Factors influencing feed intake in lactating cows: theory to application using neutral detergent fibre*. Georgia Nutrition Conferences, University of Georgia, Athens, 1985. Pp. 1-18.
- *MILES, N. 1991 *Nutrition of intensive pastures in the summer rainfall areas of Southern Africa*. Journal of the Grassland Society of Southern Africa. 8: 39-48.
- *MILES, N. 1998 *Fertilization and liming of kikuyu. Proceedings of a kikuyu technology day. Kwa Zulu-Natal Department of Agriculture, Pietermaritzburg, South Africa*. Pp. 8-11.

- *MILES, N., DE VILLIERS, J.F, y DUGMORE, T. J. 1995. *Macromineral composition of kikuyu herbage relative to the requirements of ruminants*. Journal of the South African Veterinary Association. 66: 206-212.
- MILES, N., THURTELL, L. y REKERT, S. 2000. *Quality of Kikuyu herbage from pastures in the Eastern Cape coastal belt of South Africa*. South African Journal of Animal Science 2000, 30 (Suplement 1) Short paper and poster abstracts 38th Congress of South African Society of Animal Science. Pp 85-86.
- *MINSON, D. J. 1973. *Effect of fertilizer nitrogen on digestibility and voluntary intake of Chloris gayana, Digitaria decumbens and Pennisetum clandestinum*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 13: 153-157.
- *MINSON, D. J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press. San Diego, California.
- *MINSON, D. J; W. F. RAYMOND y HARRIS C. E., 1960. *Studies in the digestibility of herbage. VIII The digestibility of S37 cooks-foot, S23 Ryegrass and S24 Ryegrass*. Journal British Grassland Society. 15 (2): 174-178.
- *MOIR, K. W., DOUGHERTY, H. G., GOODWIN, P. J., HUMPHREYS, R. J. y MARTIN, P. R. 1979. *An assessment of whether energy was the first factor limiting production of dairy cows grazing kikuyu grass pasture*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 19: 530-534.
- MOLINA, E. 2006. *Discusión de la fertilidad y contenido mineral a nivel foliar del pasto kikuyo en la finca La Amalia*. Conversación personal. Entrevista dirigida, 30-01-06. UCR. San José, Costa Rica.
- MONTIEL, M. 1998. *Cultivo y uso del bambú en el neotrópico. Editado por Montiel, M. El Bambú: revisión de su biología y cultivo*. Rev. Biología Tropical. 46 (3): 65-87.
- MONTIEL, M., JIMÉNEZ, C. y ROJAS, W. 1990. *Principales plantas forrajeras de uso en Costa Rica. Características de adaptación y crecimiento*. Serie: introducción de cultivos forrajeros N° 1. SAT. Forrajes. Costa Rica.
- MORA, B. A. 1988. *Estudio preliminar sobre el efecto de la compactación del suelo sobre el rendimiento y calidad del pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum) durante la época de verano*. Tesis. Lic. Zootecnia, UCR 58 p
- *MORRISON, J. 1969. *Grasses and legumes at high altitudes in tropical Africa*. Herbage Abstracts. 39: 101-106.
- MOSS, R. J. y MURRIA, R. M. 1984. *Diet selection by Friesian weaners grazing an irrigated tropical grass pasture*. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 15: 476-479
- *MUNNS, R. y WEIR, R. 1981. *Contribution of sugars to osmotic adjustment in elongating and expanded zones of wheat leaves during moderate water deficits at two light levels*. Australian Journal of Plant Physiology. 8: 93-105.

- MURPHY, B. 1990. *Pasture management*. In "Sustainable Agricultural systems". (Eds C.A. Edwards, P. Madden, R.H. Miller and G. House.) (Soil and Water Conservation Society: Ankeny, USA.).
- *MURPHY, G. M. y PLASTO, A. W. 1973. *Liveweight response following sodium chloride supplementation of beef cows and their calves grazing native pasture*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 13: 369-374.
- *MURTAGH, G. J. 1975. *Environmental effects on the short-term response of tropical grasses to nitrogen fertilizer*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15: 679-688.
- *MURTAGH, G.J. 1990b *Solar radiation and clear sky global turbidity on the north coast of New South Wales*. Australian Meteorological Magazine, 38, 255-259.
- MURTAGH, G. J. y MOORE, K. G. 1987. *A pasture budget for dairy farms in the Kyogle District*. Tropical Grasslands. Australia. 21(4):145-153.
- MURTAGH, G. J. 1988. *Factors affecting the growth of kikuyu. I Potential growth and nitrogen supply*. Aust. J. Agric. Res. 38: 31-42.
- MURTAGH, G. J. 1988. *Factors affecting the growth of kikuyu. II Water supply*. Aust. J. Agric. Res., 1988, 39: 43-51.
- *MURTAGH, G. H., KAISER, A. G. HUETT, D. O. y HUGHES, R. M. 1980. *Summer growing components of a pasture system in a subtropical environment. 1. Pasture growth, carrying capacity and milk production*. Journal of Agriculture Science, Cambridge 94:645-663.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) . 2001. *Nutrient requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. Ed. Washington, D.C. National Academy Press. 381 p.
- NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE (NASS), 2002. *U.S. Dairy herd Structure. Large Operations Increase Share of milk production*. Agricultural Statistics Board, U.S. Department of Agriculture. Released September 2, 2002.
- *RICARDO, F. 1973. *Efecto del nitrógeno y del corte en la producción y composición del pasto Estrella Africana (Cynodon plectosstachyus)(Pilger K Schum)*. Tesis (M Sc.) Turrialba C. R. Pp 99.
- *OLNEY, G. R. y ALBERTSEN, T. O. 1984. *Effect of supplementary concentrate on milk production from cows grazing irrigated kikuyu pastures*. Proceedings of the Australian Society of Animal Production, 15: 509-512.
- OTROWSKI, B. y DEBLITZ, C. 2001. *La competitividad en producción lechera de los países de Chile, Argentina, Uruguay y Brasil*. Food and Agriculture Organization, Livestok Policy Discussion Paper No. 4.

- *PARSONS, A. J., JOHNSON, I. A., HARVEY, A. 1988. *Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass*. Grass and Forage Science 43: 49-59.
- *PASTRANA, R., MC DOWELL, L.R., CONRAD, J.H., WILKINSON, N. S. y MARTIN, F. G. 1990. *Mineral concentrations in leaves and stems of various forages of the Colombian Paramo*. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 21:3245-3260.
- *PATTINSON, N.B., BRANSBY, D.I. and TAINTON, N.M. 1981 *Relationship between time spent grazing, quality, quantity and availability of herbage consumed by grazing animals on kikuyu and Coastcross II*. Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa, 16, 103-105.
- *PEARSON, C. J. y ISON, R. L. 1987 *Agronomy of Grassland Systems*. (Cambridge University Press: Cambridge, UK).
- *PEARSON, C. J., KEMP, H., KIRBY, A.C. LAUNDERS, T.E. y MIKLED, C. 1985. *Responsiveness to seasonal temperature and nitrogen among genotypes of kikuyu, paspalum and bermuda grass pastures of costal New South Whales*. Australian Journal of experimental Agriculture, 25:109-116
- PECK, D. C. 1998. *Natural history of the spittle bug Prosapia nr. Bicincta (Homoptera: Cercopidae) in Association with dairy pastures of Costa Rica*. Annals of the Entomological Society of America (USA). 91 (4): 435-444.
- *PEYARUD, J. L. y DELABY, L. 2001. *Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to suplementation in interaction with grazing management and grass quality*. In: Recent advances in animal nutrition P.C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press, UK. P 203
- PEZO, D., HOLMANN F. y ARZE J.. 1999. *Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de gramíneas fertilizadas, en el trópico húmedo de Costa Rica*. Agronomía Costarricense. 23(1): 105-117.
- *PHILLIPS, T. G. 1954. *Chemical composition of some forrage grasses. 1. Changes with plant maturity*. Agronomy Journal 46 (8): 361-369.
- PIGGOT, G. J. 2001. *Kikuyu grass farming for high production*. II Ed. G. J. Piggot (1995) Kikuyu grass farming for high production. New Zeland. Pp 40
- *PINKERTON, A. y RANDALL, P. J. 1993 *A comparison of the potassium requirements during early growth of Lotus pendunculatus, Medicago murex, M. polymorpha, M. truncatula, Ornithopus compressus, Trifolium balansae, T. resupinatum, Pennisetum clandestinum, and Phalaris aquatica*. Australian Journal of Experimental Agriculture. 33: 31-39.
- *PLUCKNETT, D. L. 1970. Proc. 11th Int. Grassld. Congr., Surfers Paradise, Aust. P A. 38-48.

- POHL, R. W. 1980. Family N° 15, Gramineae. In Flora Costarricensis, ed. W. Bruger; Feldiana Botany, n.s. 4: 1- 608
- QUESADA, H. J. 1986. *Respuesta del pasto kikuyu (Pennisetum clandestinum, Hochst) a tres dosis de nitrógeno y de fósforo en el cantón de Vásquez de Coronado*. Tesis Lic. Zootecnia. U.C.R.
- *QUINLAN, T. J., SHAW, K. A. and EDGLEY, W. H. R. 1975 Kikuyu grass. Queensland Agricultural Journal, 101: 737-749.
- RAMÍREZ, L. M. y GARCÍA, L. L. 2004. *Renovación de pasturas degradadas de Kikuyo Pennisetum clandestinum Hoescht, con labranza mínima en una región alto andina de Colombia*. I Productividad forrajera. Acta Agronómica 53:(3).
- RAVEN, P. H., EVERT, R. F. y EICHHORN, S. E. 1986. *Biology of plants*. 4ª ed. Edited by Anderson, S. Worth publishers, Inc. New York. pp 106-108, 432-433, 476-487.
- READ, J. W. , FULKERSON, W. J. 2003. *Managing kikuyu for milk production*. Agfact P2.5.3, 3ª Ed. NSW Agriculture. New South Wales. Australia.
- *REASON, G. K. y CHASELING, J. 1993. *Effect of nitrogen fertilizer on dairy farm productivity and viability in the subtropics*. In Baker M.J. (ed) Proceedings of the VII International Grassland Congress, 8-12 February, 1993, Hamilton, NZ and Rockhamptom, Australia. New Zealand Grassland Association, Palmerston North, Pp 520-521.
- REEVES, M. 1994. *Kikuyu: good summer pasture when correctly managed*. Dairy Research and Development Corporation. Research Note 18. August 1994. Pp 13-15
- REEVES, M. 1997. *Milk production from Kikuyu (Pennisetum clandestinum) grass pastures*. Tesis Doctorado en filosofía. Universidad de Sydney. Australia.
- REEVES, M. y FULKERSON, W. J. 1996 *Establishment of an optimal grazing time of Kikuyu pastures for dairy cows*. IN: Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference, Towomba, 1996. Regional Institute. 5 p
- REEVES, M. FULKERSON W. J., y KELLAWAY R. C. 1996. *Forage quality of kikuyu (Pennisetum clandestinum): the effect of time of defoliation and nitrogen fertilizer application and in comparison with perennial ryegrass (Lolium perenne)*. Australian Journal Agricultural Research 47:1349-1359.
- REEVES, M. W. J. FULKERSON, R. C. KELLAWAY, y Dove, H. 1996. *A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu (Pennisetum clandestinum) pasture*. Australian Journal of Experimental Agriculture. 36: 23-30.
- *REID, T. C. y STEVENSON, L. C. 1983 *Laboratory assessment of the nutritive value of a pasture containing kikuyu grass (Pennisetum clandestinum Hochst.)* Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand 8: 143-144.

- *ROOK, A. J. 2000. *Principles of foraging and grazing behaviour*. In Grass: Its production and utilization. A Hopkins, ed. Blackwel Science, Boston, Ma. 229 p.
- *ROOK, A. J., HUCKLE C. A. y PENNING P.D. 1994. *Effects of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behavior of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards*. Appl. Anim. Behav. Sci. 40:101-112.
- *RUSSELL J. S. 1976. *Comparative salt tolerance of some tropical and temperate legumes and tropical grasses*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 16:103-109
- *RUSSEL, J. S. y WEBB, H. R. 1976. *Climatic range of grasses and legumes used in pastures. Results of a survey conducted at the 11th International Grassland Congress*. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science. 42: 156-166.
- *SAID, A. N. 1971. *In vivo digestibility and nutritive value of kikuyu grass Pennisetum clandestinum with a tentative assessment of its yield of nutrients*. East African Agricultural and Forestry Journal 37:15-21
- SALISBURY, F. B. y ROSS, C. W. 1992. *Plant physiology*. 4^{ed}. Edited by Carey, J. C. Wadsworth. Publishing Co. Belmont, California. Pp 10-11, 232-237, 255-265, 322-323, 348-350, 406-407, 608-614.
- SÁNCHEZ, J. 2005. *Delimitación topográfica y biológica del pasto kikuyo en Costa Rica*. Conversación personal. Entrevista dirigida. 12-12-05. UCR. San José.
- SÁNCHEZ, J. CAMPABADAL, C. VARGAS, E. Y FONSECA, H. 1986. *Contenido proteico y mineral en los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica II*. Efecto de la especie. Agronomía Costarricense. 10 (1/2): 191-197.
- *SANCHEZ, J., COWARD, J. JIMENEZ, C. SOSA, R. y LOPEZ, C. 1985. *Efecto del a fertilización nitrogenada en la época seca sobre producción y valor nutritivo del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado*. Agron. Costarr. 9 (2): 219-227.
- SÁNCHEZ, J. ML. y SOTO, H. 1996. *Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos*. I. Materia seca y componentes celulares. Nutrición Animal Tropical 3(1): 3-18.
- SÁNCHEZ, J. ML. y SOTO, H. 1999. *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. ML. y SOTO, H. 1999. *Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos*. III. Energía para la producción de leche. Nutrición Animal Tropical 5(1): 31-49.
- SANCHEZ, J. ML. 2000. *Valor nutritivo de los pastos Kikuyo y Estrella Africana en Costa Rica*. In: VII Congreso Nacional Lechero, organizado por la Cámara Nacional de Productores de Leche. San José, Costa Rica. 25 p.

- SANCHEZ, J.ML. 2001. *El valor nutritivo de algunos pastos tropicales en Costa Rica*. In: Curso: Actualización en la Nutrición del ganado lechero. Lance. Balsa, Atenas. Costa Rica. 32 p.
- SÁNCHEZ, J. ML. 2003. *Valor nutritivo de los forrajes y suplementación del hato de ganado lechero en regiones tropicales* In: Seminario "Utilización de la soya, ensilajes y forrajes en la alimentación del ganado lechero. 24p.
- *SEAWRIGHT, A. A., GROENENDYK, S. y SILVA, K. I. 1970. *An outbreak of oxalate poisoning in cattle grazing Setaria sphacelata*. Australian Veterinary Journal 46: 293.
- *SKERMAN, P.J. y RIVEROS, F. 1990. Tropical grasses. (FAO: Rome).
- *SMITH, G. S., MIDDLETON, K.R. y EDMONDS, A. S. 1980. *Sodium nutrition of pasture plants. 1. Translocation of sodium and potassium in relation to transpiration rates*. New Phytologist. 84: 603-612.
- *SMITH, C.A. 1962. *The utilization of Hyparrhenia veld for the nutrition of cattle in the dry season*. J. Agric. Sci. 58:177-178.
- *SOTOMAYOR-RIOS, A; JULIA, F. y ARROLLO- AGUILU, J. A. 1974. *Effects of harvest intervals on the yield and composition of ten forage grasses*. J. Agric. Univ. of P.R. 58 (4).
- *SOTO, L., LAREDO, C. M. A. y ALARCON, M. E. 1980. *Digestibility and voluntary intake of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum Hochst) with low fertilizer nitrogen by sheep*. Revista del Instituto Colombiano Agropecuario 15: 79-90
- *STOBBS, T. H., 1975. *Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production*. Tropical grasslands. 9: 141-150.
- STOBBS, T. H. 1976. *Milk production per cow and per hectare from tropical pastures (Milk production from tropical pastures)*. Pp 129-146
- *STOBBS, T. H. y THOMPSON, P. A. C. 1975. World Anim. Rev.13: 27-31.
- TAIZ, L. y ZEIGER, E. 1991. *Plant physiology*. The Benjamin/Cummings publishing Company, Inc. California, USA. Pp 253-256, 331-233, 416-417.
- *TAYLOR, A. O., HASLEMORE, R. M. y Mc LEOD, M. N. 1976a. *Potential of new summer grasses in Northland*. III. Laboratory assessments of forage quality. New Zealand Journal of Agricultural Research 19: 483-488.
- *THOMAS, R. J., y ASAKAWA, N. M., 1993. *Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes*. Soil Biology and Biochemistry 25: 1351-1361
- *THOMAS, H. y NORRIS, I. B. 1981. *The influence of light and temperature during winter on growth and death in simulated swards of Lolium perenne*. Grass and Forage Science 36:107-116.

- *THORNLEY, J.H.M., VERBERNE, E.L.J., 1989. *A model of nitrogen flows in grassland. Plant, cell and environment* 12, 863-886.
- TOTHILL, J. C., HARGREAVES, J. N. G., JONES, R. M. y MCDONALD, C. K. 1992. *Botanal, a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition*. 1. Field Sampling. CSIRO Aust. Div. Of Trop. Crops & Past., Trop. Agron. Tech. Mem.No 78.
- TOZER, P., BARGO, F. y MULLER, L. 2004. *Comparamos el pastoreo con el confinamiento*. In: Hoard's Dairyman en español, Febrero 2004. Pp 115-116.
- *TREHARNE, K. J. y NELSON, C. J. 1975. *Effect of temperature on photosynthetic and photo-respiration activity in tall fescue*. In: Marcelle, R. (ed.) Environmental and biochemical control of photosynthesis. Pp. 61-69. (W. Junk Publishers: The Hague, Netherlands).
- *UNGAR, E. D., NOY- MEIR, I., 1998. *Herbage intake in relation to availability and sward structure: grazing processes and optimal foraging*. Journal of Applied Ecology. 25: 1054-1062.
- URBANO, D. 1997. *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 1997, 14 Venezuela. Pp 129-139.
- VAN DER GRINTEN, P. BAAYEN, M. T., VILLALOBOS, L. DWINGER, R. H. y 'T MANNETJE, L. 1992. *Utilization of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum) pastures and dairy production in a high altitude region of Costa Rica*. Tropical Grasslands 26: 255-262.
- *VAN DER MERWE, B. J., DUGMORE, T. J., MORNING, S. J. y THURTELL, L. 1998. *The diurnal and seasonal variation in milk urea in grazing dairy cows*. Proceedings of the 36th Annual Congress of the South African Society of Animal Science, 1998. (University of Stellenbosch: South Africa).
- VAN SOEST, P., ROBERTSON, J. y LEWIS, B. 1991. *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition*. Journal of Dairy Science 74: 3586-3597.
- VAN SOEST, P. y ROBERTSON, J. 1985. *Analysis of forage and fibrous foods*. Cornell University. Ithaca, N.Y. USA. 164 p.
- VANSOEST P. J. y ROBERTSON J.B. 1979. *Forage fiber analisis*. Agr. Handbook No. 379. USDA. Washinton D.C. sp.
- VARGAS, V. M. A. 1981. *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad, contenido de proteína cruda y mineral del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst) bajo pastoreo en el cantón de Coronado*. Tesis Lic. Zootecnia UCR.
- VARGAS, E. y FONSECA, H. 1989. *Contenido mineral y proteico de forrajes para rumiantes en pastoreo en Costa Rica*. UCR. Pp 217.

- VARGAS, M. A. 1981. *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad, contenido de proteína cruda y mineral del pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum. Hochst) bajo pastoreo en el cantón de Coronado*. Tesis. Lic. Zootecnia, UCR . Pp 4.
- VILLALOBOS, E. 2001. *Fisiología de la producción de los cultivos tropicales, Procesos fisiológicos básicos*. Editado por Villalobos E. Pp 32-34
- VILLEE, C. A. 1994. *Biología*. Séptima Ed. Mc Graw Gill Interamericana de México, S.A. de C. V. Edo. de México.875 p.
- *WADE, M. H., PEYROUD J. L., LEMAIRE G. y CAMERON E. A. 1989. *The dynamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five day paddock system*. In Proc. 16 th Int. Grassland Congress, Nice, France. Pp 1111
- WEISS, W. P. 2002. *Overview and application of the 2001 NRC energy system*. In: Proceedings Florida Ruminant Nutrition Symposium, 2002, Gainesville, FL. Pp 1-15
- WEISS, W. P. 2004. *Nutritional management for dairy cows grazing intensively managed pastures*. In Cursos regionales en producción animal (RAPCO) 2004,. Atenas. Alajuela.
- WEISS, W. P. 2004. *Nutritional management for dairy cows grazing intensively- managed pastures*. Department of Animal Sciences. Ohio Agricultural Research and Development Center. Presentado en el RAPCO 2004, Atenas, Alajuela. Costa Rica. Pp 5
- *WENG, JEN-HSIEN 1988 *Leaf photosynthesis of forage grasses in different seasons and temperatures*. *Botanical Bulletin Academia Sinica* 29: 163-170.
- WHITNEY, A. S. 1974. *Growth of Kikuyu grass (Pennisetum clandestinum) under clipping. I. Effects of nitrogen fertilization, cutting interval and season on yield forage characteristics*. *Agronomy Journal* 66(2): 281-87.
- *WHITNEY, A. S. y TAMIMI, Y. N. 1974. *Efficiency of broadcast application of urea to subtropical pastures*. *Proceedings of the XII International Grassland Congress, Moscow, 1974* Pp. 580-587.
- *WILLIAMS, M. C. 1987. *Nitrate and soluble oxalate accumulation in Kikuyu grass (Pennisetum clandestinum)*. *Proceedings of the Western Society of Weed Science* 40: 78.
- *WILSON, J. R., 1994. *Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants*. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 122: 173-182.
- *WILSON, G. P. M., DALE, A. B. y SPURRS, A. B. 1975. *Kikuyu seed production*. *Agricultural Gazette of New South Wales* 86: 9.

*WILSON, G. P. M. y RUMBLE, C. J. 1975. *The effect of seed rate and nitrogen fertiliser on the yield of seed and by-product leaf of Whittet kikuyu grass at Grafton, New South Wales*. Tropical Grasslands 9: 53-58.

*WRIGHT, M. J. and DAVISON, K. L. 1964. *Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals*. Advances in Agronomy 16: 197-247.

*YOUNG, J. A. y JAMES, L. F. 1988. *Oxalate poisoning*. In: James, L. F., Ralph, M. H. and Nielsen, D. B. (eds) *The ecology and economic impact of poisonous plants on livestock production*. Westview Press: U.S.A.

*YOUNGER, V. B. 1961. *Observation on the ecology and morphology of Pennisetum clandestinum*. Phytion 16: 77-84.

Bibliografía de Internet:

APRÁEZ, E. y MONCAYO, O. 2005. *Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (Pennisetum clandestinum Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/ o mineral*. Disponible en: <http://lead-es.virtualcenter.org/es/enl/keynote14.htm>

COMEX, 2004. *Borrador. CAFTA*. Disponible en: www.comex.go.cr

Better pastures for the tropics and subtropics, www.dpi.qld.gov.au/pastures/kikuyu.html

*Fuentes secundarias

sf: sin fecha

sp: sin paginación

ANEXO

CUADROS

Cuadro A1. Diferencias fotosintéticas entre plantas C₃ y C₄.

Característica	C-3	C-4
Anatomía de la hoja	No hay distinción entre células de la vaina y células fotosintéticas	Células de la vaina bien organizadas, ricas en organelas
Enzima carboxiladora	RuBisCo	PEP carboxilasa y luego RuBisCo.
Requerimiento de energía teórico (CO ₂ : ATP: NADPH)	1:3:2	1:5:2
Tasa de respiración (H ₂ O/aumento de la MS)	450-950	250-350
Relación clorofila a y b	2,8±0,4	3,9±0,6
Requerimiento de Na como micronutriente	No	Si
Punto de compensación del CO ₂ (μ mol mol ⁻¹ CO ₂)	30-70	0-10
Inhibición de la fotosíntesis al 21% de O ₂	Si	No
Fotorespiración detectable?	Si	Sólo en células de la vaina
Temperatura óptima para la fotosíntesis (°C)	15-25	30-47
Producción de MS (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	22±0,3	39±17

Fuente: Salisbury y Ross (1991)

Cuadro A2. Fertilidad del suelo del área analizada luego de aplicado el tratamiento e iniciado el plan de fertilización, según la interacción época-tratamiento en San José de la Montaña, Barva; Heredia.

			Julio 2004 (Lluviosa)	Mayo 2005 (Lluviosa)	Promedio del tratamiento
Tratamiento			x	x	
Cmol(+) l ⁻¹	pH	No desmenuzado	5,49 ^a	5,68 ^b	5,61
		Desmenuzado	5,44 ^a	5,73 ^b	5,56
	Ca	No desmenuzado	5,98 ^c	4,10 ^{ab}	5,04
		Desmenuzado	5,18 ^{bc}	3,68 ^a	4,43
	Mg	No desmenuzado	1,98 ^b	1,14 ^a	1,56
		Desmenuzado	1,64 ^b	1,07 ^a	1,36
	K	No desmenuzado	0,47	0,34	0,41
		Desmenuzado	0,44	0,26	0,35
	Acidez	No desmenuzado	0,15 ^{ab}	0,21 ^{ab}	0,18
		Desmenuzado	0,13 ^a	0,24 ^b	0,19
mg l ⁻¹	P	No desmenuzado	10,15 ^c	1,50 ^a	5,83
		Desmenuzado	7,43 ^b	2,50 ^a	4,96
	Cu	No desmenuzado	7,88 ^b	5,50 ^{ab}	6,69
		Desmenuzado	7,08 ^b	4,00 ^a	5,54
	Mn	No desmenuzado	11,20 ^a	23,50 ^b	17,35 ^a
		Desmenuzado	11,63 ^a	31,75 ^c	22,69 ^b
	Fe	No desmenuzado	185,75 ^c	71,50 ^a	128,63
		Desmenuzado	139,00 ^b	76,25 ^a	107,63
	Zn	No desmenuzado	6,13 ^b	3,95 ^a	5,04
		Desmenuzado	5,73 ^b	3,68 ^a	4,70

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; \pm = desviación estándar

n Julio 2004 = 8, n Mayo = 8

Cuadro A3. Índice de diversidad Shanon Winner para la composición botánica de la pastura en potreros desmenuzados y no desmenuzados, en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

	Lluviosa 2004		Semiseca 2005		Lluviosa 2005	
	H'	Var (H')	H'	Var (H')	H'	Var (H')
No Desmenuzado	0.32	0.0152	0.28	0.0164	0.23	0.0195
Desmenuzado	0.27	0.0138	0.33	0.0136	0.24	0.0171
Probabilidad	>0.05		>0.05		>0.05	

Cuadro A4. Calidad nutricional de *Holcus lanatus* (mielcilla) presente en potreros de kikuyo durante la época semiseca del 2005.

%MS	%DIVMS	%PC
17.54	74.35	17.02

Cuadro A5. Calidad nutricional de *Trifolium repens* (trébol blanco) presente en potreros de kikuyo durante la época semiseca del 2005.

%MS	%DIVMS	%PC
13.73	79.06	25.87

Cuadro A6. Relación hoja: tallo/ estolón: material senescente/ muerto, según el estrato, el tratamiento y la época del año en San José de la Montaña, Barva, Heredia.

%			2004		2005				
			Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		
			x	±	x	±	x	±	
Hoja	No desmenuzado	1	41 ^{def}	15	29 ^{abcd}	18	24 ^{abc}	11	
		3	37 ^{cdef}	8	23 ^{abc}	5	24 ^{abc}	10	
		5	36 ^{cdef}	8	20 ^{ab}	9	16 ^a	7	
	Desmenuzado	1	48 ^f	12	32 ^{bcde}	11	30 ^{abcde}	9	
		3	44 ^{ef}	18	30 ^{abcde}	6	24 ^{abc}	5	
		5	38 ^{cdef}	24	25 ^{abc}	5	24 ^{abc}	6	
	Tallo	No desmenuzado	1	26 ^{ab}	10	28 ^{abcd}	9	35 ^{bcdef}	6
			3	34 ^{bcdef}	4	37 ^{cdef}	5	33 ^{abcdef}	5
			5	37 ^{def}	5	41 ^f	12	41 ^f	3
Desmenuzado		1	26 ^{ab}	9	29 ^{abcde}	7	24 ^a	5	
		3	27 ^{abc}	14	30 ^{abcde}	5	36 ^{cdef}	3	
		5	34 ^{bcdef}	14	36 ^{cdef}	8	38 ^{ef}	3	
Senescente		No desmenuzado	1	33 ^{abc}	10	43 ^{cd}	13	41 ^{cd}	14
			3	29 ^{ab}	9	40 ^{cd}	6	43 ^{cd}	11
			5	26 ^a	8	39 ^{bcd}	7	43 ^{cd}	9
	Desmenuzado	1	27 ^a	10	40 ^{cd}	6	45 ^d	11	
		3	29 ^{ab}	10	39 ^{cd}	7	40 ^{cd}	5	
		5	28 ^{ab}	12	38 ^{bcd}	9	37 ^{bcd}	6	

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción por estructura indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

n Lluviosa 2004 = 54, n Semiseca 2005 = 54 y n Lluviosa 2005 = 54

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

Cuadro A7. Material rechazado (kg ha⁻¹) de pasto kikuyo, en tres épocas del año, por día de ocupación en potreros desmenuzados y no desmenuzados, en San José de la Montaña, Barva; Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		x	±
	x	±	x	±	x	±		
No desmenuzado	6335 ^b	1547	8802 ^c	1796	4351 ^a	1410	6496 ^g	2326
Desmenuzado	3895 ^a	770	8058 ^c	1571	5009 ^a	1207	5654 ^f	2141
Promedio por época	5115 ^d	1727	8430 ^e	1686	4680 ^d	1317	6079	2272

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 24, n Semiseca 2005 = 18 y n Lluviosa 2005 = 20

Cuadro A8. Material rechazado estimado de hojas (kg ha⁻¹) de kikuyo en pasturas desmenuzadas y no desmenuzadas, durante tres épocas del año, en San José de la Montaña, Barva. Heredia.

	2004		2005				Promedio del tratamiento	
	Lluviosa		Semiseca		Lluviosa		x	±
	x	±	x	±	x	±		
No desmenuzado	2195 ^c	841	2407 ^c	524	1514 ^{ab}	639	2039	761
Desmenuzado	1919 ^{bc}	485	2003 ^{bc}	456	1386 ^a	316	1769	490
Promedio de la época	2057 ^e	686	2205 ^e	521	1450 ^d	493	1939	650

Superíndices diferentes en promedios de niveles de interacción indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Superíndices diferentes en promedios por época indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

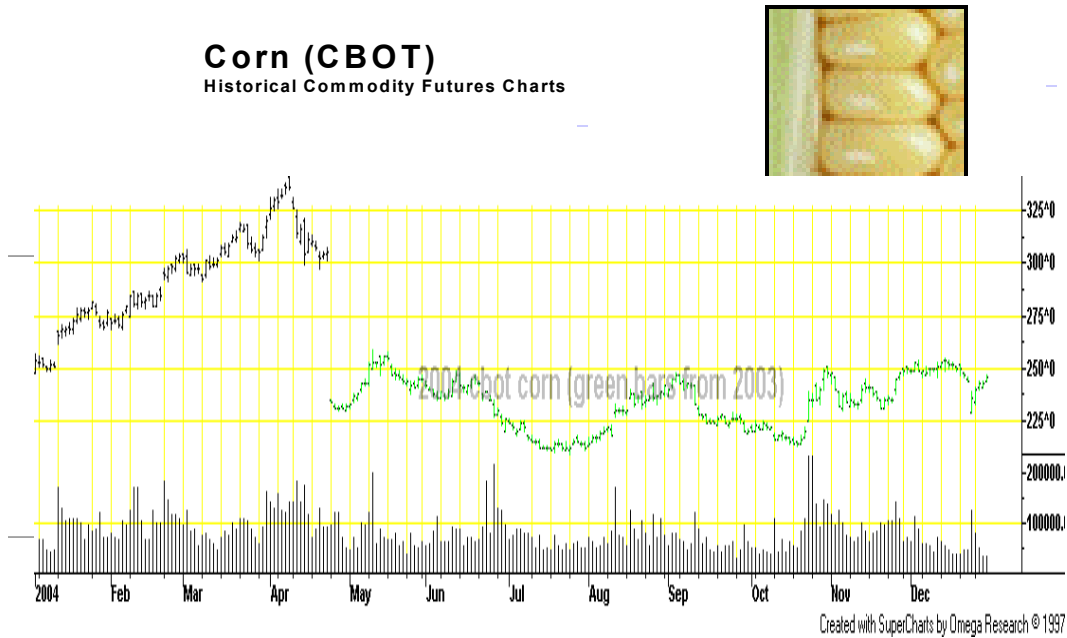
x = media de las observaciones; ± = desviación estándar

n Lluviosa 2004 = 24, n Semiseca 2005 = 20 y n Lluviosa 2005 = 20

Cuadro A9. Descripción de una vaca ejemplo (Vej) para la finca La Amalia.

Animal	Vaca:	
Raza	Jersey	
Peso vivo (kg)	414	
Peso vivo a la madurez(kg)	422	
Condición corporal	3.0	
Edad (meses)	66	
Días en producción	110	
Preñada	no	
Producción de leche (kg día ⁻¹)	16	
	Grasa (%)	4
	Proteína verdadera(%)	4
	Lactosa(%)	5
Nº de lactancia	3	
En pastoreo	Si	
Consumo estimado (NRC, 2001)	14	

FIGURAS



Fuente: CBOT (2004)

Figura A1a. Diferencial de precios para el maíz entre Abril 2003 y Abril 2004 (\$/ Bushell).

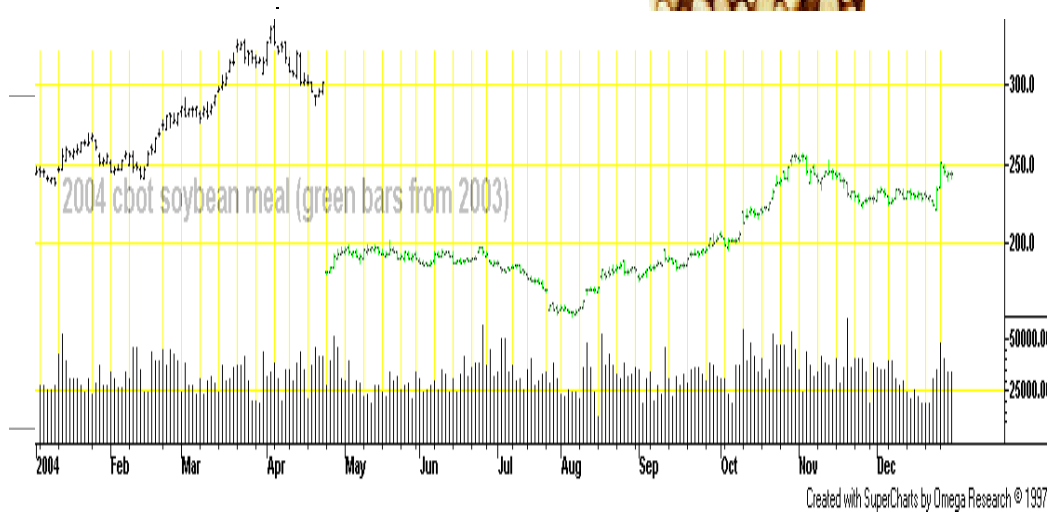


Fuente: CBOT (2004)

Figura A1b. Comportamiento semanal del precio del maíz desde mayo del 2003 a Octubre del 2004 (\$/ Bushell)

Soybean Meal (CBOT)

Historical Commodity Futures Charts



Fuente CBOT (2004)

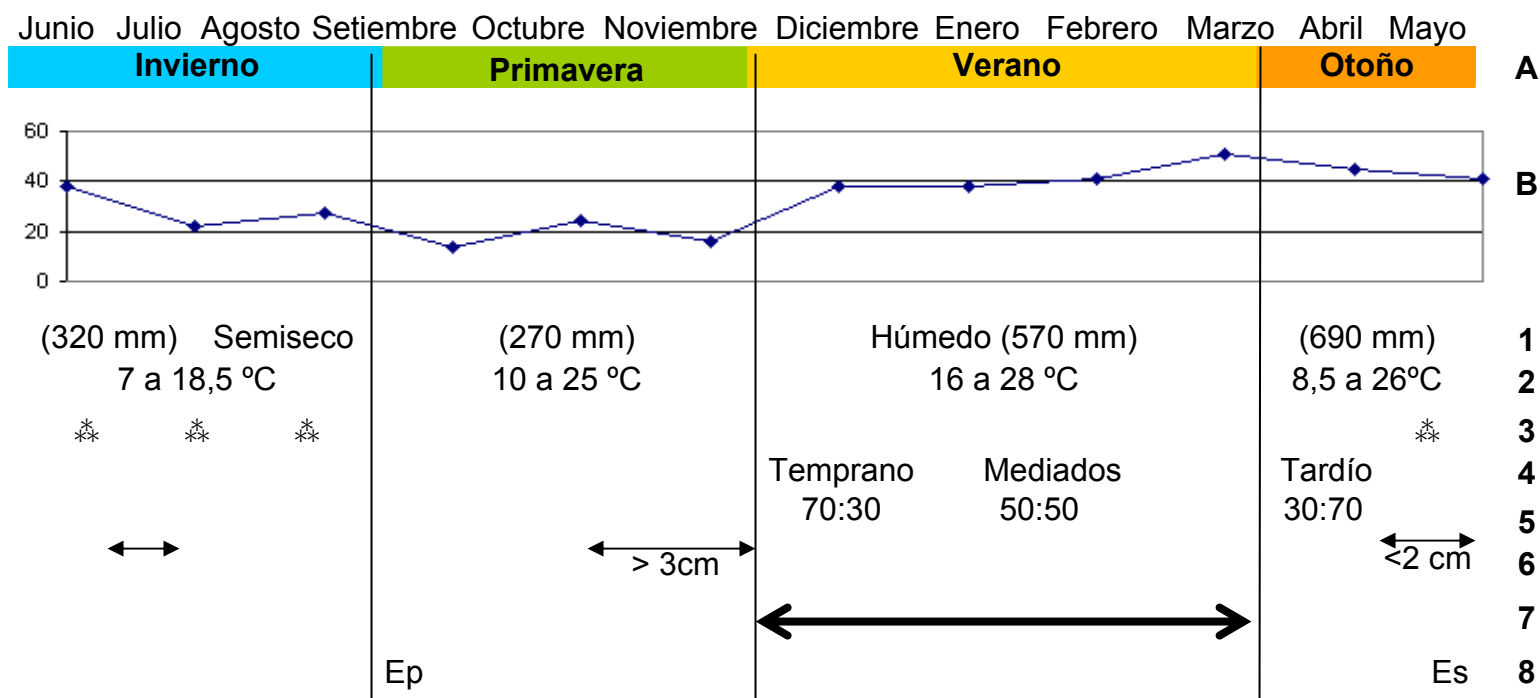
Figura A1c. Diferencial de precios para la soya entre Abril 2003 y Abril 2004 (\$/Tonelada corta).



Fuente: CBOT (2004)

Figura A1d. Comportamiento semanal del precio de la soya desde mayo del 2003 a Octubre del 2004 (\$/ tonelada corta).

Figura A2. Comportamiento de la producción del pasto kikuyo en Oceanía (Australia y Nueva Zelanda), según las estaciones, del año.

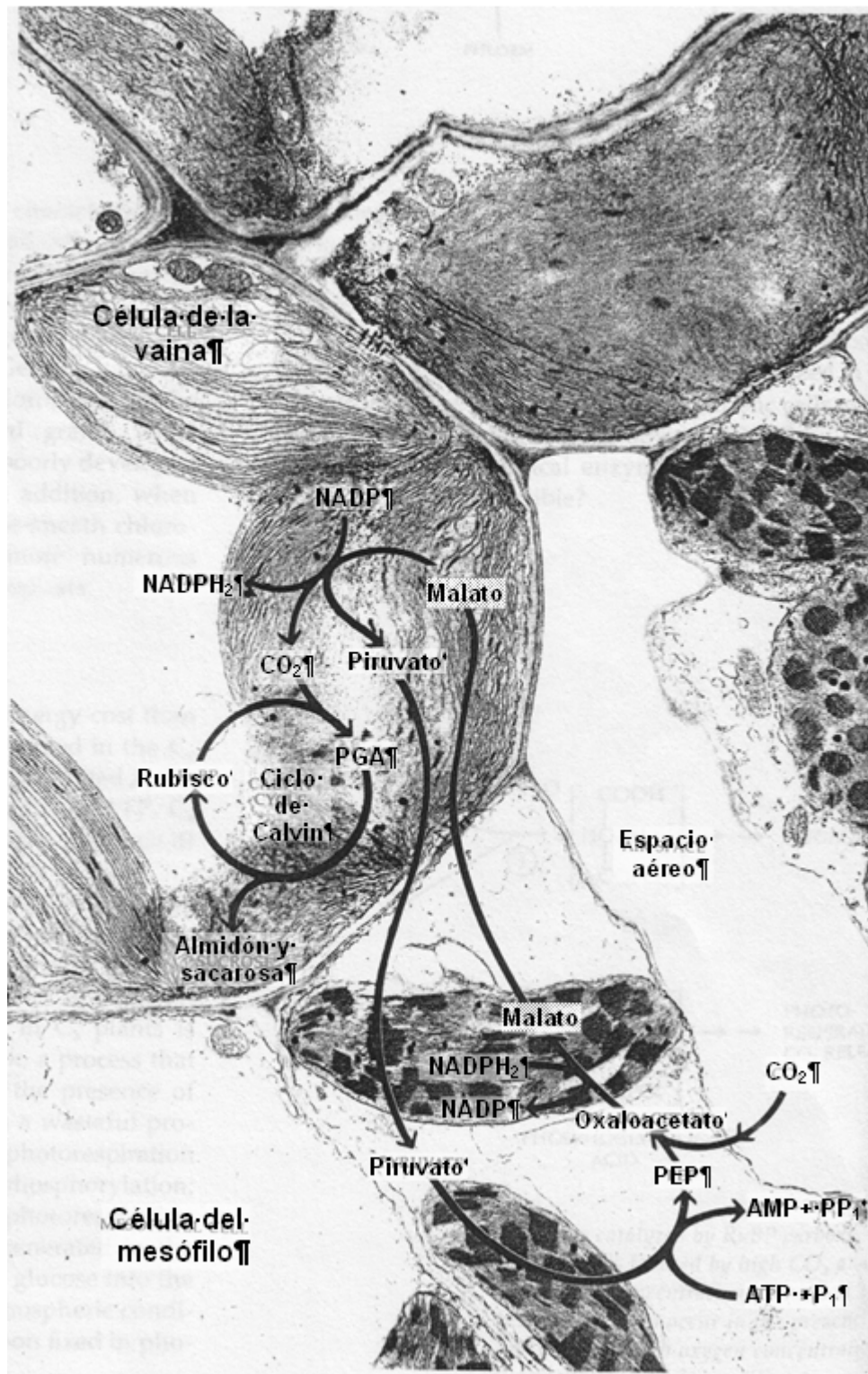


A. Distribución de las estaciones del año en Oceanía

B. Taza promedio de crecimiento (kg MS/ ha día) de kikuyo sin irrigación
 Wollongbar Agricultural Institute, Australia.

1. Condiciones de humedad (pluviosidad aproximada) en New South Wales, Australia
2. Temperaturas extremas en New South Wales, Australia
3. Meses de heladas ❄️
4. Etapas de la producción de kikuyo
5. Relación hoja: tallo al avanzar la época de producción de kikuyo KAG (s f),
6. Épocas críticas para control del kikuyo (Andrewes y Jagger 1999)
7. Recomendación 14- 21 días de rotación y corte o desmenuzado(1pulg) postpastoreo.
8. Sistema de producción estacional: Inicio época de pariciones (Ep), Inicio época de secado (Es)

Si se pudieran comparar las condiciones de Costa Rica con alguna estación del año en Oceanía según la temperatura y pluviosidad, tendría que ser verano y al principio del otoño, cuando la temperatura no ha descendido tanto.

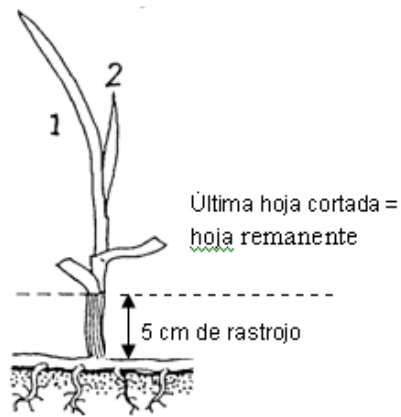


Fuente: Rave, Evert y Eichhorn (1986)

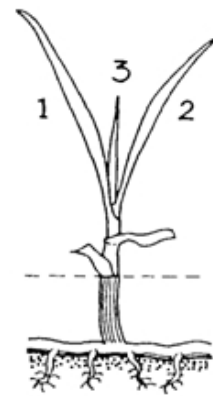
Figura A3 Vía para la fijación del carbono en una planta C4, en una hoja de maíz (Zea Mays).

Explicación de la vía para la fijación del carbono en una planta C₄

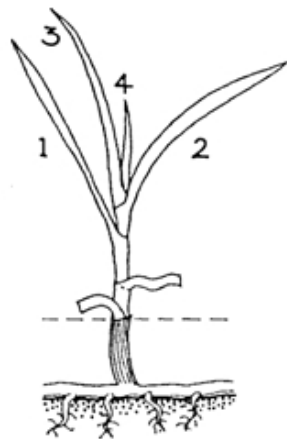
Sailsbury y Ross (1992) explican que en plantas C₄ el CO₂ ingresa a la hoja mediante los estomas, posteriormente entra en las células del mesófilo, a su citoplasma donde se encuentra la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEP carboxilasa), la cual posee gran afinidad por la molécula de bicarbonato (HCO₃⁻), que existe en equilibrio con el CO₂ en el agua (Villalobos, 2001) y se unen para formar ácido oxaloacético y éste a su vez puede ser catalizado por la enzima malato deshidrogenasa para producir malato (para lo que debe ingresar en el cloroplasto) (Figura A3), o bien unirse al aminoácido alanina y formar aspartato, tanto el malato como el aspartato son moléculas que poseen 4 carbonos; esto es lo que se conoce como el ciclo de Hatch y Slack. Luego, estas moléculas son rápidamente transportadas talvez, según los autores, a través de plasmodesmos hacia las células de la vaina que es donde sufren descarboxilación y el CO₂ producido es fijado por la enzima ribulosa bifosfato (RuBisCo) para formar 3-PGA, que es una molécula de 3 carbonos, la cual ingresa al ciclo de Calvin para producir almidón (que permanece en los cloroplastos de las células de la vaina) y sacarosa (que va hacia el floema para ser llevada al resto de la planta). Montiel (1998) indica que la concentración de CO₂ resultante en las células de la vaina, de las C₄ es 50 veces mayor que el atmosférico (de donde la RuBisCo lo obtiene en las plantas C-3). Explican Sailsbury y Ross (1992) que aunque por cada CO₂ que se fija, se requieren para el ciclo de Hatch Slack, 2 ATP además de los 3 que se requieren en el Ciclo de Calvin y explican que a pesar de la aparente ineficiencia de las especies C₄, éstas poseen tasas fotosintéticas mayores por unidad de área foliar al compararlas con especies C₃ cuando ambas son expuestas a niveles de luz elevados y temperaturas ambientales cálidas (25-35°C las plantas C₄ duplican en eficiencia a las C₃ en cuanto a convertir la energía solar en materia seca), además indican que las plantas C₄ no llevan a cabo o muy poco la fotorespiración. Bajo condiciones atmosféricas normales; del carbón fijado durante la fotosíntesis en las plantas C₃, se reoxida un 50% de nuevo a CO₂ durante la fotorespiración (Raven, Evert y Eichhorn, 1986)



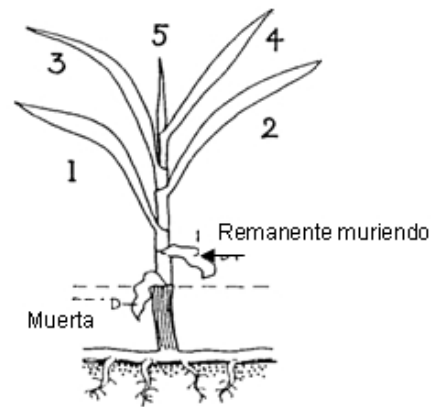
Etapa de una hoja



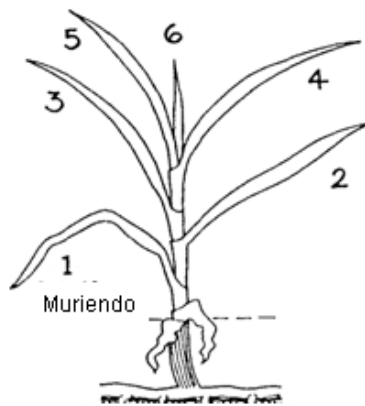
Etapa de dos hojas



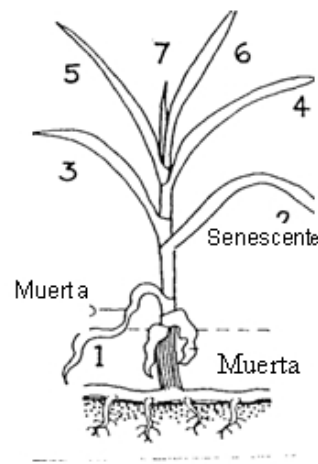
Etapa de tres hojas



Etapa de cuatro hojas



Etapa de cinco hojas



Etapa de seis hojas

Fuente: Reeves (1997).

Figura A4. Ilustraciones de plantas de kikuyo en varias etapas de rebrote desde 1 a 6 hojas por tallo.

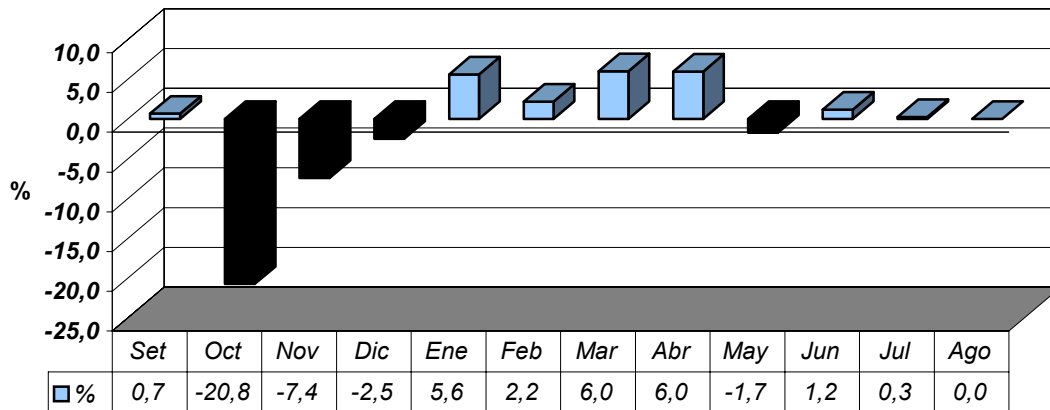


(a) Segadora



(b) Desmenzador(tipo flail)

Figura A5. Equipo utilizado en la remoción de residuos de pasto kikuyo en la Finca La Amalia.



Fuente: IMN (2005)

Figura A6. Variaciones en el comportamiento de la precipitación entre setiembre del 2004 a agosto del 2005, con respecto al promedio de los años, en la finca La Giralda.



(a) *Anthoxatum odoratum*



(b) *Chaentium bromoides* (setilla)



(c) *Digitaria sp*



(d) *Holcus lanatus*

Figura A7. Gramíneas diferentes al pasto kikuyo en pasturas de la finca La Amalia.



(a) *Pteridium aquilinum*



(b) *Eryngium carlinae*



(c) *Rumex* sp.



(d) *Cyperus kallinga*.



(e) *Ranunculus sp*



(f) *Polygonium sp*

Figura A8. Malezas encontradas en pasturas de kikuyo en la finca La Amalia