

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
Escuela de Zootecnia

**DISPONIBILIDAD DE BIOMASA Y VALOR NUTRICIONAL DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA
(*Cynodon nlemfuensis*) EN EL DISTRITO DE QUESADA, CANTÓN DE SAN CARLOS**

SERGIO SALAZAR VILLANEA

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

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Julio de 2007

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

Tesis aprobada por el siguiente tribunal examinador:



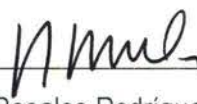
Ing. Augusto Rojas Bourrillón, M. Sc.

Subdirector de Escuela



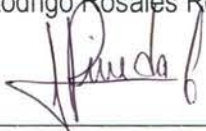
Ing. Jorge Manuel Sánchez González, M. Sc.

Director de Tesis



Ing. Rodrigo Rosales Rodríguez, M. Sc.

Miembro del Tribunal




Ing. Luis Pineda Cordero, Lic.

Miembro del Tribunal



Ing. Fabián Vargas Rodríguez, Lic.

Miembro del Tribunal



Sergio Salazar Villanea

Sustentante

DEDICATORIA

A Dios por todas las bendiciones y oportunidades que me ha regalado.

A mi papá y mi mamá por todo su apoyo, paciencia, comprensión y esfuerzo; y por motivarme siempre a dar lo mejor de mí.

A mis hermanos, Mónica y Roberto, quienes son fuentes de inspiración y de incontables alegrías.

A mi novia, Madelein, por todo el cariño y comprensión, y por estar a mi lado en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A Don Jorge Sánchez por todos sus consejos, paciencia y dedicación que llevaron a la finalización de este proyecto.

A mi jefe y amigo Adrián Martínez, por ofrecerme durante estos 4 años en el CINA su incalculable ayuda y amistad incondicional.

A Don Johan Lotz y Agueda Serrano, por todos sus consejos en aspectos estudiantiles y personales.

A Don Henry Soto, Doña Floria Bertsch y Don Steven Brenes por sus valiosos aportes a este trabajo.

A todo el personal del CINA, pero especialmente a Alexander Hernández, Gerardo Alvarado, Alexander Jiménez, Lisbeth Mata y Kathia Elizondo, por su gran ayuda, su apoyo y sus invaluable consejos.

A mis amigos Luis Villalobos, Marco Guzmán, Arturo Aguilar, Siany Ramírez, Silvia Herrera, Cristina Sáenz, Catalina Salas, Pamela Castro, Marco Castro, Pamela Rodríguez, Marcela Andrade, Armando Zuñiga y Diego Benavides por su ayuda, consejos y por su incondicional amistad.

A los señores Osman Marín, Julio Blanco y Jorge Benavides, por habernos permitido utilizar sus fincas como un ejemplo en la producción lechera, para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 Origen y adaptación del pasto estrella.....	6
2.2 Manejo del pastoreo.....	8
2.3 Disponibilidad de materia seca.....	13
2.4 Calidad nutricional.....	15
2.5 Producción animal basada en pasto estrella.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Descripción de la zona de estudio y climatología.....	24
3.2 Descripción de las fincas.....	26
3.3 Técnica de muestreo para estimar la disponibilidad de materia seca del pasto y el consumo de materia seca por animal.....	29
3.4 Técnica de muestreo y métodos químicos de análisis para estimar el valor nutricional.....	31
3.5 Técnica de muestreo para estimar el número de hojas al pastoreo (edad fenológica).....	32
3.6 Metodología para evaluar la composición estructural de la planta.....	32
3.7 Metodología para estimar la capacidad potencial del forraje para producir leche corregida por energía y proteína.....	32
3.8 Metodología para evaluar la composición botánica de la pastura.....	33
3.9 Análisis estadístico.....	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 Disponibilidad de materia seca del pasto estrella africana.....	35
4.2 Consumo por hectárea y porcentaje de aprovechamiento.....	41
4.3 Consumo de materia seca del pasto estrella africana.....	44

4.4 Composición botánica de las pasturas de estrella africana	45
4.5 Edad fenológica del pasto estrella africana.....	49
4.6 Composición estructural del pasto estrella africana (relación hoja:tallo).....	51
4.7 Valor nutricional de los componentes estructurales del pasto estrella.....	55
4.8 Valor nutricional del pasto estrella africana.....	57
4.8.1 Contenido de materia seca.....	57
4.8.2 Contenido de proteína cruda	59
4.8.3 Componentes de la pared celular	61
4.8.3.1 Fibra detergente neutro.....	62
4.8.3.2 Fibra detergente ácida	64
4.8.3.3 Hemicelulosa y celulosa.....	66
4.8.3.4 Lignina	67
4.8.4 Extracto etéreo.....	68
4.8.5 Cenizas	68
4.8.6 Contenido mineral	70
4.8.6.1 Macrominerales.....	70
4.8.6.2 Microminerales.....	74
4.8.7 Contenido de carbohidratos no fibrosos	77
4.8.8 Digestibilidad "in vitro" de la materia seca.....	79
4.8.9 Contenido de energía	81
4.8.9.1 Total de nutrimentos digestibles	81
4.8.9.2 Contenido de energía en términos calóricos.....	82
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
5.1 Análisis de la fertilidad de los suelos de las fincas evaluadas	85
5.2 Medición de la disponibilidad de materia seca antes y después del pastoreo y del porcentaje de aprovechamiento de la pastura de estrella africana	85
5.3 Composición botánica en la pastura de estrella africana	87
5.4 Edad fenológica del pasto estrella africana.....	87
5.5 Composición estructural del pasto estrella africana	88
5.5 Valor nutricional de los componentes estructurales del pasto estrella.....	88
5.7 Valor nutricional del pasto estrella africana.....	89
5.7.1 Materia seca y proteína cruda	89

5.7.2 Componentes de la pared celular	90
5.7.3 Extracto etéreo y cenizas	90
5.7.4 Contenido mineral	90
5.7.4.1 Macrominerales.....	90
5.7.4.2 Microminerales.....	91
5.7.5 Carbohidratos no fibrosos y DIVMS.....	92
5.7.6 Contenido de energía.....	92
LITERATURA CITADA	93

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Desventajas del pastoreo en gramíneas a edades tempranas o tardías	11
Cuadro 2. Ventajas y desventajas en el manejo del pasto estrella	13
Cuadro 3. Producción de biomasa (Kg/ha/año) de diferentes variedades, ecotipos e híbridos de pasto estrella en la literatura.	15
Cuadro 4. Valores de proteína cruda (PC), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) reportados en la literatura	18
Cuadro 5. Contenido de carbohidratos no fibrosos, extracto etéreo, cenizas y lignina en el pasto estrella.....	19
Cuadro 6. Contenidos de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta de lactancia (ENL) en el pasto estrella	19
Cuadro 7. Contenidos de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) reportados en la literatura.....	20
Cuadro 8. Consumos de materia seca de un híbrido de Estrella y suplemento, con una carga animal alta – alta suplementación y carga animal baja – baja suplementación	22
Cuadro 9. Parámetros meteorológicos para el distrito de Quesada durante la estación semiseca, lluviosa y el promedio anual	26
Cuadro 10. Análisis químico cuantitativo de los suelos muestreados en tres fincas lecheras en el distrito Quesada, cantón de San Carlos	28
Cuadro 11. Disponibilidad de biomasa promedio prepastoreo y material remanente pospastoreo del pasto estrella africana, en tres fincas de ganado de leche evaluadas durante un ciclo climático de un año, en el distrito Quesada, cantón de San Carlos	36
Cuadro 12. Disponibilidad de biomasa del pasto estrella africana prepastoreo y material remanente pospastoreo, a lo largo de un ciclo climático de un año en tres fincas de ganado de leche ubicadas en el distrito Quesada, cantón de San Carlos	38
Cuadro 13. Ración total estimada mediante el “método de reversa” suministrada a los animales de la Finca 3.....	45
Cuadro 14. Composición botánica porcentual de la pastura a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	47

Cuadro 15. Porcentaje de pasto estrella, otras gramíneas, malezas y material senescente observado en los potreros de tres fincas lecheras del distrito de Quesada, cantón de San Carlos	48
Cuadro 16. Edad fenológica a la que se pastorea el pasto estrella africana a través del año en tres fincas lecheras del distrito de Quesada, cantón de San Carlos	50
Cuadro 17. Edad fenológica en número de hojas y periodo de recuperación de la pastura en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	51
Cuadro 18. Composición estructural del pasto estrella africana a lo largo del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	52
Cuadro 19. Composición estructural del pasto estrella africana en tres fincas lecheras evaluadas en el distrito Quesada, cantón de San Carlos	54
Cuadro 20. Contenido de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro en tres partes de la planta –hoja, tallo y material senescente– de pasto estrella registrado en tres épocas climáticas, en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	56
Cuadro 21. Contenido de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente en las hojas, tallos y material senescente del pasto estrella en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	57
Cuadro 22. Contenidos de materia seca y proteína cruda presentes en el pasto estrella africana, en tres fincas del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	58
Cuadro 23. Porcentajes de materia seca y proteína cruda presentes en el pasto estrella africana a lo largo del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	59
Cuadro 24. Contenidos de pared celular presentes en el pasto estrella africana a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	64
Cuadro 25. Contenidos de pared celular presentes en el pasto estrella africana en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	65
Cuadro 26. Contenidos porcentuales de grasa, cenizas y el promedio de las variables presentes en el pasto estrella africana a lo largo del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	69
Cuadro 27. Contenido macromineral del pasto estrella africana durante tres épocas climáticas en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	73
Cuadro 28. Contenido macromineral del pasto estrella africana en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	74

Cuadro 29. Contenido micromineral del pasto estrella africana en tres épocas climáticas en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	75
Cuadro 30. Contenido micromineral presente en el pasto estrella africana en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	77
Cuadro 31. Digestibilidad " <i>in vitro</i> " de la materia seca y contenido estimado de carbohidratos no fibrosos del pasto estrella durante un año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	79
Cuadro 32. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y contenido estimado de carbohidratos no fibrosos del pasto estrella en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	80
Cuadro 33. Total de nutrimentos digestibles y contenido energético en términos calóricos de tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	81
Cuadro 34. Contenido energético del pasto estrella africana a lo largo del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	84

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa del distrito de Quesada y distribución de la precipitación anual.....	24
Figura 2. Precipitación y brillo solar a través del año en el distrito Quesada, cantón de San Carlos	25
Figura 3. Rangos de disponibilidad prepastoreo de biomasa del pasto estrella africana a través del año en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos	40
Figura 4. Disponibilidad de biomasa, consumo de pasto y porcentaje de aprovechamiento a lo largo del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	43
Figura 5. Comportamiento de la composición botánica de las pasturas a través del año en tres fincas lecheras del distrito de Quesada, cantón de San Carlos	46
Figura 6. Edad fenológica al momento del pastoreo y composición estructural de la pastura (% de hojas) en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	53
Figura 7. Contenido de materia seca y proteína cruda en el pasto estrella a través de un año de muestreo en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	60
Figura 8. Contenido de fibra neutro detergente y fibra ácida detergente en el pasto estrella a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.....	63
Figura 9. Contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas en el pasto estrella a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos	70

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV:	Ácidos Grasos Volátiles
Ca:	Calcio
CHOS:	Carbohidratos Hidrosolubles
CNE:	Carbohidratos No Estructurales
CNF:	Carbohidratos No Fibrosos
CHS:	Carbohidratos Solubles
Cu:	Cobre
CMS:	Consumo de Materia Seca
DIVMS:	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la Materia Seca
ED:	Energía Digestible
EM:	Energía Metabolizable
EN _G :	Energía Neta de Ganancia
EN _L :	Energía Neta de Lactancia
EE:	Extracto Etéreo
FDA:	Fibra Detergente Ácida
FDN:	Fibra Detergente Neutro
P:	Fósforo
Fe:	Hierro
Kg MS/ha:	Kilogramos de Materia Seca por hectárea
Mg:	Magnesio
Mn:	Manganeso
MS:	Materia seca
MSNM:	Metros sobre el nivel del mar
N:	Nitrógeno
K:	Potasio
PC:	Proteína cruda
RHT:	Relación hoja:tallo
Na:	Sodio
TND:	Total de Nutrientos Digestibles
Zn:	Zinc

RESUMEN

Los pastos tropicales tienen la ventaja de producir altas cantidades de materia seca y principalmente, hacerlo de forma relativamente continua a lo largo del año. El pasto estrella africana es uno de los recursos alimenticios más comúnmente utilizados en las fincas en la que se produce leche en Costa Rica. El distrito de Quesada, cantón de San Carlos, donde se llevó a cabo esta investigación, se ubica entre 400 y 1400 msnm y se clasifica climatológicamente como bosque pluvial premontano y bosque muy húmedo tropical, transición a premontano. Tiene una precipitación anual de alrededor de 4496 mm, con una temperatura promedio de 23 °C, con un mínimo de 18 y un máximo de 27 °C y un brillo solar promedio de 4,2 horas/día a lo largo del año.

En este estudio se midió la producción de biomasa del pasto estrella africana antes del pastoreo y el material remanente después del mismo (Kg de MS/ha), consumo por hectárea y porcentaje de aprovechamiento; a lo largo de un año y de forma bimensual; en tres fincas lecheras comerciales de la zona; con el objetivo de brindar a los productores de leche de la zona valores confiables que les permitan realizar su presupuesto forrajero y mejorar así las prácticas de alimentación en sus fincas. Además se realizaron estimaciones de consumo por el método del Botanal®, las cuales se compararon con el método de reversa del NRC (2001). Además se implementó la medición del número de hojas (edad fenológica al momento del pastoreo) en pasto estrella y se relacionó con el valor nutricional, composición botánica de la pastura, composición estructural del pasto y disponibilidad de materia seca, con el fin de obtener un indicador sencillo y práctico para el productor para que defina el momento idóneo del pastoreo.

Se analizó el valor nutricional del pasto estrella a lo largo del año en su contenido de MS, PC, pared celular (FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina), CNF, EE, cenizas y DIVMS. Utilizando estos resultados se estimó el contenido energético de TND, ED, EM, EN_L, EN_G del pasto, mediante el programa computacional del NRC (2001). Además se realizó análisis del valor nutricional de la composición estructural de la planta (hoja, tallo y material senescente) en su contenido de MS, PC y FDN durante tres épocas climáticas. Además se analizó el contenido macro y micromineral del pasto en tres épocas climáticas.

Se estimó una disponibilidad de biomasa prepastoreo de 4642 Kg de MS/ha/corte, con un valor mínimo de 3467 y un valor máximo de 6024 Kg de MS / ha / corte, por lo cual se estimó una producción anual de 55,7 ton de MS / ha. Se encontró un efecto significativo ($P \leq 0,05$) del mes sobre la disponibilidad de biomasa antes del pastoreo y el material remanente después del mismo, al igual que sobre el consumo por hectárea y el porcentaje de aprovechamiento por hectárea. La estimación de consumo (Botanal® y NRC 2001) presentó una diferencia de 5,9 %, por lo cual se considera que se tuvo un adecuado dominio de la metodología en el pasto estrella y que el Botanal® es una herramienta práctica para la estimación de disponibilidad y consumo.

El cambio en el régimen de precipitación de la zona tuvo un efecto altamente significativo ($P \leq 0,05$) sobre el porcentaje de malezas y de material senescente presente en los potreros; mientras estos dos componentes aumentan, el porcentaje de pasto estrella disminuye en la pastura, lo cual puede ser causado por un efecto de dilución. El número de hojas promedio al momento de pastoreo fue 7,90, y se

observó un valor mínimo de 7,09 y un valor máximo de 8,48 hojas. El pasto estrella presenta un promedio de 35,17 % de hojas y la composición estructural del pasto no es afectada por el efecto de la época climática. Las hojas son el componente estructural de la planta que presenta el mejor valor nutricional, con los contenidos de PC más altos (23,3 %), los contenidos de FDN más bajos (75,5 %) y los contenidos mayores de MS (22,2 %); entre los tres componentes estructurales analizados (hoja, tallo y material senescente).

El valor nutricional del pasto estrella presentó contenidos promedio de PC, FDN, CNF, EE, lignina y DIVMS de 20,3, 72,8, 7,7, 0,9, 5,7 y 68,5 %, respectivamente. Los aumentos en los contenidos de PC, CNF y EE durante la época lluviosa; además de la disminución en los contenidos de FDN y lignina durante la misma época; se manifiestan en el incremento de la DIVMS hasta valores de 70 % durante el período de invierno. Este incremento en los valores de DIVMS se demuestra además, en el aumento de los contenidos energéticos del pasto durante el mismo período. Los contenidos promedio de TND, ED, EM, EN_L y EN_G estimados en el pasto estrella fueron 51,2 %, 2,42, 1,98, 1,20 y 0,57 Mcal/Kg de MS.

El contenido macromineral mostró un efecto significativo ($P \leq 0,05$) de la época climática sobre el contenido de Ca, Mg y Na presente en el pasto estrella. Los contenidos promedio de Ca, Mg, K, P y Na fueron 0,42, 0,22, 2,73, 0,33 y 0,05 %, respectivamente. El contenido de Cu y Zn en el pasto estrella varió de forma significativa ($P \leq 0,05$) de acuerdo con la finca analizada, y se presentaron contenidos promedio de estos minerales de 11,28 y 28,87 mg/Kg. Los contenidos promedio de Mn y Fe encontrados en el pasto estrella fueron 80,53 y 189,77 mg/Kg, respectivamente; y se vieron afectados de forma significativa ($P \leq 0,05$) por el efecto de la época climática analizada. Con excepción del K, Mn y Fe, ninguno de los minerales analizados satisface los requerimientos para vacas lactantes propuestos por el NRC (2001).

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de explotación de ganado lechero en la América Tropical han mostrado una tasa de incremento anual de un 3,2%, la cual ha respondido no sólo a aumentos en el número de vacas (2,3%/año) y en el área dedicada a la actividad lechera, sino también a mejoras en el nivel productivo de las mismas (0,9% anual) (Pezo et al. 1996). Por otro lado, un proceso de selección genética largo y la importación de razas de alta producción, han originado un hato ganadero de alta productividad, la cual se encuentra cerca de los niveles europeos (Fernández 2003).

La producción de leche en Costa Rica se realiza con un alto nivel de eficiencia, tanto en la parte pecuaria como industrial, involucrando un gran número de pequeños y medianos productores. A partir de 1988, el país reporta excedentes en la producción láctea, los cuales se exportan como leche ultra – pasteurizada, a precios competitivos; una situación que difícilmente subsistirá bajo una apertura de los mercados (Pezo et al. 1996). Según Fernández (2003), la anterior situación significaría exponer la producción nacional a la competencia con la producción subsidiada de los países desarrollados (por ejemplo Estados Unidos, la Comunidad Europea y Nueva Zelanda), en los cuales además el subsidio a la exportación es muy alto.

La situación económica actual en el país, el incremento en la tasa de urbanización y el aumento en el valor de las tierras en la zona central, son algunos de los problemas que han motivado el desplazamiento de parte de las lecherías de altura hacia las áreas bajas del trópico húmedo y sub-húmedo, en donde existe un mayor potencial de producción de biomasa forrajera (Fernández 1992; citado por Pezo et al. 1996).

La rentabilidad de la empresa lechera está ligada directamente a la utilización y el manejo de las pasturas, las cuales son el recurso más económico de alimentación. Si no se realiza un manejo

adecuado del recurso forrajero, se reduce la vida productiva de la pastura, debido a un incremento en el desperdicio. En la situación descrita anteriormente, el pasto se convierte en un recurso alimenticio de mayor valor económico (Donaghy y Fulkerson s/f).

Sin importar el tipo de suplemento que se brinde a los animales dentro de una explotación pecuaria, lo cierto es que los forrajes son el recurso alimenticio más barato que se puede obtener, comprendiendo el 3,5 % de los costos de alimentación (los cuales representan alrededor de 41 % de los costos totales de producción) en fincas lecheras de Costa Rica (Solano y León 2006).

El objetivo de un adecuado manejo de pastizales es obtener una cantidad grande de pasto de alto valor nutricional, que persista por el mayor tiempo posible y que la mayoría sea consumido o preservado (Donaghy y Fulkerson s/f).

Las prácticas de alimentación en las explotaciones lecheras del distrito de Quesada, ubicado en el cantón de San Carlos, se basan en el uso intensivo de los forrajes. Este distrito ofrece condiciones agronómicas muy favorables para el cultivo de pastos y para la actividad lechera en general (Sánchez y Soto 1996).

Según la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, el área de pasturas que utilizan los productores del distrito de Quesada es alrededor de 6880 hectáreas, de las cuales casi la mitad (48,5 %) están sembradas con pasto Estrella, es decir 3335 hectáreas (Arroyo 2006); de allí nuestro interés en el desarrollo de la presente investigación en ésta zona geográfica en particular.

Se reporta, según datos del programa VAMPP®, en las fincas del distrito de Quesada, cantón de San Carlos, una producción diaria total de 120178 kilogramos de leche, producidos por 8584 vacas en ordeño; es decir que el promedio de producción de las fincas que entregan leche a la Cooperativa de

Productores de Leche Dos Pinos en el distrito de Quesada es de 14 kilogramos por animal por día (Arroyo 2006).

El crecimiento del cantón en este sector se ha hecho más evidente con el fortalecimiento paralelo del sector industrial en la zona; por ejemplo, la instalación de plantas procesadoras de leche en polvo y queso de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos. Además es evidente el mejoramiento en la infraestructura; un claro ejemplo es el desarrollo de los caminos, que han facilitado la accesibilidad al sector agroindustrial, apoyado e impulsado por el crecimiento del sector lechero en San Carlos.

Dentro de una explotación pecuaria que dependa del recurso forrajero, se hace necesario conocer la disponibilidad de dicho recurso alimenticio e incluso conocer las diferencias de producción y calidad de la biomasa dentro de diversas áreas de la misma, para poder prever prácticas de suplementación que permitan una producción sostenida a lo largo del año. Esta suplementación puede realizarse con otras fuentes de forraje, alimentos balanceados o subproductos de fácil accesibilidad en la zona. Lo anterior con base en un presupuesto de forraje a partir del cual se debe trabajar en las fincas como respaldo a la planificación de un sistema sostenible (Sánchez 2006; citado por Villalobos 2006).

El **objetivo general** de la presente investigación fue estimar la disponibilidad de biomasa y el valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en fincas de ganado lechero del distrito de Quesada, cantón de San Carlos, durante un ciclo climático de un año.

Objetivos específicos:

1. Conocer la fertilidad de los suelos de tres fincas lecheras comerciales, representativas de la actividad lechera en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos.

2. Estimar la disponibilidad total de materia seca antes del pastoreo y la cantidad de materia seca remanente después del mismo. Así como el porcentaje de aprovechamiento de la pastura durante un ciclo climático de un año.
3. Determinar la composición botánica de la pastura antes del pastoreo a lo largo de un año.
4. Determinar el número de hojas a que se está pastoreando el pasto Estrella en la zona, con el fin de conocer la edad fenológica a la que se está utilizando la planta.
5. Determinar la relación hoja : tallo : material senescente en el forraje ofrecido durante un ciclo de un año, para estimar el período del ciclo de crecimiento en que se está cosechando la pastura.
6. Describir el valor nutricional de los componentes hoja, tallo, material senescente por medio de los análisis de Materia Seca, Fibra Detergente Neutro y Proteína Cruda; con el fin de conocer el aporte nutricional de las diferentes partes de la pastura.
7. Estimar el consumo de materia seca por animal por día, mediante la diferencia entre el material ofrecido y el material remanente después del pastoreo. Así como por medio del método de "reversa".
8. Estimar la calidad nutricional del pasto Estrella Africana durante un ciclo de un año, considerando los contenidos de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro (FDN), nitrógeno en la fibra detergente neutro (NFDN), fibra detergente ácido (FDA), nitrógeno en la fibra detergente ácido (NFDA), lignina, cenizas, carbohidratos no fibrosos (CNF), extracto etéreo (EE), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), total de nutrientes digestibles (TND), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía neta de lactancia (EN_L),

energía neta de ganancia (EN_G), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn).

9. Proponer prácticas de alimentación para los hatos de ganado lechero que pastorean pasto estrella en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos, Alajuela.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y adaptación del pasto estrella

El pasto *Cynodon nlemfuensis*, cuyo nombre común en Costa Rica es pasto estrella africana es originario del sector central y este de África, de donde pasó a los Estados Unidos y de ahí a nuestro país en la década de los cincuentas. El Ministerio de Agricultura y Ganadería realizó las primeras siembras con semilla vegetativa en la Estación Experimental de el Alto de Ochomogo (Sáenz 1955; citado por Suárez 1983).

Este pasto se utiliza ampliamente en el Caribe, América Latina y el sur de Florida gracias a sus características de productividad, facilidad de establecimiento y persistencia bajo pastoreo. Es considerada una de las más importantes especies forrajeras en Puerto Rico, Costa Rica, Guatemala, Jamaica y México (Hernández et al. 2004).

Se conocen de esta especie muchas variedades liberadas, ecotipos e híbridos; pero a lo largo de los diferentes países comparten el mismo nombre común. Las variedades más estudiadas en producción animal son Florico (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst var. *nlemfuensis* Florico) y Florona; ambas cultivadas generalmente en el sur de Florida y diferenciadas entre sí únicamente por sus características de calidad y producción de biomasa, no así por sus características fenológicas. Los ecotipos varían de acuerdo con la zona en la que se produce el pasto; es así que se pueden encontrar ecotipos en la literatura llamados "Costa Rica" o "Jamaica". Los híbridos son cruces de gramíneas del género *Cynodon*, y entre las más comunes en explotaciones foráneas está "Tifton 85", el cual es un híbrido de *Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis* (IFAS 1989; Mislevy y Brown 1990; Hernández et al. 2004).

El pasto estrella se caracteriza por ser una planta perenne, con hábito de crecimiento erecto (0,5 a 0,75 m de altura) y estolonífero que cubre rápidamente el suelo, posee raíces profundas y

gruesas, ramificadas y con un buen número de nudos basales de tamaño mediano. Presenta estolones decumbentes de un gran crecimiento, entrenudos más o menos largos, con una lígula de textura velluda bastante aparente, láminas erectas y largas (0,30 a 0,40 m) de forma plana y anchas en la base. La inflorescencia está formada por espigas que en conjunto forman una panícula de color morado (Harvard-Duclos 1979; Montiel 1981; Rojas 1978; citados por Suárez 1983).

Es un forraje productivo en un amplio rango de ambientes y tipos de suelo (Fukumoto y Lee 2003). Según Weinian, (1950; citado por Suárez 1983), la adaptación de este pasto es típicamente tropical, ya que se desarrolla bien en climas cálidos y secos con precipitaciones mínimas de 500 a 750 mm anuales y desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm. Resiste bien los suelos con diversos grados de acidez, desde pH 4,5 hasta 8,5 y preferiblemente drenados (Ramírez 1979; citado por Suárez 1983); aunque se adapta a suelos con texturas desde arenosas hasta arcillosas y su pH óptimo se encuentra entre 5,5 y 6,0 (Mislevy 2006). Además, esta gramínea limita su productividad a zonas donde las temperaturas preferiblemente no bajen de -5 °C, pues tiene una baja tolerancia a las heladas (Mislevy y Brown 1990).

Según Lotero (1972; citado por Ruíz 1978), las altas temperaturas durante el verano inhiben el crecimiento de los pastos; mientras no exista un suministro adecuado de humedad. Así el efecto benéfico que tiene una alta incidencia de luz solar sobre los pastos es inhibido por la temperatura. El pasto estrella no escapa a esta situación, aún cuando tiene cierto grado de tolerancia a la sequía, ya que durante los periodos secos mantiene un cierto grado de crecimiento retardando su lignificación. Por otra parte, se presenta apetecible para los animales aún en estado seco, lo que le atribuye buenas características como heno en pie (Rojas 1978; citado por Suárez 1983). La aplicación de riego durante los meses de sequía, favorece el crecimiento y permite un pastoreo más uniforme (Iturbide 1980; citado por Suárez 1983).

En un trabajo realizado por Barnes (1960; citado por Ruíz 1978), con los pastos estrella y guinea se encontró una depresión en el rendimiento con el inicio de la época seca; aduciendo que el fenómeno se debió a pérdidas de material senescente que se incorpora al suelo, pero que también contribuye la translocación de carboles acumulados y minerales de los tallos a las raíces. Además, el crecimiento de esta gramínea es inhibido por el efecto de la sombra, la cual actúa además como barrera natural al paso de la humedad (Maya et al. 2005a).

El pasto estrella tiene la capacidad de tolerar excesos de humedad durante períodos cortos, de 3 a 5 días sin afectar gravemente su producción de biomasa o calidad; pero estos factores sí se ven afectados cuando se somete la pastura a largos períodos de anegamiento (Mislevy y Brown 1990).

El establecimiento de esta gramínea se logra únicamente mediante la utilización de semilla vegetativa, pues según Ricardo (1973; tomado de Suárez 1983), la producción de semilla sexual resulta de baja fertilidad. Fukumoto y Lee (2003), recomiendan la utilización de 1120 a 1680 kilogramos por hectárea de tallos maduros y trozos de estolones, en un terreno con adecuada preparación. Mislevy (2006), advierte que la edad de la semilla vegetativa que se utiliza debe de ser entre las 10 y 14 semanas cuando es cosechada, con el fin de maximizar la fertilidad de la misma.

2.2 Manejo del pastoreo

El pasto estrella africana se usa primordialmente en pastoreo continuo o rotacional, pero su utilización puede ser ampliada como pasto de corte, para ensilaje o para heno (Rojas 1978; citado por Suárez 1983).

Tiene una baja tolerancia al sobrepastoreo continuo y requiere de períodos de descanso que varían entre los 29 y 42 días para maximizar su calidad y productividad. Requiere además un adecuado control del pastoreo, es decir, retirar el ganado de la pastura a tiempo para conservar niveles altos de

material residual para el período de rebrote (Fukumoto y Lee 2003). Se recomienda que bajo un sistema de pastoreo rotacional continuo; con el fin de maximizar la producción de biomasa; se mantenga la altura del rastrojo o material remanente entre 15 y 25 centímetros. Se ha señalado en otras investigaciones que este rastrojo tiene un efecto importante en el desarrollo de las raíces del pasto estrella (Mislevy 2006).

El período de descanso puede extenderse en 1 o 2 semanas adicionales en épocas de crecimiento lento, por ejemplo bajo condiciones de estrés hídrico; y debe acortarse a 3 semanas en períodos de crecimiento exponencial, siempre y cuando se mantenga la altura del rastrojo, posterior al pastoreo (Mislevy 2006). Si el período de descanso se acorta, se logra un aumento en calidad, pero se afecta notablemente la producción de materia seca, que es una de las virtudes señaladas para este pasto. Por el contrario, al alargarse el período de descanso más allá de 7 semanas, se aumenta la disponibilidad, pero se disminuye en gran medida la calidad de la gramínea (Mislevy y Brown 1990).

Se ha demostrado que la altura de la planta que supera el rastrojo tiene el mayor efecto en la producción de biomasa y la calidad de la misma, por esta razón el pastoreo debe realizarse cuando la altura de la planta por encima de la "cama" o rastrojo, alcance entre 15 y 45 centímetros (Mislevy 2006).

El efecto de la carga animal sobre la respuesta de la pastura en producción de biomasa y producción animal es determinante; pero el factor limitante en la producción de los animales que pastorean en potreros de estrella es la disponibilidad de biomasa y principalmente, el acceso de los animales al consumo de materia seca. Conforme se aumenta la carga animal se hace necesario aumentar también la tasa de fertilización nitrogenada, para no afectar la disponibilidad y el consumo de pasto y consecuentemente la producción animal (Hernández et al. 2004).

El manejo de la carga animal en la pastura afecta directamente la cantidad del material remanente o colchón para la posterior producción de biomasa, pero es importante además, señalar la relevancia que tiene este material en el control de malezas en los apartos. El sobrepastoreo de los potreros hasta una altura del colchón inferior o igual a los 10 centímetros, resulta en la máxima cobertura de malezas en el suelo, las cuales generan competencia y afectan la producción de biomasa del pastizal. Un manejo adecuado de la carga y del pastoreo permiten mantener el material residual a la altura deseada (15 – 25 centímetros), y permite la menor cobertura de malezas en el potrero (IFAS 1989).

Los últimos avances en materia de manejo de pastizales, guían al productor en el sentido de utilizar el número promedio de hojas en su pastura y no la altura como indicador del momento de pastoreo. Un intervalo de pastoreo basado en el crecimiento de las hojas no es sólo un indicador sensible (el número de hojas es un indicador del estado fisiológico; mientras que la oferta de materia seca y la altura de la planta son indicadores de disponibilidad de biomasa para los animales), sino también práctico y sencillo (Donaghy y Fulkerson s/f).

Gran cantidad de estudios se han llevado a cabo en este aspecto en pastos de clima templado, como el ryegrass (*Lolium perenne*), en los que se indica que el momento óptimo para llevar a cabo el pastoreo es cuando la planta tiene entre 2 y 3 hojas. Llevar a cabo el pastoreo en este momento optimiza la persistencia, la productividad, el aprovechamiento y la calidad de la pastura (Donaghy y Fulkerson s/f).

Pocos estudios se han generado respecto a los periodos de pastoreo del pasto Estrella, basado en el conteo del número de hojas. Aún así, las consecuencias de intervalos de descanso más cortos o más extensos de los recomendados se pueden extender a esta gramínea y se citan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Desventajas del pastoreo en gramíneas a edades tempranas o tardías.

Período corto de descanso	Período de descanso prolongado
Reducción en la producción de materia seca. Disminuye la supervivencia de las plantas, principalmente en periodos de estrés. Aumenta la invasión de malezas. Se pierde el sistema radicular y las plantas son arrancadas de raíz durante el pastoreo. Disminuye el rebrote; aumenta la mortalidad de los rebrotes nuevos. Desbalance en la relación proteína : carbohidratos solubles. Desbalance en los niveles de minerales.	Elongación de los tallos. Aumenta la cantidad de material senescente, aumentando el desperdicio. Disminuye el aprovechamiento durante el pastoreo. Disminuye el valor nutritivo del pasto, por el aumento de la fibra y la disminución de la digestibilidad. Disminuye la energía metabolizable del pasto.

Fuente: Donaghy y Fulkerson s/f

Los sistemas de explotación lechera en Costa Rica se caracterizan en su mayoría por la utilización de cantidades grandes de suplemento para los animales en producción, principalmente alimentos balanceados (Baars 1998). La utilización de altas cantidades de estas fuentes, los cuales son altamente digestibles, inducen a una reducción en el pH ruminal, lo cual puede disminuir el consumo de pasto y la digestión de la fibra; además de una disminución en el tiempo de pastoreo de los animales (White y Hodgson 2002).

La respuesta animal a la suplementación de la dieta, depende de la tasa de sustitución de pasto por suplementos, y del efecto de los suplementos en la digestión del pasto en el rumen (Donaghy y Fulkerson s/f). El principal obstáculo en el uso eficiente de carbohidratos fácilmente fermentables, incluidos en los suplementos comúnmente utilizados en las fincas, es que al incrementar su consumo, el consumo del forraje puede reducirse, fenómeno asociado a los efectos adversos sobre la pared celular del forraje, lo cual tiende a reducir el aporte de energía digestible que el animal obtiene del forraje. Este

efecto sustitutivo es mayor en forrajes de baja calidad y con suplementos con fuentes de carbohidratos procesados (Rojas 1995).

La utilización de suplementos en animales que consumen pasto de alta calidad y disponibilidad, resulta en una disminución en el aprovechamiento de la pastura. La producción láctea extra, debe ser capaz de cubrir los costos que conlleva el aumento en la cantidad de concentrados (Donaghy y Fulkerson s/f).

Según Donaghy y Fulkerson (s/f), la utilización de suplementos es una forma de aumentar la carga animal con seguridad. De esta manera los suplementos son utilizados para sobrellevar los períodos de disminución en el crecimiento y calidad del pasto, y para brindar flexibilidad al productor en el adecuado manejo de potreros.

Se le reconoce al pasto estrella una respuesta inmediata a tasas altas de fertilización, por lo cual se debe seguir un programa de pastoreo intensivo para obtener una máxima utilización y respuesta del forraje. La combinación de altas producciones de materia seca y una relativa alta digestibilidad influyen directamente en la respuesta animal. El sacrificio de la calidad al cosecharse tardíamente, para la obtención de mayor cantidad de biomasa, resulta en el rechazo de los tallos maduros por parte del ganado (lechero o de carne) (IFAS 1989).

La recomendación anual para el plan de fertilización es de 224, 34 y 67 kilogramos por hectárea de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; divididos en tres o cuatro aplicaciones para lograr una producción constante durante la temporada (Mislevy 2006). Por otro lado, Acosta (1995) recomienda la utilización de cantidades más elevadas de fertilizantes nitrogenados (625 Kg de nitrógeno / ha / año). La utilización de altas tasas de fertilización nitrogenada aumenta la producción de biomasa y las concentraciones de nitrógeno en el pasto (Topall et al. 2001; citado por Hernández et al. 2004).

En el Cuadro 2 se detalla una lista con las ventajas y desventajas que provee la utilización del pasto estrella como principal fuente de alimentación, mediante el pastoreo.

Cuadro 2. Ventajas y desventajas en el manejo de pasto estrella.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Rápido establecimiento a partir de material vegetativo.	La calidad del forraje disminuye rápidamente a las 6 o 7 semanas de rebrote, con alto rechazo por parte del ganado.
Los rendimientos (producción de biomasa) del pasto Estrella están adaptados a la producción tropical.	No se debe utilizar en zonas donde la temperatura disminuye por debajo de -5 °C; es afectado severamente por escarchadas.
Es altamente palatable y de alta calidad pastoreado a intervalos de 4 semanas.	Bajo pastoreo intensivo requiere de altos niveles de fertilización.
Tiene un buen crecimiento en ambientes fríos, con adecuada humedad y fertilización.	La propagación vegetativa se realiza de cortes de tallos.
Producción relativamente buena bajo condiciones de baja humedad.	Contienen altas cantidades de HCN-p después de fuertes fertilizaciones nitrogenadas (superiores a 100 kg N/ha).

Fuente: Modificado de Mislevy 2006

2.3 Disponibilidad de materia seca

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

Aunque la calidad de los forrajes tropicales es generalmente inferior a la de forrajes de zonas templadas, la productividad animal por unidad de área del pasto estrella se considera alta, debido a su potencial de producción de materia seca (Hernández et al. 2004).

Las condiciones climáticas imperantes en una región, especialmente el régimen de lluvias, es el factor más importante que regula el crecimiento de las plantas forrajeras a través del año. Son las gramíneas, y dentro de ellas el pasto Estrella, las plantas más sensibles, debido a su sistema radical fibroso y poco profundo que limita la obtención de agua por la planta. En las zonas húmedas tropicales, donde existe una época en que la cantidad de lluvia disminuye, los rendimientos mayores en las pasturas se obtienen al inicio de la época lluviosa, después de un periodo de menor precipitación. Las menores producciones de biomasa corresponden a las épocas de menor precipitación (Rojas 2005).

En un experimento realizado en el Módulo Lechero del CATIE (1974; citado por Suárez 1983), se encontró que la producción de forraje verde puede llegar hasta 12 toneladas por hectárea por corte cada 21 días, con un contenido de 14% de proteína cruda en base seca y utilizando cantidades considerables de fertilización nitrogenada (250 Kg de N/ha/año) y una carga animal relativamente alta de 5,0 UA/ha (UA = bovino de 400 kg de peso vivo). La producción promedio por corte que reportan otros autores es más baja, y ronda alrededor de 8377 kg/ha de forraje verde y 2307 kg/ha de forraje seco, sin la utilización de fertilizantes nitrogenados (Suárez 1983).

La disponibilidad de pasto, en un sistema de producción promedio, es entre tres y cinco veces el consumo máximo de los animales involucrados; esto conlleva inevitablemente, una baja utilización de la pastura en cualquier sistema de pastoreo rotacional (White y Hodgson 2002).

En el Cuadro 3, se presenta la disponibilidad de materia seca por hectárea por año que se reporta en la literatura; la cantidad de biomasa se reporta como kilogramos por hectárea para un año de producción del pasto.

Cuadro 3. Producción de biomasa (Kg/ha/año) de diferentes variedades, ecotipos e híbridos de pasto estrella en la literatura.

Variedad	Lugar	Disponibilidad Kg MS/ha/año	Referencia
Costa Rica	Costa Rica	13 220	Mislevy y Brown 1990
Estrella	México	42 000	Rojas et al. 2005
Estrella	Lousiana, USA	16 944	Pitman y Willis 2001
Estrella	Cuba	22 000	González 1995
Estrella	Colombia	22 600	Maya et al. 2005b
Estrella asociada	Colombia	27 540	Maya et al. 2005b
Florico	Florida, USA	14 085	Mislevy y Brown 1990
Florico	Florida, USA	15 568	IFAS 1989
Florona	Florida, USA	14 456	Mislevy y Brown 1990
Tifton-85	Georgia, USA	54 600	Mandebvu et al. 1998
Tifton-85	Georgia, USA	18 600	Hill et al. 1993
Tifton-85	Lousiana, USA	10 502	Pitman y Willis 2001

La tasa de aprovechamiento del pastoreo en los potreros depende de la cantidad de biomasa en el mismo; por lo tanto, resulta mayor donde la disponibilidad es mayor y menor cuando hay baja disponibilidad de pasto. Esto se debe además a la dificultad de los animales de pastorear donde el pasto es bajo, y por lo tanto la disponibilidad es poca (White y Hodgson 2002).

Fike et al (2003), reportan 6763 Kg de MS/ha/corte de producción de biomasa en el prepastoreo y 5463 remanente en el pospastoreo; lo cual se traduce en un aprovechamiento de la pastura de alrededor del 19 %.

2.4 Calidad nutricional

Se han encontrado grandes diferencias entre variedades del pasto estrella, principalmente en producción de biomasa y digestibilidad *in vitro*; mientras que en los valores de proteína cruda, la mayoría de variedades se comportan de manera similar (Mislevy 2006).

Sánchez y Soto (1993, 1996; citados por Sánchez y Quesada 1998), al evaluar el valor nutricional de los forrajes del distrito de Quesada, encontraron que los contenidos de energía, carbohidratos no fibrosos y proteína cruda no satisfacen las necesidades nutricionales del ganado lechero con alto potencial productivo, por lo que se requiere de una adecuada suplementación, con lo que se logra hacer un mejor uso del recurso forrajero de la zona.

De manera generalizada en las gramíneas, la concentración de nutrimentos en los tejidos de la planta cambia conforme éstas avanzan en madurez. Hay un incremento progresivo en el contenido de fibra asociado con la lignificación de las paredes celulares y el desarrollo de tejido estructural para la floración, con su respectiva disminución en la proporción de contenido celular digestible (White y Hodgson 2002). Además, conforme las pasturas avanzan en edad se incrementa el proceso de lignificación de los forrajes, reduciendo la degradación de la hemicelulosa y celulosa en el rumen y por tanto la digestibilidad del pasto, por lo cual en consecuencia hay menos energía disponible para el animal (Lascano 2002).

La acumulación de hojas y tallos muertos en la base de la pastura, después de pastoreos sucesivos resulta en la disminución del valor nutritivo total de la pastura (White y Hodgson 2002). Las pasturas en crecimiento contienen cantidades de proteína que exceden el requerimiento de las vacas en producción, pero la energía (en forma de carbohidratos de fácil disponibilidad) puede ser el factor limitante para la producción (Donaghy y Fulkerson s/f).

Existen pruebas (Mandebvu et al. 1998; citado por Mandebvu et al. 1999) que demuestran que la digestibilidad *in situ* de raciones totales basadas en la variedad Tifton 85 de pasto estrella, es similar a la de una ración total basada en ensilaje de maíz. Una mejora en la digestibilidad de la pastura confiere al animal bajo pastoreo dos ventajas: el incremento en la concentración de nutrimentos de la dieta y al mismo tiempo un incremento en el consumo de forraje (White y Hodgson 2002).

Según Cerdas (1977), el contenido de proteína cruda fue de 4,87% en pasto estrella analizado a los 45 días y sin fertilización. Este autor encontró además, que el efecto de la edad y el nivel de fertilización nitrogenada sobre el contenido de proteína cruda de la planta es altamente significativo. Además la DIVMS disminuye conforme aumenta la edad, con un valor máximo de 32,29% a los 45 días. La digestibilidad de la materia seca de la planta varió significativamente con la edad de la planta, pero no por los niveles de fertilización nitrogenada utilizados.

El consumo de dietas con cantidades altas de tallos es menor al de dietas que consisten de altas cantidades de hojas de similar digestibilidad, lo anterior ocurre porque la estructura de los tallos hacen la digestión de los mismos más lenta (White y Hodgson 2002).

El contenido de materia seca de las gramíneas tropicales se ve directamente afectado por la época del año, obteniéndose los valores más altos durante los meses de menor precipitación, temperaturas más altas y más horas de brillo solar (Miller y Cowlshaw 1976; citado por Ruíz 1978). De esta manera es frecuente encontrar valores promedio de materia seca en el pasto cercanos a 30,7% y 25,3%, durante las épocas seca y lluviosa, respectivamente (Suárez 1983).

En el Cuadro 4 se presentan valores nutricionales encontrados en estudios realizados con diferentes variedades, híbridos y ecotipos de pasto estrella.

Cuadro 4. Valores de proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) reportados en la literatura.

Variedad	PC	DIVMS	FDN	FDA	Referencia
Colombia	14,00	61,30	72,00	40,50	Laredo 1985; citado por Maya et al. 2005a
Colombia	11,40	60,30	71,40	37,00	Maya et al. 2005a
Colombia (hojas)	15,20	61,70	70,30	34,00	Maya et al. 2005a
Colombia (tallos)	7,30	57,60	76,30	45,50	Maya et al. 2005a
Costa Rica	12,70	57,30			Mislevy y Brown 1990
Costa Rica	15,40		71,60	40,00	Sánchez y Soto 1996; 1998
Costa Rica	7,20		79,40		Sánchez et al. 2000
Costa Rica	12,10				Vargas y Fonseca 1989
Costa Rica	12,70	67,10	73,80		Sánchez y Quesada 1998
Estrella	19,50	57,60	72,00	31,70	Johnson et al. 2001
Estrella	13,90	60,60			Pitman y Willis 2001
Florico	9,20	55,00			Kalmbacher et al. 1987; citados por Mislevy y Brown 1989
Florico	12,00	62,00			Mislevy y Brown 1990
Florona	9,90	51,00			Kalmbacher et al. 1987; citados por Mislevy y Brown 1990
Florona	12,30	53,70			Mislevy y Brown 1990
Hawai	12,80		70,10	33,40	Fukumoto y Lee 2003
Jamaica	14,20	59,30	76,10		Hernández et al. 2004
Tifton 85	13,30	62,80	80,40		Fike et al. 2003
Tifton 85	14,00	61,00			Pitman y Willis 2001
Tifton 85	14,20	59,40	73,00		Hill et al. 1993
Tifton 85	18,90	61,70	69,20	30,70	Mandebvu et al. 1999

El pasto estrella contiene niveles de carbohidratos no fibrosos (CNF) que se caracterizan por ser bajos; esto tiene importantes implicaciones en la nutrición del ganado, pues limita la utilización del nitrógeno a nivel ruminal, lo cual no permite un óptimo crecimiento de su micropoblación (Sánchez y Quesada 1998). El contenido de CNF en los pastos tropicales oscila en un rango entre 6 y 12 %

(Sánchez y Soto 1993; citados por Sánchez y Soto 1998). Valores de CNF, EE, cenizas y lignina se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Contenido de carbohidratos no fibrosos, extracto etéreo, cenizas y lignina presentes en el pasto estrella.

Variedad	EE	Cenizas	CNF	Lignina	Referencia
Costa Rica	1,99	9,30	7,60	5,30	Sánchez y Soto 1996; 1998
Costa Rica			9,20	8,20	Sánchez et al. 2000
Costa Rica			5,41		Sánchez y Quesada 1998
Tifton 85		7,00		4,80	Mandebvu et al. 1999
Colombia	1,61	10,30			Maya et al. 2005a
Colombia (hojas)	1,94	10,20			Maya et al. 2005a
Colombia (tallos)	0,83	9,60			Maya et al. 2005a

El ácido acético es sintetizado especialmente a partir de la celulosa y hemicelulosa y es requerido para la producción de aproximadamente un 50 % de la grasa láctea, mientras que el ácido propiónico proviene principalmente de los CNF y es el precursor de la lactosa (Fahey y Berger 1988; Mertens 1922; citados por Sánchez y Soto 1998). Si las dietas aportan muy pocos CNF, la síntesis de ácido propiónico es limitada, y la glucosa para la producción de lactosa y energía para la síntesis láctea se reduce y se inhibe la producción (Mertens 1922; citado por Sánchez y Soto 1998).

Cuadro 6. Contenidos de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta de lactancia (EN_L) presentes en el pasto estrella.

Variedad	Mcal / Kg de MS			Referencia
	ED	EM	EN _L	
Costa Rica	2,06	1,64		Sánchez et al. 2000
Costa Rica	2,38	2,00	1,23	Sánchez y Soto 1999
Colombia		2,25		Laredo 1985; citado por Maya et al. 2005a
Colombia		2,19		Maya et al. 2005a
Colombia (hojas)		2,24		Maya et al. 2005a
Colombia (tallos)		2,08		Maya et al. 2005a

Los contenidos bajos de energía presentes en los pastos tropicales representan el nutrimento más limitante para la alimentación del ganado lechero en el trópico húmedo de Costa Rica (Sánchez y Quesada 1998); al respecto se presentan algunos valores en el Cuadro 6, en los cuales se hace una separación de los contenidos de energía presentes en las diferentes partes de la planta (hojas y tallos).

Los contenidos de fósforo en el pasto Estrella oscilan entre valores de 0,30 a 0,39% (White 1957; citado por Cerdas 1977); los de calcio varían entre 0,36 y 0,47% y los contenidos de potasio alrededor de 1,35% en promedio (Villalobos 1975; citado por Cerdas 1977). Otros autores reportan contenidos minerales que se citan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Contenidos de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) reportados en la literatura.

Variedad	P	K	Ca	Mg	Referencia
Hawai	0,24	1,78	0,45		Fukumoto y Lee 2003
Costa Rica	0,17	2,15	0,22	0,15	Vargas y Fonseca 1989

Cuando el pasto estrella (variedad Tifton 85) se cosecha para ser utilizado como heno (promedio de cosecha a las 5 semanas), contiene valores de proteína cruda de 14,3 %, digestibilidad *in vitro* de 63,2 %, FDN de 75,1 %, FDA de 32,8 %, lignina de alrededor de 4 % y cenizas de 6,3 % (Mandebvu et al. 1999).

2.5 Producción animal basada en pasto estrella

La estructura y la composición botánica del dosel herbáceo pueden afectar directamente el consumo por parte de animales en pastoreo, sin tomar en cuenta la influencia de la composición química y el contenido de nutrimentos del pasto (White y Hodgson 2002).

La cantidad de pasto consumido diariamente es producto del tiempo en pastoreo y de la tasa de consumo herbáceo durante el pastoreo, la cual es sensible a las variaciones en la altura del pasto. Los

animales tienden a concentrar su consumo en las capas del pasto que contienen principalmente hojas (White y Hodgson 2002).

En pastizales que se encuentran en su etapa reproductiva (floración), la proporción relativa de hojas:tallos afecta selectivamente el comportamiento del pastoreo. La discriminación entre hojas y tallos, o entre materia verde y material senescente, afecta la digestibilidad de la dieta seleccionada, que generalmente resulta mayor que si se considera la planta entera (White y Hodgson 2002).

Conforme el pasto avanza en madurez se aumenta la altura promedio del pastizal y la disponibilidad de biomasa, pero se disminuye la digestibilidad de la gramínea, con efectos negativos en el comportamiento del pastoreo y el consumo de los animales (White y Hodgson 2002).

Según Mislevy (2006), la respuesta animal en la utilización de esta pastura es reconocida como excelente, con ganancias de peso por hectárea y ganancias diarias promedio por animal cercanas al doble de las obtenidas utilizando "Jengibrillo" (*Paspalum notatum*).

Fike et al (2003), reportaron que animales consumiendo un híbrido de pasto estrella son capaces de sostener producciones lácteas diarias de alrededor de 13,5 kilogramos, con un nivel de suplementación bajo y con una carga animal baja. Además analizaron el cambio en el peso corporal de los animales productores, los cuales bajo estas condiciones perdían 11 kilogramos por cada ciclo de rotación (28 días). Por otro lado, con un nivel alto de suplementación y una carga animal alta, se reportaron valores de producción de hasta 17,3 kilogramos por día y ganancias en el peso de los animales de hasta 2 kilogramos por ciclo de rotación (28 días).

El mismo autor analizó el consumo de forraje y suplemento de los animales en producción; los resultados de este experimento se muestran en el Cuadro 8. El autor concluyó que la respuesta positiva en producción de leche que tiene la suplementación adicional (0,8 kilogramos de leche/kilogramo de

suplemento) de los animales que pastorearon el híbrido de estrella, confirma el valor de brindar a las productoras cantidades sustanciales de suplemento cuando pastorean este tipo de pastos de calidad moderada. Además, la suplementación a razón de 0,5 kilogramos por kilogramo de leche resultó en una relación forraje:concentrado de 56:44 (base seca), lo que definitivamente no producirá en los animales problemas de acidosis ruminal, ni la depresión en los porcentajes de grasa en leche (Fike et al. 2003).

Cuadro 8. Consumos de materia seca de un híbrido de Estrella y suplemento, con una carga animal alta – alta suplementación y carga animal baja – baja suplementación.

Consumo	Carga animal Alta	Carga animal Baja
	Alto nivel suplementación	Bajo nivel suplementación
Forraje (kg / día)	8,50	9,10
Suplemento (kg / día)	7,10	3,80
Total (kg / día)	15,60	12,90
Forraje (% del PV)	1,64	1,83
Suplemento (% del PV)	1,42	0,77
Total (% del PV)	3,06	2,60

Fuente: Fike et al. 2003

Para novillos en desarrollo que consumieron dietas basadas en el híbrido Tifton 85, se reportan consumos de 4,7 kilogramos de materia seca por día, lo que representa 1,90 % del peso vivo de los animales, con digestibilidades alrededor del 58,1 % (Mandebvu et al. 1999).

Hill et al. (1993) reportaron ganancias hasta de 670 gramos por animal por día utilizando novillos que pastorearon la variedad Tifton 85. Por su parte, Hernández et al. (2004), analizando las ganancias de peso diarias de animales de la raza Jamaica Red Poll pastoreando un ecotipo local de pasto estrella, determinaron ganancias de peso de alrededor de 675 gramos por animal por día con cargas animales bajas (2,5 animales por hectárea) y ganancias cercanas a 310 gramos por animal por día utilizando cargas animales altas (7,5 animales por hectárea).

Otros autores coinciden con estas ganancias de peso diarias y reportan valores de 510 gramos por animal por día en novillos que pastorearon la variedad Florico, y 420 gramos para animales pastoreando la variedad Florona de pasto estrella (Mislevy y Brown 1990). El IFAS (1989), reportó ganancias de peso diarias de 550 gramos y 410 gramos por animal, para los mismos híbridos de pasto estrella, Florico y Florona, respectivamente.

Con la introducción de un suplemento líquido de melaza, a novillas pastoreando las variedades Florico y Florona de pasto estrella, se mejoró la ganancia diaria de peso hasta 870 gramos y 843 gramos, respectivamente (Mislevy 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

En la siguiente sección se describen las metodologías utilizadas en el análisis de las variables evaluadas en las tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos, Alajuela.

3.1 Descripción de la zona de estudio y climatología

El distrito de Quesada está ubicado a una altura de 400 a 1400 msnm, su clima se clasifica como bosque pluvial premontano y bosque muy húmedo tropical, transición a premontano (Sánchez y Soto 1996). El Instituto Meteorológico Nacional reportó para esta zona durante el año 2006, una precipitación de alrededor de 4496 mm y una temperatura promedio de 23 °C, con un mínimo de 18 y un máximo de 27 °C. En la Figura 1 se presenta un mapa del distrito de Quesada, ubicado en el cantón de San Carlos, con sus diferentes patrones de precipitación.

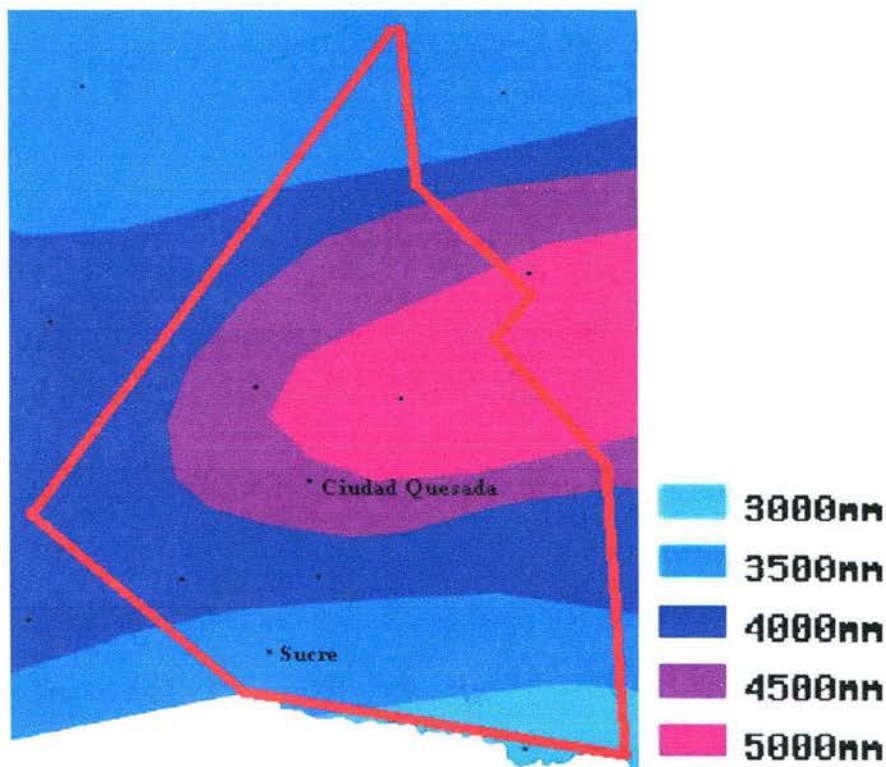


Figura 1. Mapa del distrito de Quesada y distribución de la precipitación anual.

Fuente: Sirzee 2006.

De acuerdo con el patrón de precipitación y brillo solar se pueden identificar en el distrito Quesada dos épocas del año claramente definidas: la época semiseca que va de enero a abril y la época lluviosa, de mayo a diciembre.

Durante la época semiseca, desde enero hasta abril, se reportan precipitaciones bajas con un promedio de 166 mm de lluvia por mes, mientras que a partir del mes de mayo se incrementan las precipitaciones hasta alcanzar un promedio de 479 mm de lluvia hasta el mes de diciembre. Durante los mismos períodos, en la época semiseca se reportan 6,6 horas de brillo solar en promedio; mientras que durante la época lluviosa el brillo solar disminuye hasta alcanzar 2,6 horas promedio por día durante estos meses (Retana 2006). El comportamiento anterior se demuestra en la Figura 2.

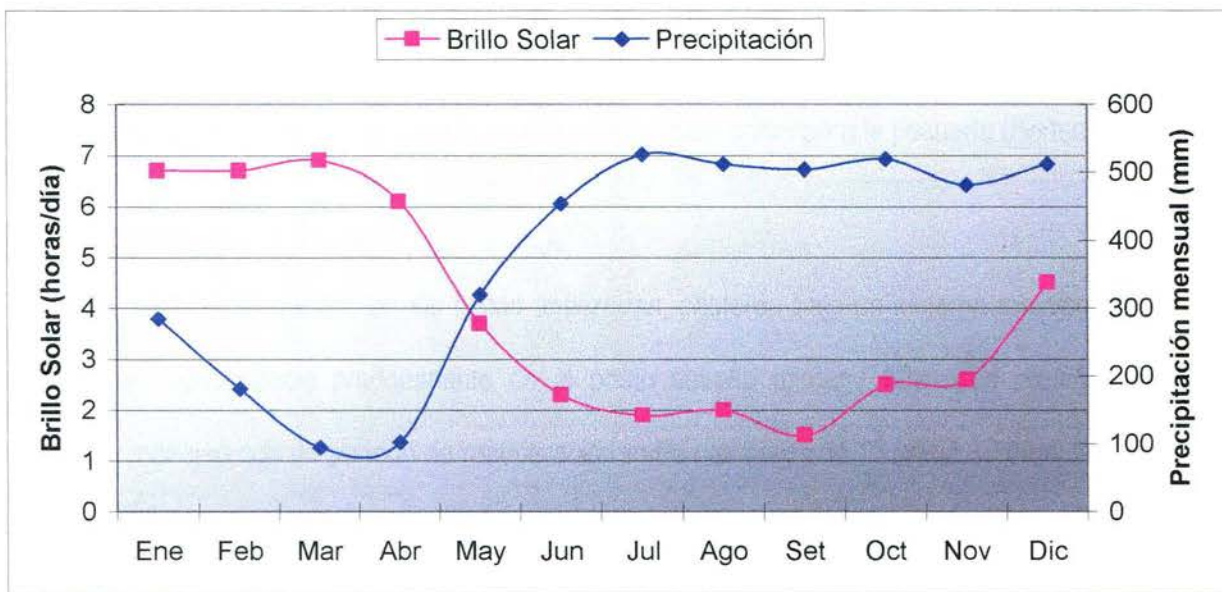


Figura 2. Precipitación y brillo solar a lo largo del año en el distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Fuente: Retana 2006.

En el Cuadro 9, se detallan los parámetros meteorológicos correspondientes al año 2006 en dos épocas climáticas en el distrito de Quesada.

Cuadro 9. Parámetros meteorológicos para el distrito de Quesada durante la estación semiseca, lluviosa y el promedio anual.

Parámetro	Estación		Promedio Anual
	Semiseca	Lluviosa	
Humedad Relativa (%)	83,30	91,30	88,20
Brillo Solar (horas)	6,60	2,60	4,20
Temperatura Máxima (°C)	27,20	26,70	26,90
Temperatura Mínima (°C)	18,20	19,20	18,80
Precipitación (mm)	166,10	479,00	358,60

Fuente: Retana 2006

En general, los suelos encontrados en este distrito se clasifican como Inceptisoles y se caracterizan por su bajo contenido de bases, y en algunas ocasiones por sus contenidos altos de materia orgánica y alguna influencia volcánica (Acón 1990; citado por Sánchez y Quesada 1998). Estos suelos representan un 39 % de la superficie nacional y debido a sus características físicas y químicas son suelos muy importantes tanto para la producción agrícola como para la pecuaria (Bertsch 1998).

3.2 Descripción de las fincas

En general, el ganado en las fincas analizadas, pastorea bajo un sistema rotacional continuo, en potreros cuya especie predominante es el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Los apartos se manejan con un periodo de recuperación entre pastoreos de 27 hasta 30 días. La ocupación de cada potrero es de medio día, por lo que los animales pastorean un apto después de cada ordeño. Únicamente en la Finca 1 se utiliza dentro del sistema rotacional un sistema de franjas con cerca eléctrica móvil, que permite regular la cantidad de pasto disponible para los animales de acuerdo con la época climática y la carga que se maneje en la finca en un momento dado.

Además de forraje, el ganado recibe alimento balanceado durante el ordeño en cantidades variables entre fincas, pero siempre en relación al nivel de producción según la etapa de lactancia. La raza predominante en todas las fincas es Holstein Friesian.

Se extrajeron de las fincas analizadas muestras de suelo en dos épocas diferentes, el primero durante el año 2004 durante un preestudio de las fincas y el segundo durante el año 2006, con el objetivo de diagnosticar la fertilidad de dichos suelos.

Se utilizó la metodología descrita por Bertsch (1998) y Henríquez y Cabalceta (1999) para la extracción de muestras de suelo, independientemente del cultivo analizado. El muestreo se llevó a cabo en el potrero que seguía en el orden de rotación de la finca y se muestreó en forma de zig - zag dentro del potrero con el fin de garantizar la aleatoriedad del mismo. Las submuestras se tomaron a una profundidad de 10 – 15 cm, que es donde los pastos concentran la mayoría de sus raíces. Los análisis realizados al suelo recolectado se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos y Foliarés del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

En el Cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos en los dos muestreos realizados en las tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Los suelos analizados en las fincas lecheras del distrito Quesada, que califican como Inceptisoles presentan un bajo contenido de bases, pues se puede observar que a excepción de la Finca 1 en el año 2004, ninguno alcanza el valor mínimo de 5 cmol(+)/L en la suma de sus bases (Ca + Mg + K). Además son suelos de pH bajo y con niveles de acidez superiores al nivel crítico.

Esta deficiencia de bases, principalmente de magnesio, podría causar problemas en la salud de los animales y el problema se incrementa cuando se combina con altos porcentajes de saturación de acidez, que reducen la tasa de absorción de bases por las plantas. Este problema fue observado principalmente en la Finca 3, en la cual se alcanzan valores de 46,9 y 44,5 % durante el año 2004 y 2006, respectivamente. Estos niveles resultan incompatibles con el adecuado crecimiento de cualquier

especie vegetal, y el problema se torna más serio con suelos de pH bajo, como los que se encontraron en la zona.

Cuadro 10. Análisis químico cuantitativo de los suelos muestreados en las de tres fincas lecheras en el distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Análisis	Rango adecuado*	Año 2004			Año 2006		
		Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
pH	5,5-6,5	5,40	5,20	4,64	5,20	5,30	4,80
Ca	4 – 20 cmol(+)/L	4,11	2,66	0,98	2,56	1,87	0,78
Mg	1 - 5 cmol(+)/L	0,85	0,73	0,25	1,05	0,69	0,38
K	0,2 - 0,8 cmol(+)/L	0,35	0,50	0,14	0,51	0,61	0,36
Acidez	< 0,3	0,31	0,59	1,21	0,55	0,52	1,22
CICE	> 5	5,62	4,48	2,58	4,67	3,69	2,74
P	10-50 mg/L	9,30	95,00	13,50	14,00	9,00	8,00
Cu	1-20 mg/L	16,30	15,10	16,20	20,00	20,00	15,00
Fe	10-50 mg/L	123,00	133,00	180,00	266,00	138,00	196,00
Mn	10-50 mg/L	9,20	18,20	8,10	22,00	23,00	18,00
Zn	3-10 mg/L	3,50	5,80	5,90	6,10	6,70	3,30

* Rangos adecuados para cultivos en general según Bertsch (1998)

El porcentaje de saturación de acidez promedio para las fincas durante el año 2004 fue 21,9% y durante el 2006 alcanzó el 23,5 %; este incremento en la acidez del suelo podría ser producto de la utilización de cantidades significativas de fertilizantes nitrogenados, los cuales tienden a la acidificación del suelo, por lo cual resulta necesario corregir el porcentaje de saturación de aluminio (acidez) de estos suelos mediante la aplicación de enmiendas, principalmente de cal dolomita que incrementará los contenidos de Ca y Mg en el suelo.

El suelo estudiado en las fincas del distrito de Quesada tiende hacia las características ándicas, por lo cual es un fuerte fijador de fósforo, lo cual se observa en los bajos niveles de P encontrados

(Cuadro 10); esto hace necesaria la recomendación de la inclusión de ciclos de fertilización con DAP (fosfato diamónico; composición química: 18-46-0) en los pastizales.

Los potreros en las fincas evaluadas eran en su mayoría de topografía irregular, pero con pendientes moderadas. La mayor parte de los potreros se encontraba cubierta de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*).

Durante el año 2006 se realizaron muestreos bimensuales de disponibilidad de biomasa antes y después del pastoreo, hasta concluir con un ciclo climático de un año. Durante cada muestreo se evaluó visualmente primero los potreros de cada una de las fincas, en los cuales los animales iban a pastorear después de los ordeños sucesivos: el potrero a utilizar después del ordeño de la mañana y el potrero después del ordeño de la tarde. En cada uno se tomó muestras de forrajes para estimar calidad, disponibilidad pre-pastoreo y composición botánica. Al día siguiente se regresaba a las fincas y se tomó muestras de disponibilidad pos-pastoreo en los mismos potreros muestreados el día anterior. Los potreros donde se recolectó la muestra no son fijos para cada muestreo, sino que fue realizado en los potreros donde los animales entraron a pastorear el primer día de muestreo en la tarde-noche y la mañana del día siguiente.

Además se recolectaron las malezas más comunes encontradas en los potreros de las fincas analizadas y se identificaron en el Laboratorio de Arvenses del Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos de la Universidad de Costa Rica.

3.3 Técnica de muestreo para estimar la disponibilidad de materia seca del pasto y el consumo de materia seca por animal

La estimación de disponibilidad de materia seca se llevó a cabo utilizando la metodología descrita por Hargraves y Kerr (1978) empleada en el Botanal®. Fueron evaluados dos potreros por finca en cada una de las visitas, uno es el potrero que las vacas pastorearon el primer día en la tarde luego

del ordeño, y el otro potrero o aparto es el que se pastoreó el día siguiente después del ordeño en la mañana; éstas son las muestras prepastoreo. Al día siguiente se regresaba a las fincas para estimar la disponibilidad en los mismos potreros muestreados el día anterior, pero luego de que los animales lo cosecharon y han salido hacia otros potreros; éstas son las muestras pospastoreo.

Al llegar a cada potrero se hace un recorrido general para tener una visión de la uniformidad en el pastizal, tanto en altura como en densidad de plantas, con el fin de establecer diferentes niveles de disponibilidad. Primero se establecen el nivel mayor (5) y el menor (1), y a partir de estos se establecen niveles intermedios (4, 3 y 2), de cada nivel se cosecha el forraje presente dentro de un cuadro de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m²), se pesó en fresco y se obtuvo la cantidad de materia seca que representa cada nivel para extrapolarlo a una hectárea, éstas son las muestras reales.

Luego se hace un muestreo al azar con el cuadro de 0,25 m² por todo el potrero, realizando 50 estimaciones visuales que permiten ponderar la frecuencia de observaciones con la disponibilidad de materia seca de las muestras reales y así, obtener un valor de disponibilidad de materia seca en kilogramos o toneladas por hectárea, en condiciones de prepastoreo y pospastoreo. La metodología del Botanal ® permite obtener una diferencia entre la disponibilidad del pasto antes y después del pastoreo, con lo cual se logra estimar el consumo de materia seca por animal.

El consumo de materia seca por animal por día se determinó además utilizando el método de "reversa"; este método consiste en estimar el consumo de materia seca de forraje por animal por día a partir de los datos de producción animal, los cuales a su vez determinan las necesidades de energía de los animales; el cual es el nutrimento más limitante (NRC 2001). Conociendo las necesidades energéticas del animal promedio de la finca, el contenido de energía del pasto estrella y los aportes energéticos de los alimentos balanceados, así como los de cualquier otro suplemento nutricional

utilizado en la finca, por diferencia se determinó el consumo de materia seca del pasto por día (Van der Grinten et al. 1992).

3.4 Técnica de muestreo y métodos químicos de análisis para estimar la calidad nutricional

El muestreo para estimar la calidad de la pastura se realizó simulando la forma de comer de los animales, con el fin de que se refleje lo que el animal realmente está consumiendo; por este motivo es que las muestras se toman a una altura de 10 cm sobre el suelo, debido a que más abajo de este nivel se supone que el ganado no cosecha el pasto. Además se toma como base las observaciones realizadas en los apartos recién pastoreados. La muestra tiene un peso de 1400-1600 gramos. Se tomaron un total de 36 muestras, las cuales fueron analizadas para todos los parámetros de calidad con excepción de la fracción mineral, de la cual sólo se evaluaron 18 muestras.

La muestra recolectada para analizar la composición estructural del pasto fue separada en el laboratorio y se determinaron, utilizando los métodos descritos en esta sección, los contenidos de MS, PC y FDN presentes en cada uno de los componentes estructurales del pasto estrella. Se analizaron en total 54 muestras de este tipo.

Con el fin de conocer el valor nutritivo del pasto estrella, se determinaron los contenidos de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) según la metodología descrita por la AOAC (1990). También se analizaron las fracciones de la pared celular (fibra detergente neutro - FDN, fibra detergente ácido - FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina y sílica) según la metodología de Van Soest y Robertson (1985). Se determinó además la digestibilidad "*in vitro*" de la materia seca (DIVMS) utilizando la metodología descrita por Van Soest y Robertson (1979). Además se analizaron los carbohidratos no fibrosos según la metodología descrita por Van Soest et al. (1991) y dos de las fracciones de la proteína presentes en la FDN y la FDA, siguiendo el método propuesto por Licitra et al (1996). Los niveles de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía neta de lactancia (EN_L), energía neta de

mantenimiento (EN_M) y energía neta de ganancia (EN_G), se estimaron siguiendo las metodologías descritas por Weiss (1997) y NRC (2001).

Se determinó el contenido de calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio, cobre, zinc, hierro y manganeso para la mitad de las muestras de calidad nutricional recolectadas, utilizando las metodologías descritas por Fick (1979).

3.5 Técnica de muestreo para estimar el número de hojas al pastoreo (edad fenológica)

Se estimó la edad fenológica a que se está pastoreando el pasto Estrella, utilizando la misma técnica que se emplea para determinar el número de hojas en el pasto ryegrass perenne (Villalobos 2006) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (Andrade 2006). La metodología consiste en contar el número de hojas en los mismos potreros donde se midió la disponibilidad y el valor nutricional, antes del pastoreo, para lo cual se realizaron 50 mediciones al azar en la pastura.

3.6 Metodología para evaluar la composición estructural de la planta

Se evaluó la composición botánica en las pasturas en condiciones de pre-pastoreo en los mismos apartos donde se tomaron las muestras de valor nutricional y disponibilidad por medio de una muestra tomada al azar en cada potrero y que se debe cortar al ras del suelo. Luego en el laboratorio se procedió a separar la planta en sus diferentes partes: tallo, hoja y material senescente y se secó a 60°C para obtener la materia seca de cada parte. También se analizó el valor nutricional (materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro; por los métodos descritos anteriormente) de cada una de las partes de la planta.

3.7 Metodología para estimar la capacidad potencial del forraje para producir leche corregida por energía y proteína

Utilizando el programa de evaluación de raciones del NRC (2001) se estimó la capacidad potencial del pasto estrella para producir leche, con base en su contenido nutricional.

3.8 Metodología para evaluar la composición botánica de la pastura

Se evaluó la composición botánica de la pastura en los mismos apartos donde se realizó la estimación de disponibilidad, valor nutricional y composición botánica de la planta en condiciones de pre-pastoreo. Con esto se busca tener una idea de la competencia interespecífica que se da en la pastura y la facilidad con que se pueden desarrollar otras especies de plantas en la pastura. Conforme se desarrollaba el Botanal ® en cada potrero, en las mismas 50 muestras visuales tomadas en un cuadro de 0,5 m x 0,5 m, se evaluó en orden descendente los componentes prevalecientes encontrados en esa área. Los componentes evaluados fueron: estrella, otras gramíneas, malezas y material senescente.

3.9 Análisis estadístico

Utilizando la información obtenida mediante el análisis de la disponibilidad de materia seca pre y postpastoreo, el porcentaje de aprovechamiento calculado, además de los resultados de la edad fenológica al momento del pastoreo, se utilizó el siguiente modelo con el fin de buscar diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las variables:

$$\text{Modelo estadístico utilizado} = \mu + \text{Mes}_i + \text{Finca}_j + e_{ij}$$

Donde el resultado de la variable analizada es el resultado de μ , que es la media de dicha variable, más el efecto del mes, la finca y el error residual.

El mismo modelo se utilizó para encontrar diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las variables cuando se evaluó la calidad nutricional del pasto estrella, la composición estructural de la planta y la composición botánica de la pastura.

Se aplicó además la prueba de Duncan a cada una de las variables con el fin de encontrar diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) para cada uno de los efectos del modelo anterior, como son el mes y la finca.

Para la evaluación de los resultados obtenidos en el contenido mineral y el valor nutricional de los componentes estructurales de la planta, se utilizó el siguiente modelo con el fin de obtener diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los efectos evaluados para dicha variable:

$$\text{Variable analizada} = \mu + \text{Época}_i + \text{Finca}_j + e_{ij}$$

Donde el contenido mineral en el pasto es el resultado de μ , que es la media de dichas variables, más el efecto de la época climática evaluada, la finca, más el error residual. De igual forma se aplicó la prueba de Duncan para reportar diferencias significativas ($P \leq 0,05$) debidas a cada uno de los efectos evaluados en el modelo anterior (época climática y finca).

Toda la información de disponibilidad de la materia seca, calidad nutricional, contenido mineral, edad fenológica, composición estructural de la planta y composición botánica de la pastura se utilizó para calcular promedios, desviaciones estándar, valores máximos y mínimos y los efectos del modelo analizado, utilizando el paquete estadístico SAS (2001).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos bimensualmente durante un año de estudio. Primero se discutirá la disponibilidad de materia seca del pasto estrella africana antes del pastoreo y el remanente después del mismo, junto con el aprovechamiento por hectárea y el porcentaje de aprovechamiento. Después se discuten el consumo de materia seca de pasto estrella por el ganado lechero, la composición botánica de la pastura, la edad fenológica al momento del pastoreo y la composición estructural de la planta, junto con el valor nutricional de cada uno de sus componentes (hoja – tallo – material senescente), durante tres épocas climáticas.

Finalmente se discute el valor nutricional del pasto estrella a lo largo del año de muestreo, así como el contenido mineral del mismo durante tres épocas climáticas.

4.1 DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA

Aún cuando la calidad de los forrajes tropicales es generalmente inferior a la de los forrajes de climas templados, la producción animal por unidad de área puede ser mayor en pasturas tropicales debido a su potencial de producción de biomasa (Mislevy et al. 1989; citado por Hernández et al. 2004). Las prácticas de alimentación en la mayoría de las fincas del trópico se basan en el uso intensivo de los forrajes (Sánchez y Quesada 1998).

En el caso del pasto estrella, Ulate (1975; citado por Sánchez y Soto 1999), menciona que la mayor producción de biomasa se produce a una edad de rebrote de 26 a 30 días, lo cual coincide con los períodos de recuperación utilizados en las fincas analizadas en esta investigación.

En el Cuadro 11 se presentan los resultados de disponibilidad de biomasa prepastoreo y remanente después del mismo que se obtuvieron en las tres fincas evaluadas, así como el

aprovechamiento por hectárea, el porcentaje de aprovechamiento y el promedio general para cada variable.

Cuadro 11. Disponibilidad de biomasa promedio prepastoreo y material remanente pospastoreo del pasto estrella africana, en tres fincas de ganado de leche evaluadas durante un ciclo climático de un año, en el distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	Disponibilidad prepastoreo (Kg MS/ha)	Material remanente pospastoreo (Kg MS/ha)	Aprovechamiento por hectárea (Kg MS/ha)	Aprovechamiento (%)
1	5755 (1412) ^{1 a}	3185 (1129) ^a	2570	44 (15)
2	4216 (942) ^b	2592 (770) ^b	1624	38 (14)
3	3956 (1006) ^b	2092 (816) ^b	1864	47 (15)
Promedio²	4642	2623	2020	43

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Desviación estándar entre paréntesis

² Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Se encontró un efecto altamente significativo de la finca analizada sobre la disponibilidad de materia seca en los potreros antes del pastoreo ($P < 0,0001$) y un efecto significativo de la finca sobre el material remanente después del mismo ($P = 0,0020$). Se observa un comportamiento diferente en producción de biomasa en la Finca 1, cuando se compara con las otras dos fincas estudiadas.

En la Finca 1 se reporta la mayor disponibilidad prepastoreo y de material remanente pospastoreo promedio, siendo estos valores 5755 y 3185 Kg de MS/ha/corte, respectivamente, lo cual se atribuye principalmente a factores de manejo en los pastizales como pueden ser fertilización y el encalado, además de un mejor manejo de la carga animal por medio de la utilización de franjas en el pastoreo. Según Hernández et al. (2004), el efecto de la carga animal sobre la respuesta de la pastura en producción de biomasa y producción animal es determinante, aún cuando el factor limitante en la producción de los animales es la disponibilidad de biomasa y principalmente, el consumo de materia seca.

Topall et al. (2001; citados por Hernández et al 2004) señalan que la utilización de altas tasas de fertilización nitrogenada – como las utilizadas en las fincas analizadas (entre 250 y 450 Kg de N/ha/año) – aumentan la producción de biomasa forrajera, por lo cual se debe ajustar la carga animal en los potreros con el fin de convertir el excedente de forraje en producto animal.

Mandebvu et al. (1999) encontraron rendimientos de 4200 Kg de MS/ha/corte al evaluar la disponibilidad del híbrido Tifton-85 con períodos de recuperación de 4 semanas (28 días) en Georgia, Estados Unidos. Los resultados reportados por estos autores son muy similares a los que se encontraron en el presente estudio.

Por otro lado, Fike et al. (2003) en un experimento realizado en Florida, encontraron para el híbrido Tifton 85, una disponibilidad en prepastoreo durante el verano de 6763 kilogramos de materia seca por hectárea por corte y en pospastoreo una cantidad de material remanente de 5463 Kg de MS/corte. Estos resultados son muy superiores al promedio de disponibilidad prepastoreo y de material remanente pospastoreo encontrado en la presente investigación.

Velez-Santiago y Arroyo-Aguilu (1983; citados por Hernández et al. 2004), encontraron en un experimento realizado en Puerto Rico, valores de 3336 Kg de MS/ha/corte, en potreros evaluados con 30 días de recuperación; estos valores resultan muy inferiores a los encontrados en las fincas analizadas.

Mediante el análisis estadístico se encontró un efecto altamente significativo del mes sobre la disponibilidad prepastoreo ($P=0,0007$), así como el material remanente pospastoreo ($P=0,0003$). Se obtuvo un promedio anual de disponibilidad prepastoreo de 4642 Kg de MS/ha/corte y de material remanente pospastoreo de 2623 Kg de MS/ha/corte, lo cual a su vez se traduce en un aprovechamiento promedio por hectárea de 2020 Kg de MS/corte y un 43,05 % de aprovechamiento promedio.

Maya et al. (2005b) reportaron en Colombia una disponibilidad de biomasa prepastoreo de pasto estrella cosechado con 28 días de recuperación de 1740 Kg MS/ha/corte y un aumento en la disponibilidad del pasto al asociarlo con leucaena, la cual es una leguminosa, hasta valores de 2110 Kg de MS/ha/corte en un pastizal cosechado con el mismo período de recuperación.

En el Cuadro 12 se presentan los resultados de disponibilidad de materia seca pre y pospastoreo analizados bimensualmente a lo largo de un año, además del aprovechamiento por hectárea y el porcentaje de aprovechamiento de las pasturas de estrella africana.

Cuadro 12. Disponibilidad de biomasa del pasto estrella africana prepastoreo y material remanente pospastoreo, a lo largo de un ciclo climático de un año en tres fincas de ganado de leche ubicadas en el distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	Disponibilidad prepastoreo (Kg MS/ha)	Material remanente pospastoreo (Kg MS/ha)	Aprovechamiento por hectárea (Kg MS/ha)	Aprovechamiento (%)
Ene – Feb	4965 (797) ^{1b}	2560 (899) ^{bcd}	2405	49,40 (12) ^{ab}
Mar – Abr	6024 (1869) ^a	3726 (1153) ^a	2298	38,20 (4) ^{bc}
May – Jun	4859 (847) ^b	2636 (542) ^{bc}	2223	44,70 (13) ^{abc}
Jul – Ago	4126 (1271) ^{bc}	1723 (449) ^d	2403	56,30 (14) ^a
Set – Oct	3467 (1084) ^c	2023 (521) ^{cd}	1444	39,20 (17) ^{bc}
Nov – Dic	4411 (976) ^{bc}	3067 (998) ^{ab}	1344	30,50 (15) ^c
Promedio²	4642	2623	2020	43,05

^{a, b, c, d} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Desviación estándar entre paréntesis

² Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Se observa la mayor disponibilidad prepastoreo y de material remanente pospastoreo durante los meses de marzo y abril con 6024 y 3726 Kg de MS/ha, dejando ver así la incidencia del pico de luz solar (horas luz) sobre el crecimiento de los forrajes tropicales (Cuadro 9 y Figura 2). La tasa de rebrote, que aumenta la disponibilidad del pasto, se maximiza con cantidades altas de brillo solar, temperaturas

moderadas (13 a 25 °C) y una humedad y disponibilidad de nutrimentos en el suelo adecuadas (Donaghy y Fulkerson s/f).

El suelo encontrado en las fincas de la zona (Inceptisol con características ándicas), permite una alta retención de humedad aún durante estos meses – más de su propio peso en agua (Bertsch 1998) – lo cual se complementa con el pico de luz solar a favor de la producción de biomasa.

Además durante los mismos meses, el Instituto Meteorológico Nacional reporta las menores temperaturas en la zona, hasta 17,7 °C, las cuales favorecen la aparición del rocío durante la madrugada que aumenta la humedad en el suelo (Retana 2006). Según Lotero (1972; citado por Ruíz 1978) cuando existe un adecuado suministro de humedad, las altas temperaturas presentes durante los meses de verano; que alcanzan hasta 28,2 °C (Retana 2006); no inhiben el efecto benéfico que tiene una alta incidencia de luz solar sobre los pastos.

El comportamiento de la disponibilidad de biomasa prepastoreo a través del año de muestreo se observa en la Figura 3, donde además se puede observar el rango de disponibilidad que se puede esperar en la zona durante cada época, con base en la desviación estándar encontrada durante los muestreos realizados, lo cual permite abarcar el 66 % de los valores obtenidos durante los muestreos.

Durante los meses en los cuales se presenta la mayor disponibilidad, también se presenta la mayor variación en los valores, desde 4155 hasta 7893 Kg de MS/ha/corte, por lo cual el productor de la zona debe ser muy cuidadoso a la hora de estimar la carga animal para sus potreros, con el fin de evitar sobrepastoreo o subpastoreo y sus posteriores efectos en la producción animal. Además se observa una disminución casi lineal en la disponibilidad de pasto desde los meses de marzo y abril hasta setiembre y octubre; esta disminución se calcula en alrededor de 320 Kg de MS por mes.

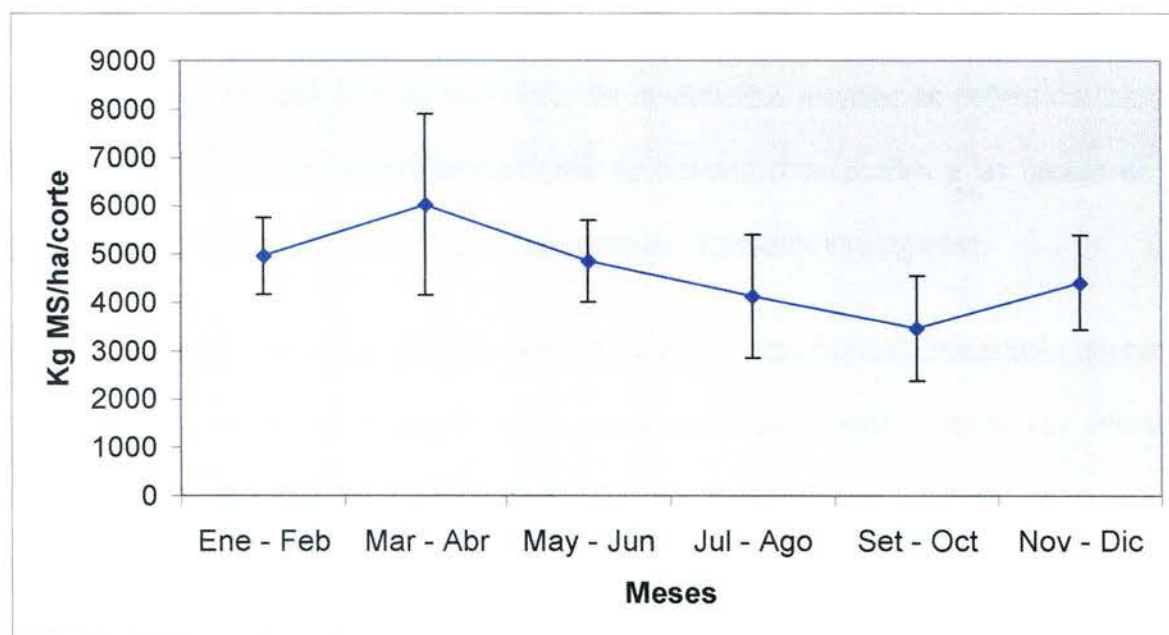


Figura 3. Rangos de disponibilidad prepastoreo de biomasa del pasto estrella africana a través del año en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos.

La cantidad de pasto remanente pospastoreo es efecto de la disponibilidad prepastoreo y del porcentaje de aprovechamiento de la pastura (Hernández 2004), por lo cual no es de extrañar que sea el mes de mayor disponibilidad prepastoreo el mes en el que hay también mayor material remanente pospastoreo.

Según Sollenberger et al. (1989; citados por Johnson et al. 2001), quienes coinciden con lo hallado en el presente estudio, los forrajes tropicales presentan su pico de producción de biomasa en pleno verano; pero con frecuencia la producción animal durante esta época se deprime, debido a una disminución en la calidad de los forrajes. Este aumento en la disponibilidad de biomasa se registró también en un estudio realizado en el sur de Florida utilizando pasto bahiagrass (*Paspalum notatum*) (Summer et al. 1991; citados por Johnson et al. 2001) y por Chambliss et al. (1999) y Mislevy (1999) para pasto bermudagrass (*Cynodon dactylon*) y estrella, respectivamente (ambos citados por Johnson et al. 2001).

Por otro lado, Rojas (2005) menciona que en las zonas húmedas tropicales, donde existe una época en que la cantidad de lluvia disminuye, los rendimientos mayores se obtienen al inicio de la época lluviosa y que las menores producciones de biomasa corresponden a las épocas de menor precipitación; lo cual es contrario a lo que se encontró en la presente investigación.

Los meses durante los cuales se presenta la menor disponibilidad prepastoreo (septiembre y octubre), coinciden con los meses de mayor precipitación en la zona y donde hay además una deficiencia de horas luz que afecta el crecimiento del pasto estrella.

La menor cantidad de material remanente pospastoreo ocurre durante los meses de julio y agosto, pero no se encuentra diferencia mediante la prueba de Duncan ($P \geq 0,05$) con los meses de setiembre y octubre, donde se presentó la menor disponibilidad prepastoreo.

La suplementación dentro de las prácticas de alimentación en una finca permite aumentar la carga animal con seguridad, con el fin de sobrellevar los periodos de disminución en el crecimiento y calidad del pasto y de brindar al productor flexibilidad en el adecuado manejo de los potreros (Donaghy y Fulkerson s/f).

4.2 CONSUMO POR HECTÁREA Y PORCENTAJE DE APROVECHAMIENTO

Durante los meses de alta precipitación, el consumo por hectárea disminuye debido a una disminución en el consumo individual de materia seca de los animales durante su tiempo de estadía en los potreros, producto principalmente del clima, con precipitaciones que alcanzan los 505 mm mensuales (Retana 2006). Lo anterior se observa en la disminución en el consumo por hectárea durante estos meses, que desciende desde 2400 Kg de MS/ha en julio y agosto, hasta 1344 Kg de MS/ha en promedio desde setiembre hasta diciembre, aún cuando la carga animal se mantiene casi constante en las fincas a lo largo del año.

El efecto de sustitución que causa la utilización de suplementos de alta digestibilidad y palatabilidad sobre el pasto disminuye el consumo de forraje y la digestión de la fibra, lo cual causa una disminución en el tiempo efectivo de pastoreo de los animales (White y Hodgson 2002). Según Donaghy y Fulkerson (s/f), la utilización de estos suplementos en animales que consumen pasto de alta calidad y disponibilidad resulta en una disminución en el consumo por hectárea, y por lo tanto en el aprovechamiento de la pastura.

Se encontró un efecto significativo del mes ($P=0,0249$) sobre el porcentaje de aprovechamiento del pasto estrella. Este efecto se observa principalmente durante los meses de mayor precipitación (desde setiembre hasta diciembre) y en la época semiseca (marzo y abril), donde se presenta una reducción en el porcentaje de aprovechamiento, lo cual obedece a dos razones diferentes que se discuten a continuación.

El motivo por el cual disminuye el porcentaje de aprovechamiento durante los meses de marzo y abril no tiene que ver con la falta de consumo de los animales, sino más bien con un exceso en la producción de biomasa de la pastura. Se observa un valor alto de aprovechamiento por hectárea (2298 Kg de MS/ha) y aún así un porcentaje de aprovechamiento de la pastura relativamente bajo.

El comportamiento descrito anteriormente se evidencia en la Figura 4, donde se observa que el consumo de materia seca de los animales se mantiene constante desde enero hasta agosto y disminuye de setiembre a diciembre. Los cambios en el porcentaje de aprovechamiento, principalmente durante los meses de marzo y abril, obedecen a un aumento en la disponibilidad de biomasa y no a una disminución en el consumo por hectárea durante este período.

Por otro lado, la disminución en el porcentaje de aprovechamiento desde setiembre hasta diciembre, se debe a una disminución en el consumo por hectárea de los animales, como se observa en la Figura 4.

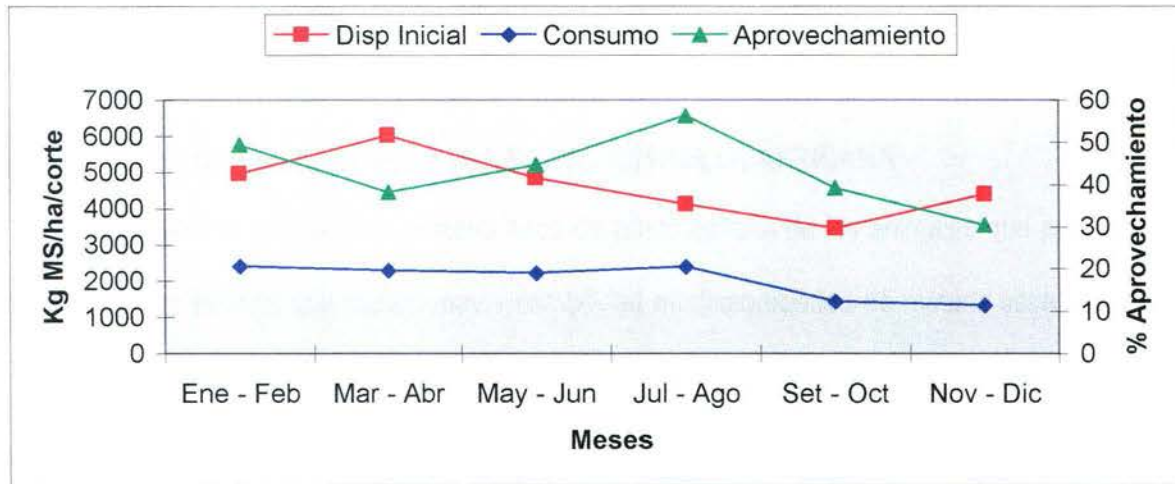


Figura 4. Disponibilidad de biomasa, consumo de pasto y porcentaje de aprovechamiento a lo largo del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Según White y Hodgson (2002), la disponibilidad de pasto en un sistema de producción promedio, es entre tres y cinco veces el consumo máximo de los animales en la explotación, esto es entre 20 y 33 % de aprovechamiento de la pastura. El porcentaje de aprovechamiento reportado en esta investigación fue superior durante los meses de enero y febrero y desde mayo hasta agosto. Se debe considerar que durante los meses de enero hasta agosto el aprovechamiento por hectárea se mantiene relativamente constante, por lo que si se tuviera también una disponibilidad de biomasa relativamente constante, el porcentaje de aprovechamiento no variaría. El porcentaje de aprovechamiento disminuye durante los meses de marzo y abril porque hay una disponibilidad de biomasa mayor. Durante los meses de marzo y abril y desde setiembre hasta diciembre, el porcentaje de aprovechamiento se mantiene en el límite superior de los valores reportados por White y Hodgson (2002).

Fike et al. (2003) reportaron un 19 % de aprovechamiento del pastoreo en los potreros de pasto estrella. Mientras que Villalobos (2006), en un estudio realizado con pasto ryegrass perenne en las zonas altas de la provincia de Cartago, reportó valores de aprovechamiento por hectárea menores (1833 Kg de MS/ha), pero porcentajes de aprovechamiento de la pastura cercanos a los encontrados en la presente investigación (44,8 %).

4.3 CONSUMO DE MATERIA SECA DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA

Se estimó el consumo de materia seca de pasto estrella de los animales que pastorean en la Finca 3, por ser la finca que mostró mayor estabilidad en disponibilidad de materia seca prepastoreo y en aprovechamiento a lo largo del año así como en el suministro del alimento balanceado. Para este fin se consideró el promedio de disponibilidad anual presente en la Finca 3 que es 3956 Kg de MS/ha/corte, y un aprovechamiento en los potreros de 47 %, lo que deriva en un consumo por parte de los animales de 1864 Kg de MS/ha/corte.

El tamaño promedio de los potreros de la Finca 3 es 2500 m² y los potreros fueron pastoreados por 39 vacas de la raza Holstein, con un peso promedio de 550 Kg y una producción promedio de 22 Kg de leche por vaca con 3,7 % de grasa y 12,4 % de sólidos totales. Utilizando estos datos, el consumo estimado de pasto estrella por animal en la Finca 3 es de 11,95 Kg de MS.

Por medio del "método de reversa", en el cual se estima el consumo de pasto utilizando los demás componentes de la dieta del animal suministrados en la finca, se encontró la siguiente ración total que consumen los animales en la Finca 3.

Según el programa del NRC (2001) con el cual se formuló la ración descrita en el Cuadro 13, ésta tiene 1,47 Mcal/Kg de MS de EN_L y 187 gramos de PC/Kg de MS. Esta cantidad de energía permite a los animales producir 22 kilogramos de leche, mientras que la cantidad de proteína presente

en la ración permitiría a los animales producir 39,9 kilogramos de leche. Además presenta un balance positivo de 801 gramos de proteína metabolizable y de 293 gramos de proteína ruminal degradable. Además, el programa predijo un consumo de materia seca de 18,37 kilogramos, que representa un 3,34 % del peso vivo de los animales presentes en la Finca 3.

Cuadro 13. Ración total estimada mediante el “método de reversa” suministrada a los animales de la Finca 3.

Fuente	Consumo (Kg de MS)
Sal	0,08
Alimento balanceado 1	3,66
Citropulpa 2	0,87
Suplemento mineral	0,12
Pasto estrella	12,70
Alimento balanceado 3	1,47
Total	18,90

Alimento balanceado 1: PC 13 %, EN_L 2080 Kcal/Kg de MS

Citropulpa 2: PC 5,5%, ED 2850 Kcal/Kg de MS

Alimento balanceado 3: PC 16 %, EN_L 1850 Kcal/Kg de MS

Suplemento mineral: calcio 23 %, fósforo 18 %

La diferencia en el consumo de pasto encontrada entre las estimaciones realizadas por el método del Botanal® en esta investigación (11,95 Kg de MS/vaca/día) y el “método de reversa” (12,7 Kg de MS/vaca/día), es de 5,9 %.

Villalobos (2006) en un experimento similar realizado con pasto ryegrass, observó una diferencia entre el consumo de los animales estimado por el método del Botanal® y el “método de reversa” de 8,24 %

4.4 COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LAS PASTURAS DE ESTRELLA AFRICANA

Se observó un efecto significativo ($P=0,0014$) del mes sobre el porcentaje de pasto estrella y malezas ($P=0,0001$) presente en la pastura y altamente significativo sobre el porcentaje del material

senescente ($P < 0,0001$). En el Cuadro 14 se observa que el mayor porcentaje de pasto estrella se presentó durante los meses de la época semiseca y que es durante estos mismos meses cuando disminuye el porcentaje de malezas y el porcentaje de material senescente en la pastura. Andrade (2006), quien trabajó con pasto kikuyo en las zonas altas de Heredia, reportó un incremento en el porcentaje de pasto presente y adujo que este aumento podría ser solo aparente, debido a que los demás componentes botánicos disminuyeron durante esta época, creando así un efecto de dilución, lo cual puede justificar también el aumento en la cantidad del pasto estrella durante enero y febrero reportado en el presente estudio.

El comportamiento de los componentes botánicos de la pastura a través del año se muestra en la Figura 5, y es clara la tendencia de los porcentajes de malezas y material senescente a aumentar en la pastura conforme avanza el año e inician los periodos lluviosos.

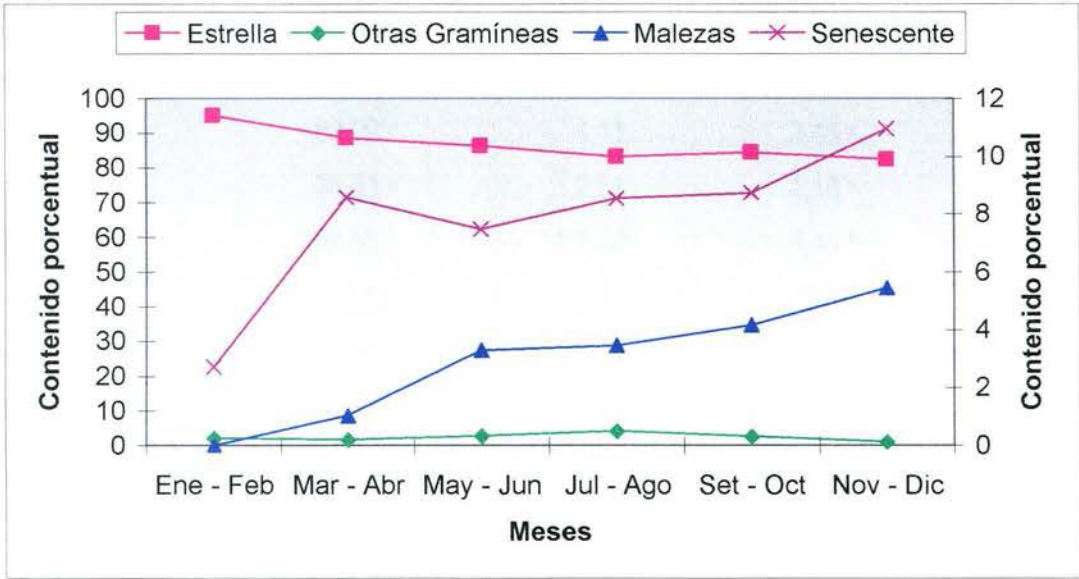


Figura 5. Comportamiento de la composición botánica de las pasturas a través del año en tres fincas lecheras del distrito de Quesada, cantón de San Carlos.

Se observa una tendencia creciente en el porcentaje de malezas presentes en los potreros a través del año (verano – transición – invierno), la cual puede deberse a un efecto acumulativo en el

estrés a que son sometidos los potreros, producto de la creciente precipitación pluvial y al pisoteo de los animales en los pastizales. El control de las malezas presentes en la pastura se debe llevar a cabo durante los meses de mayor proliferación de las mismas, es decir durante la época lluviosa, mediante la utilización de herbicidas químicos, selectivos a gramíneas, que controlen principalmente el crecimiento de las especies de hoja ancha (Acosta 1995), por ejemplo el “bledo” (*Amaranthus sp.*) y el “chile perro” (*Polygonum punctatum*). Por su parte, Andrade (2006) y Villalobos (2006), en experimentos realizados con los pastos kikuyo y ryegrass perenne, respectivamente, no reportan ningún efecto de la época climática sobre el porcentaje de malezas presente en la pastura.

Cuadro 14. Composición botánica porcentual de la pastura a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	Porcentaje presente en la pastura (%)			
	Estrella	Otras gramíneas	Malezas*	Senescente
Ene – Feb	95,11 ^a	2,17	0,00 ^b	2,72 ^c
Mar – Abr	88,62 ^b	1,76	1,04 ^b	8,59 ^b
May – Jun	86,36 ^c	2,79	3,30 ^a	7,46 ^b
Jul – Ago	83,29 ^c	4,11	3,45 ^a	8,54 ^b
Set – Oct	84,53 ^c	2,61	4,16 ^a	8,74 ^b
Nov – Dic	82,56 ^c	1,04	5,44 ^a	10,95 ^a
Promedio¹	86,74	2,41	2,90	7,83

^{a, b, c, d} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

* Camaroncillo (*Blechnum pyramidatum*), bledo (*Amaranthus sp.*), oreganillo (*Hydrocotyle bowlesoides*), ajento (*Conyza apurensis*), santa lucía (*Ageratum conyzoides*), cinquillo (*Drymaria cordata*), cortadera (*Cyperus tenuis*), escobilla (*Sida ulmifolia*), clavito (*Ludwigia octovalvis*), chile perro (*Polygonum punctatum*) y *Ranunculus repens*.

El promedio de material senescente encontrado en la pastura durante el año fue 7,83 % y se reportó una disminución durante los meses de enero y febrero y un aumento de esta fracción en la pastura durante los meses de noviembre y diciembre. Desde el mes de setiembre hasta diciembre, se registró en las fincas los menores aprovechamientos por hectárea de las pasturas, por lo cual un aumento en esta fracción durante este período se justifica debido al subpastoreo en los pastizales y por

tanto, un aumento en la cantidad de material remanente que dejan los animales después del pastoreo. Villalobos (2006), en un experimento realizado en pasturas de ryegrass perenne, reportó un aumento en la fracción senescente presente en la pastura durante los meses de menor precipitación y una disminución en la misma conforme avanza el invierno en la zona alta de la provincia de Cartago.

Mediante la prueba de Duncan se determinó que el porcentaje de otras gramíneas que se observa en la pastura no es muy variable a lo largo del año. Lo anterior se puede deber a que la altura del colchón de material que queda en los potreros cuando los animales salen de pastorear, así como la carga animal que se maneja en las fincas, no permiten la proliferación de otras especies de gramíneas que son más susceptibles a la competencia interespecífica. Investigaciones realizadas en pasto kikuyo (Andrade 2006) y pasto ryegrass perenne (Villalobos 2006), coinciden en que no se muestra un efecto claro de la época climática sobre el porcentaje de otras gramíneas presente en la pastura.

Cuadro 15. Porcentaje de pasto estrella, otras gramíneas, malezas y material senescente observado en los potreros de tres fincas lecheras del distrito de Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	Porcentaje presente en la pastura (%)			
	Estrella	Otras gramíneas	Malezas	Senescente
1	90,95 ^a	0,42 ^b	1,20 ^b	7,41
2	83,91 ^b	3,71 ^a	3,67 ^a	8,51
3	85,38 ^b	3,11 ^{ab}	3,83 ^a	7,58
Promedio¹	86,75	2,41	2,90	7,83

^{a, b,} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

La finca mostró un efecto significativo sobre el porcentaje de pasto estrella ($P=0,0014$) y sobre el porcentaje de malezas ($P=0,0015$) presentes en la pastura. La Finca 1 presentó el mayor porcentaje de pasto estrella entre las fincas analizadas y esto se puede deber principalmente a factores de manejo de los pastizales en las fincas, por ejemplo la carga animal y la fertilización nitrogenada, que además inciden directamente sobre el porcentaje de malezas que logran desarrollarse dentro de la pastura. Los

mismos razonamientos explican también la diferencia encontrada entre las fincas para el porcentaje de otras gramíneas presentes en los potreros, según la prueba de Duncan. En el Cuadro 15 se observa la composición botánica de la pastura registrada en las fincas analizadas del distrito de Quesada.

4.5 EDAD FENOLÓGICA DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA

Un intervalo de pastoreo basado en el crecimiento de las hojas resulta un indicador sensible, práctico y sencillo del momento en que deben pastorearse los potreros pues se basa en el estado fisiológico de la planta, mientras que la oferta de materia seca y la altura de la planta son indicadores de disponibilidad de biomasa para los animales (Donaghy y Fulkerson s/f).

Existe un efecto altamente significativo del mes ($P < 0,0001$) sobre la edad fenológica o número de hojas a la cual se pastorea el pasto estrella africana; este efecto se demuestra en el Cuadro 16 y se observa un patrón estrechamente ligado con el ciclo climático (precipitación y brillo solar) presente en la zona a lo largo del año (Figura 2).

El análisis estadístico mediante la prueba de Duncan denota; en la edad fenológica a la cual se pastorean los potreros en las fincas analizadas; tres estaciones claramente definidas. Durante los meses de invierno más riguroso (julio – octubre) el pasto estrella africana se pastorea en la zona a un número de hojas mayor que durante las demás épocas, es decir alrededor de las 8,5 hojas. Al entrar en la época de transición la edad de pastoreo del pasto disminuye a 7,7 – 8 hojas en promedio; y se observa el menor número de hojas en los potreros de pasto estrella después de los meses de menor precipitación en la zona, hasta alcanzar un valor cercano a las 7 hojas.

Llevar a cabo el pastoreo a una edad fenológica adecuada optimiza la persistencia, la productividad, el aprovechamiento y la calidad de la pastura (Donaghy y Fulkerson s/f), por lo cual se

debe hacer más investigación sobre el número de hojas que optimice calidad y disponibilidad del forraje en estudio, con el fin de utilizarlo como indicador del momento de pastoreo.

En un estudio realizado en pasto kikuyo (Herrero 2000; citado por Andrade 2006), se observó que las altas temperaturas favorecen la aparición de hojas nuevas en la pastura. Andrade (2006), no concuerda con sus resultados esta teoría, pues encontró un menor número de hojas durante la época semiseca, durante la cual se esperan mayores temperaturas. Los resultados presentados por Andrade (2006) coinciden con los encontrados en este estudio, pues es durante la época de transición y de manera más relevante, durante el verano, donde se observa en la pastura de estrella africana un menor número de hojas.

Según Villalobos (2006), las diferencias encontradas en ciertas épocas del año permiten a los productores reconsiderar y mejorar las prácticas de manejo de los forrajes, esto con el objetivo de aprovechar mejor dicho recurso por medio de sistemas de conservación de forrajes como el henilaje o acortar los periodos de recuperación de las pasturas.

Cuadro 16. Edad fenológica a la que se pastorea el pasto estrella africana a través del año en tres fincas lecheras del distrito de Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	Número de hojas
Ene - Feb	7,77 ^b
Mar - Abr	7,65 ^b
May – Jun	7,09 ^c
Jul – Ago	8,48 ^a
Set – Oct	8,45 ^a
Nov – Dic	7,96 ^{ab}
Promedio¹	7,90

^{a, b, c} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras (potreros), cada una compuesta de 50 observaciones

El efecto de la finca sobre la edad fenológica del pasto también fue altamente significativo ($P < 0,0001$) y se relaciona de manera más estrecha con las prácticas de manejo utilizadas en las diferentes fincas y con el aprovechamiento de los potreros. Es en la Finca 2 en la que se observa el menor número de hojas en la pastura (Cuadro 17) y en la que se presenta el menor aprovechamiento de los potreros; esto se puede deber a que el pasto al ser menos aprovechado tiene una menor necesidad de producir rebrotes para la recuperación de sus reservas de carbohidratos. Villalobos (2006) reportó en pasto ryegrass perenne una disminución en el número de hojas conforme se disminuye el período de descanso de la pastura; lo cual difiere con lo que se encontró en este estudio, donde la Finca 2, que tiene el mayor período de descanso, presenta a su vez un menor número de hojas.

Cuadro 17. Edad fenológica en número de hojas y período de recuperación de la pastura en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	Número de hojas	Período de recuperación (días)
1	8,50 ^a	29
2	7,45 ^b	30
3	7,77 ^b	27
Promedio¹	7,90	28,67

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras (potreros), cada una compuesta de 50 observaciones

La Finca 1 se comportó de manera diferente a las fincas 2 y 3, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$), en cuanto a la edad fenológica al momento del pastoreo. En la Finca 1 se observó el mayor número de hojas en la pastura, lo que coincide con el comportamiento en disponibilidad de biomasa, en aprovechamiento de la pastura (Cuadro 12) y en la relación hoja:tallo (Cuadro 18).

4.6 COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA (RELACIÓN HOJA – TALLO)

La relación hoja:tallo (RHT) refleja el porcentaje de hojas sobre la totalidad de la planta (hojas, tallos y material senescente). El mejoramiento de forrajes por digestibilidad utilizando métodos indirectos se ha basado en la selección de plantas con alta proporción de hojas con relación a tallos, lo

cual se fundamenta en que las hojas tienen una mayor digestibilidad y consumo que los tallos debido a una tasa de pasaje más rápida (Poppi et al. 1980; citado por Lascano 2002).

No se encontró efecto significativo del mes ($P > 0,05$) sobre la composición estructural del pasto estrella africana. La relación hoja:tallo se mantiene estable a través del año y en promedio la pastura presenta 35,17 % de hojas y 64,83 % de tallos más material senescente (Cuadro 18). González (1990; citado por Pezo et al. 1996), en una investigación realizada en el Módulo Lechero del CATIE en Turrialba, reportó una relación hoja tallo de 26:74, la cual resulta muy inferior a la reportada en la presente investigación y podría deberse a las menores tasas de fertilizantes nitrogenados utilizados en esa investigación.

Cuadro 18. Composición estructural del pasto estrella africana a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	Relación Hoja:Tallo (% hojas:% tallos)
Ene – Feb	34,35 : 65,65 ^{ab}
Mar – Abr	31,89 : 68,11 ^b
May – Jun	33,95 : 66,05 ^{ab}
Jul – Ago	35,22 : 64,78 ^{ab}
Set – Oct	36,82 : 63,18 ^{ab}
Nov – Dic	38,75 : 61,25 ^a
Promedio¹	35,17 : 64,83

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

La menor proporción de hojas registrada durante los meses de marzo y abril podría obedecer a una elongación de los tallos, producto de la mayor cantidad de brillo solar registrada durante estos meses de verano y a la competencia intraespecífica por obtener la mayor cantidad de luz.

En la Figura 6 se observa la composición estructural del pasto estrella africana y el número de hojas (edad fenológica) al momento del pastoreo a lo largo del año, con el fin de observar la tendencia

conjunta de ambas variables al aumentar la cantidad de hojas como componente estructural de la pastura (RHT) y el número de hojas como indicador del momento de pastoreo en las fincas con el inicio de la época lluviosa.

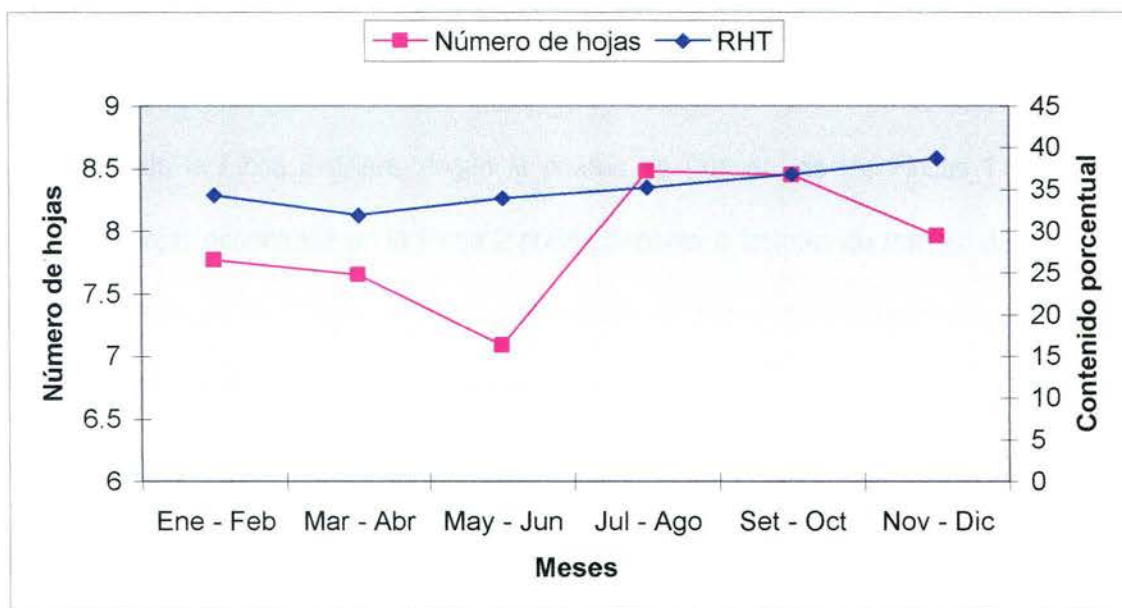


Figura 6. Edad fenológica al momento del pastoreo y composición estructural de la pastura (% de hojas) en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Herrero et al. (s/f; citados por Andrade 2006), sugieren que los altos niveles de fertilización nitrogenada aumentan la senescencia de las hojas debido al desarrollo acelerado del dosel, lo cual reduce la intercepción de luz en las hojas inferiores y aumenta la cantidad de estolones en relación con los rendimientos de las hojas, lo que produce una disminución en el valor nutricional del pasto, una subutilización de la pastura y por lo tanto, una reducción en el rendimiento de los animales. Se ha demostrado que la altura de la planta que supera el rastrojo o material senescente tiene el mayor efecto en la producción de biomasa y la calidad de la misma (Mislevy 2006).

Villalobos (2006) en un estudio realizado en pasto ryegrass, un pasto de clima templado, reportó valores de 56,1% de hojas y 43,9% de tallos y material senescente. Por otro lado, Andrade

(2006), en un experimento realizado con pasto kikuyo – el cual puede ser utilizado en menores altitudes en Costa Rica que el pasto ryegrass perenne, al igual que el estrella africana – reportó valores de 32% de hojas y 68% de tallos y material senescente; resultados que concuerdan con los encontrados en los pastizales analizados en el presente estudio.

Se observó un efecto significativo de la finca ($P=0,0058$) sobre la relación hoja:tallo presente en la pastura, donde la Finca 2 difiere, según la prueba de Duncan, de las Fincas 1 y 3. La menor proporción de hojas encontrada en la Finca 2 podría deberse a factores de manejo de los pastizales, por ejemplo un período de recuperación más prolongado, el cual produce un aumento en la cantidad y longitud de los tallos y principalmente de material senescente.

En el Cuadro 19 se muestra la relación hoja:tallo que se obtuvo en los potreros de pasto estrella africana en las tres fincas lecheras que evaluadas en el distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Cuadro 19. Composición estructural del pasto estrella africana en tres fincas lecheras evaluadas en el distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	Relación Hoja : Tallo (% hojas)
1	36,78 : 63,22 ^a
2	31,33 : 68,67 ^b
3	37,39 : 62,61 ^a
Promedio¹	35,17 : 64,83

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Donaghy y Fulkerson (s/f) mencionan que en la mayoría de los sistemas rotacionales de pastoreo, en los potreros queda una enorme cantidad de material remanente o “colchón” conformado por el material senescente y muerto en la pastura, y que el manejo que se haga de los pastizales (intensidad del pastoreo, frecuencia de rotación y fertilización nitrogenada) puede aumentar drásticamente la productividad de la pastura, pues estos factores tienen un rol determinante en la composición estructural de la misma. Además, el manejo de la carga animal en la pastura tiene un

efecto directo en la cantidad del material remanente o colchón para la posterior producción de biomasa (IFAS 1989).

4.7 VALOR NUTRICIONAL DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PASTO ESTRELLA

El contenido de materia seca promedio para hojas, tallos y material senescente es de 22,20, 16,79 y 17,46 % respectivamente. Se observa que la mayor cantidad de humedad se da en los tallos de la planta, los cuales junto con el material senescente conforman la mayor parte del peso de la misma: 64,83 % (Cuadro 20).

Se encontró un efecto significativo del mes sobre el contenido de materia seca encontrado en las hojas ($P=0,0171$), los tallos ($P=0,0002$) y el material senescente ($P=0,0014$). El contenido de materia seca en los tallos y el material senescente se comportó de igual manera que la materia seca en la planta entera, ya que aumentó durante los meses de menor precipitación. En las hojas, el contenido de materia seca aumentó durante los meses de mayor precipitación, aunque este aumento no es tan dramático como el que ocurre en los tallos y el material senescente.

El contenido de proteína cruda promedio para hojas, material senescente y tallos es de 23,26, 12,96 y 13,31 %, respectivamente. El contenido de proteína es superior en las hojas porque es en esta parte de la planta donde se encuentra la mayor cantidad de contenido intracelular y no de estructuras de soporte, como en los tallos, los cuales aumentan los contenidos de fibra en la planta entera.

En un estudio realizado en el Módulo Lechero del CATIE en Turrialba se reportaron contenidos de proteína en las hojas, tallos y material senescente de 17,0, 7,4 y 6,8 %, respectivamente (Pezo et al. 1996). Por su parte, Maya et al. (2005a) encontraron en Colombia, contenidos de proteína en las hojas y tallos de 15,20 y 7,89 %, respectivamente. Ambas investigaciones muestran resultados muy similares entre sí, pero sus valores son muy inferiores a los reportados en la presente investigación.

En ambas investigaciones se encontró una relación de la proteína en las hojas y tallos alrededor de 2:1, que coincide con lo reportado en este estudio, lo cual quiere decir que el contenido de proteína de las hojas es del doble que el contenido de proteína de los tallos, en el pasto estrella africana.

Se encontró un efecto significativo del mes sobre el contenido de proteína cruda encontrado en los tallos ($P=0,0080$) y el material senescente ($P=0,0202$). El cambio encontrado en el contenido de proteína presente en el material senescente es muy leve y su contenido es menor durante la época de transición. El contenido de proteína cruda en los tallos aumenta conforme se incrementa la precipitación en la zona, el contenido mayor se presenta durante los meses de invierno (setiembre – diciembre) y sigue el mismo comportamiento que el contenido de proteína cruda en la planta entera.

El contenido de FDN encontrado en las hojas, tallos y material senescente en el pasto estrella en las tres fincas lecheras analizadas en el distrito de Quesada fue de 75,55, 77,02 y 78,38 %. En un estudio realizado en Colombia se encontró un contenido de FDN en las hojas y tallos de 65,28 y 73,00 %, inferiores a los promedios encontrados en ambas partes de la planta en la presente investigación (Maya et al. 2005a).

Cuadro 20. Contenido de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro en tres partes de la planta –hoja, tallo y material senescente– de pasto estrella registrado en tres épocas climáticas, en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	MS (%)			PC (%)			FND (%)		
	Hoja	Sen	Tallo	Hoja	Sen	Tallo	Hoja	Sen	Tallo
Ene – Abr	21,61 ^b	18,97 ^a	22,03 ^a	22,94	13,82 ^a	11,60 ^b	68,93 ^b	75,17 ^b	71,68 ^c
May – Ago	20,77 ^b	15,04 ^b	12,49 ^b	23,25	11,82 ^b	13,03 ^b	71,86 ^b	76,94 ^{ab}	77,13 ^b
Set – Dic	24,23 ^a	16,36 ^b	17,85 ^c	23,59	13,23 ^a	15,31 ^a	85,87 ^a	78,96 ^a	86,33 ^a
Promedio¹	22,20	16,79	17,46	23,26	12,96	13,31	75,55	77,02	78,38

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 18 muestras

Se encontró un efecto significativo ($P=0,0254$) del mes sobre el contenido de FDN presente en el material senescente y un efecto altamente significativo ($P<0,0001$) del mes sobre el contenido de FDN presente en las hojas y los tallos del pasto estrella. El contenido de FDN presente en todos los componentes estructurales de la planta aumenta de acuerdo con un incremento en la precipitación en la zona. El comportamiento encontrado en esta fracción difiere de los resultados reportados en la Sección 4.8.3.1, donde el incremento en la precipitación reportado en la zona produce una disminución en el contenido de FDN en la planta entera.

El contenido de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente se mantuvo relativamente estable en las tres fincas analizadas en el distrito de Quesada, como se observa en el Cuadro 21. Sólo la materia seca en los tallos del pasto estrella varió de forma significativa ($P=0,0318$) entre las fincas evaluadas, donde se encontró en la Finca 1 el mayor contenido de materia seca.

Cuadro 21. Contenido de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente en las hojas, tallos y material senescente del pasto estrella en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	MS			PC			FND		
	Hoja	Sen	Tallo	Hoja	Sen	Tallo	Hoja	Sen	Tallo
1	22,91	16,79	20,10 ^a	22,97	12,44	12,87	75,08	75,65	78,87
2	22,30	17,28	17,10 ^{ab}	23,85	12,63	13,20	76,53	77,60	78,30
3	21,40	16,30	15,17 ^b	22,97	13,80	13,87	75,05	77,82	77,98
Promedio¹	22,20	16,79	17,46	23,26	12,96	13,31	75,55	77,02	78,38

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P\leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 18 muestras

4.8 VALOR NUTRICIONAL DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA

4.8.1 Contenido de materia seca

El contenido de materia seca presente en el pasto analizado se vio influenciado de forma altamente significativa ($P<0,0001$) por el efecto del mes. El patrón de precipitación presente en la zona

de estudio influye en el contenido de materia seca del pasto, como lo reportan otros autores (Sánchez y Soto 1996). Los contenidos de materia seca encontrados durante los meses de verano son más altos que aquellos reportados para los meses de mayor precipitación (Cuadro 23). Lo anterior no se cumple durante los meses de setiembre y octubre, en los cuales el valor de materia seca reportado es considerado alto para un mes de alta precipitación.

Durante los meses de mayo y junio se reportó un valor de 17,83 % de materia seca en el pasto estrella y según Vérité y Journete (1970; citados por Sánchez y Quesada 1998) el consumo voluntario en los rumiantes se deprime cuando el contenido de materia seca en la dieta es inferior a 18 %, por lo cual se debe analizar la inclusión de heno de buena calidad en la dieta de las vacas en producción con el objetivo de incrementar el consumo de materia seca y la producción de los animales (Bernal et al. 1992; citado por Sánchez y Quesada 1998).

Además no se encontró diferencias significativas ($P>0,05$) entre fincas para el contenido de materia seca y de proteína cruda promedio en todas las épocas de muestreo, como se observa en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Contenidos de materia seca y proteína cruda presentes en el pasto estrella africana, en tres fincas del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)
1	21,88	19,79
2	21,97	20,79
3	22,41	20,17
Promedio¹	22,09	20,25

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Los contenidos de materia seca promedio para todas las épocas de muestreo pueden ser considerados dentro de los rangos normales para el pasto estrella, como lo demuestran investigaciones realizadas en la misma zona por Sánchez y Soto (1996), que reportan valores promedio de 27,0 y

19,4% para las épocas semiseca y lluviosa, respectivamente. Sánchez y Quesada (1998) reportaron en los cantones de San Carlos y Grecia contenidos de materia seca en pasto estrella de 28,9 %, los cuales son superiores a los encontrados en la presente investigación.

4.8.2 Contenido de proteína cruda

Se encontró un efecto significativo del mes ($P=0,0050$) sobre el contenido de proteína cruda presente en el pasto estrella (Cuadro 23). El mayor porcentaje de proteína reportado se da durante los meses de noviembre y diciembre. Durante estos meses, en la zona de estudio, hay un efecto sinérgico para el crecimiento del pasto, donde se presenta una alta precipitación y una creciente cantidad de brillo solar, lo cual a su vez aumenta levemente el porcentaje de hojas en la pastura, las cuales tienen mayores contenidos de proteína que los tallos.

Cuadro 23. Porcentajes de materia seca y proteína cruda presentes en el pasto estrella africana a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)
Ene - Feb	25,89 ^a	19,54 ^b
Mar - Abr	21,75 ^{cd}	20,02 ^b
May - Jun	17,83 ^e	19,86 ^b
Jul - Ago	20,15 ^d	19,05 ^b
Set - Oct	24,38 ^{ab}	20,76 ^{ab}
Nov - Dic	22,51 ^{bc}	22,28 ^a
Promedio¹	22,09	20,25

^{a, b, c, d, e} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Johnson et al. (2001) en un experimento realizado en Florida, Estados Unidos, con una tasa de fertilización de 157 Kg de N/ha/corte en el híbrido Tifton-85 encontraron un contenido de PC de 19,5 %. El mismo autor menciona que la concentración total de nitrógeno en el pasto aumenta conforme se incrementa la tasa de fertilización nitrogenada. Según Topall et al. (2001; citado por Hernández et al.

2004) la utilización de tasas altas de fertilizantes nitrogenados aumentan la concentración de nitrógeno en el tejido del pasto y la producción de biomasa forrajera.

Maya et al. (2005a) investigando el efecto de la asociación pasto estrella – leucaena en Colombia, encontraron contenidos de proteína cruda en el pasto estrella sin asociación de 11,9 %. Cuando el pasto estrella africana se asocia con la leguminosa, su contenido de proteína cruda aumentó hasta 14,5 %. Estos valores se encuentran muy por debajo de los reportados en la presente investigación; la razón principal puede ser la falta de fertilización de los pastos cultivados en el estudio realizado en Colombia.

La Figura 7 muestra las tendencias de los contenidos de materia seca y proteína cruda presentes en el pasto estrella a través del año de muestreo. Se observa que aún cuando el efecto del mes sobre el contenido de proteína cruda es significativo, no es dramático el cambio que se da en el contenido de esta fracción, principalmente durante los meses de setiembre a diciembre.

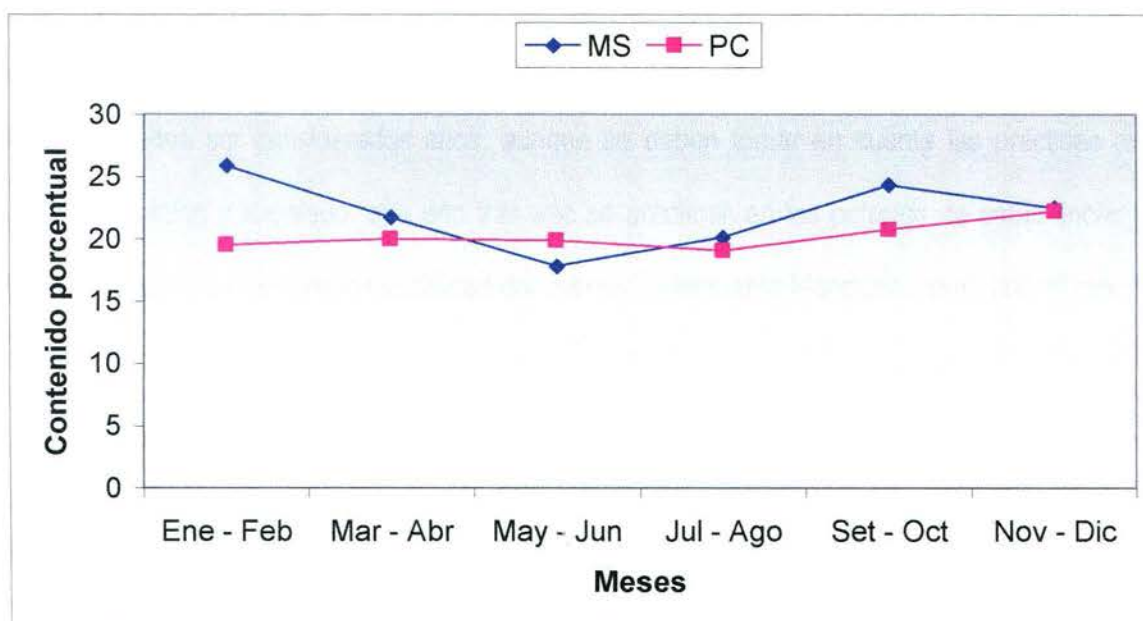


Figura 7. Contenido de materia seca y proteína cruda en el pasto estrella a través de un año de muestreo en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Sánchez y Soto (1996), en una investigación en el distrito Quesada, cantón de San Carlos, reportan contenidos de proteína cruda de 14,1 y 16,0 % en las épocas semiseca y lluviosa, respectivamente. Los autores aseguran que con esta cantidad de proteína presente en el forraje, y asumiendo alta disponibilidad y un adecuado consumo, una vaca de 450 kg de peso vivo podría producir hasta 15,6 kg de leche con 3,5 % de grasa por día; afirman además que no se alcanzan estos niveles de producción debido al limitante energético que presentan los forrajes tropicales. Los valores de proteína cruda encontrados en todos los meses de la presente investigación son superiores a los reportados por Sánchez y Soto (1996) para las estaciones semiseca y lluviosa en la misma zona de estudio.

Sánchez y Quesada (1998) en una investigación realizada en los cantones de San Carlos y Grecia, también reportan valores inferiores de proteína cruda (12,7%) a los encontrados en este estudio. Los autores reportan que esta cantidad de proteína cruda en el pasto satisface las necesidades mínimas para garantizar el consumo y la digestibilidad de la materia seca óptimos en los rumiantes.

Los valores promedio de proteína cruda reportados en la presente investigación para el pasto estrella, pueden ser considerados altos, aunque se deben tomar en cuenta las prácticas culturales, como fertilización y encalado, que año tras año se practican en los potreros de estas fincas lecheras especializadas y que favorecen la calidad del mismo. Únicamente Mandebvu et al. (1998) reportaron en el híbrido Tifton-85 en Georgia, Estados Unidos, cosechado a los 28 días, contenidos de proteína cruda (18,9 %) cercanos a los encontrados en la presente investigación.

4.8.3 Componentes de la pared celular

Las altas temperaturas a que crecen los forrajes tropicales, así como la selección genética a que fueron sometidos para que produjeran cantidades mayores de biomasa, hacen que estos pastos

sinteticen cantidades mayores de estructuras de protección que los pastos de climas templados, lo cual deteriora su calidad nutricional (Van Soest y Giner-Chaves 1994; citados por Sánchez y Soto 1998).

La fibra o pared celular está constituida por celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, nitrógeno lignificado, cutina y una fracción de minerales insolubles formada especialmente por sílica (Cruz y Sánchez 2000).

El contenido total de fibra presente en la dieta se correlaciona con la composición de la leche, ya que por medio de su digestión se producen los principales precursores de la grasa láctea; además, la calidad de la fibra afecta el consumo voluntario de los animales y la cantidad de energía que aporta una ración (Cruz y Sánchez 2000).

4.8.3.1 Fibra detergente neutro

La fibra detergente neutro determina el total de fibra o pared celular contenida en el alimento (Wattiaux 1996; citado por Cruz y Sánchez 2000), y se asocia directamente con el llenado físico del animal y por lo tanto con su capacidad de consumo de materia seca (Harris 1993; citado por Cruz y Sánchez 2000).

El contenido de pared celular (FDN) encontrado en la presente investigación en el pasto estrella africana mostró un valor promedio de 72,81 % y es afectado de forma altamente significativa ($P < 0,0001$) por el efecto del mes, es decir se observa un comportamiento influenciado por el patrón de precipitación en la zona (Figura 8). Durante los meses de mayor precipitación (julio – octubre) disminuye el contenido de FDN, mientras que durante los meses más secos (enero – abril), el contenido de FDN presente en el pasto aumenta (Cuadro 24). Los mismos resultados obtuvo Villalobos (2006) en un estudio realizado con pasto ryegrass perenne, que es un pasto de clima templado.

Por su parte, Johnson et al. (2001) disienten de esta idea y no reportan efecto alguno de la época de cosecha sobre el contenido de fibra detergente neutro presente en el pasto. Este autor reporta en Florida, Estados Unidos, con una tasa de fertilización nitrogenada de 157 Kg/ha/corte un contenido de FDN de 72 %. Además reporta una disminución en el contenido de FDN conforme se aumenta la tasa de fertilización nitrogenada.

Sánchez y Soto (1998) reportan en la misma zona de estudio, valores de 71,0 y 72,4 % de FDN en las épocas semiseca y lluviosa, respectivamente; además, mencionan que las altas cantidades de FDN presentes en el pasto estrella pueden reducir el consumo voluntario de los animales.

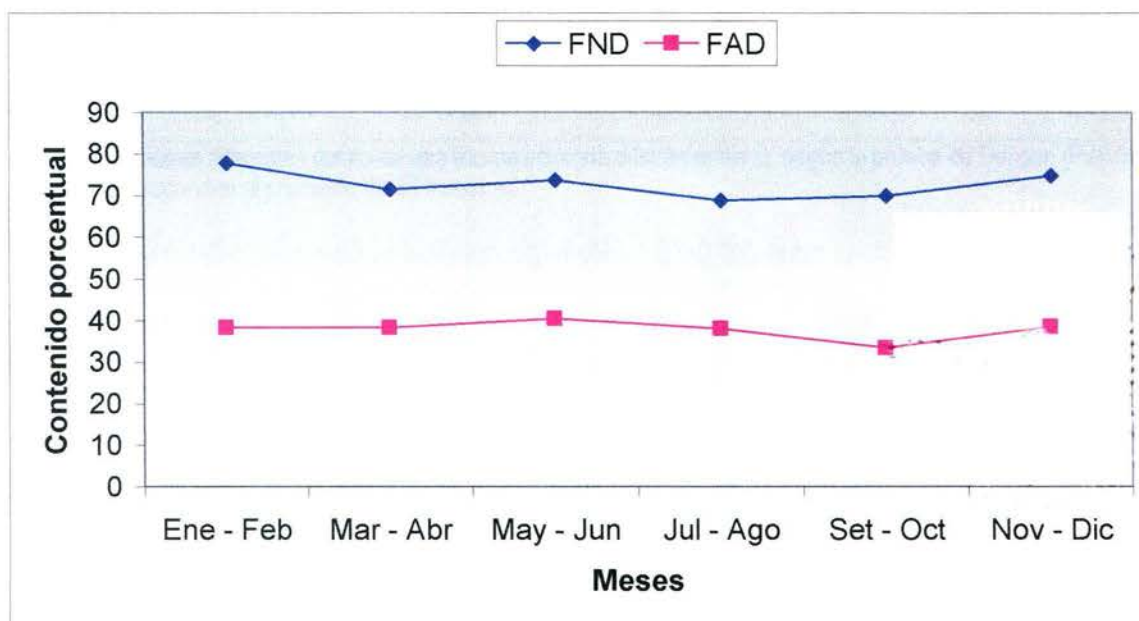


Figura 8. Contenido de fibra neutro detergente y fibra ácida detergente en el pasto estrella a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Maya et al. (2005a) en Colombia reportan contenidos de FDN de 65,8 % para el pasto estrella cosechado a los 28 días, que son menores a los encontrados en la presente investigación. Los mismos autores reportaron un incremento en el contenido de FDN hasta 73,7 %, cuando el pasto estrella se asocia con una leguminosa, en este caso leucaena.

Mandebvu et al. (1999) reportaron en Georgia, Estados Unidos, contenidos de FDN de 69 % en el híbrido Tifton-85 analizado con un periodo de recuperación de 28 días; los resultados reportados por estos autores son levemente inferiores al promedio encontrado en el presente estudio.

Cuadro 24. Contenidos de pared celular presentes en el pasto estrella africana a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	FDN (%)	FDA (%)	Hemicel (%)	Cel (%)	Lignina (%)
Ene - Feb	77,87 ^a	38,34 ^a	39,53 ^a	29,18 ^b	6,39 ^a
Mar - Abr	71,58 ^{bc}	38,32 ^a	33,26 ^{bc}	29,48 ^b	6,10 ^a
May - Jun	73,67 ^b	40,57 ^a	33,10 ^{bc}	33,83 ^a	5,88 ^a
Jul - Ago	68,89 ^c	38,02 ^a	30,87 ^c	29,73 ^b	5,70 ^a
Set - Oct	69,95 ^c	33,42 ^b	36,53 ^{ab}	27,13 ^c	4,18 ^b
Nov - Dic	74,89 ^{ab}	38,63 ^a	36,26 ^{ab}	30,06 ^b	5,67 ^a
Promedio¹	72,81	37,88	34,93	29,90	5,65

^{a, b, c} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

No se encontró diferencia estadística significativa ($P > 0,05$) entre las fincas objeto de estudio, en su contenido de FDN (Cuadro 25).

4.8.3.2 Fibra detergente ácida

La fibra detergente ácida es una medida de la celulosa, lignina, cutina y sílica presente en el alimento y se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos y por tanto, con el aporte de energía (Grant 1991; Harris, 1993; citados por Cruz y Sánchez 2000).

Se encontró un efecto significativo del mes ($P = 0,0001$) sobre el contenido de FDA presente en el pasto estrella, mientras que el efecto de la finca no tiene influencia sobre el contenido de FDA ($P > 0,05$), es decir no se observaron diferencias entre las fincas analizadas (Cuadro 25).

El contenido promedio de FDA encontrado en el forraje estudiado fue de 37,88 % y sólo se encuentra diferencia en el contenido durante los meses de setiembre y octubre, periodo en el cual hay

una disminución significativa en el contenido de FDA, hasta alcanzar niveles de 33,42 % (Cuadro 24). Los resultados obtenidos para estos meses concuerdan con la literatura, en donde a menores niveles de FDA, mayores son los contenidos de energía estimados en el pasto (Donker 1989; Minson 1990; Van Soest 1994; citados por Sánchez y Soto 1998).

De la misma manera, Johnson et al. (2001), reportan una depresión en el porcentaje de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y en el contenido total de nitrógeno, conforme un aumento en el contenido de fibra detergente ácida; y relacionan los niveles altos de FDA en dos especies de pastos tropicales (bermudagrass y bahiagrass) con las altas temperaturas registradas en el mismo periodo. Estos autores reportan en el pasto estrella un contenido de FDA de 31,7 %, inferior al que se reporta en el presente estudio, con una tasa de fertilización nitrogenada de 157 Kg/ha/corte y mencionan además una depresión en el contenido de FDA conforme aumenta la tasa de fertilización nitrogenada.

Cuadro 25. Contenidos de pared celular presentes en el pasto estrella africana en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	FDN (%)	FDA (%)	Hemicel (%)	Cel (%)	Lignina (%)
1	72,20	38,92	33,28	30,61	5,53
2	73,52	37,60	35,92	29,37	5,73
3	72,70	37,13	35,57	29,73	5,70
Promedio¹	72,81	37,88	34,93	29,90	5,65

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Según Lofgren y Warner (1970; citados por Sánchez y Soto 1998), las raciones consumidas por el ganado lechero deben contener alrededor de 19 % de FDA para mantener el porcentaje de grasa láctea. Éste valor puede ser alcanzado con los niveles de FDA presentes en el estrella africana analizado.

Por su parte Maya et al. (2005a) reportan contenidos de FDA bajos (32,0 %) en el pasto estrella africana sin asociar y contenidos de FDA de 40,0 %, en el pasto estrella africana cosechado a los 28 días asociado con leucaena.

4.8.3.3 Hemicelulosa y celulosa

Las fracciones de hemicelulosa y celulosa son las mayores fuentes de energía para los microorganismos del rumen y para el animal (Lascano 2002).

Mediante el análisis estadístico se encontró un efecto altamente significativo del mes sobre el contenido de hemicelulosa ($P=0,0003$) y sobre el contenido de celulosa ($P<0,0001$) presentes en el pasto estrella cosechado en las fincas del distrito Quesada. Este mismo análisis demostró que no existen diferencias significativas ($P>0,05$) entre fincas al analizar los contenidos de celulosa y hemicelulosa encontrados en el pasto estrella africana en la zona (Cuadro 25).

Sánchez y Soto (1998) reportan valores de celulosa de 30,3 y 33,1 % durante las épocas semiseca y lluviosa, respectivamente. Además encontraron valores de hemicelulosa promedio de 32,0 % para ambas épocas. Los valores de celulosa reportados por estos autores son levemente superiores al encontrado en la presente investigación y en donde se reporta un promedio de 29,9 %. Por otro lado, se encontró en el presente estudio un valor promedio de hemicelulosa de 34,9 %, levemente superior al reportado por los autores mencionados.

Según Van Soest (1994; citado por Sánchez y Soto 1998), el contenido de celulosa de los forrajes tropicales es similar al de los pastos de clima templado, mientras que los pastos de clima templado tienen contenidos mayores de hemicelulosa, fracción que contribuye con el contenido energético de un forraje.

4.8.3.4 Lignina

La digestibilidad de la fibra es inhibida por la presencia de lignina, sílica y cutina (Sánchez y Soto 1998). De los diferentes componentes de la FDA, la lignina es el que se asocia más con la depresión en la digestibilidad de la materia seca (Cruz y Sánchez 2000).

El contenido de lignina presente en el pasto es afectado de forma significativa por el mes ($P=0,0001$) como se observa en el Cuadro 25, pero no por el efecto de la finca ($P>0,05$). El contenido de lignina permanece casi constante a lo largo del año, pero desciende hasta 4,18 % en el mismo mes en el que desciende el contenido de FDA (Cuadro 24).

El promedio para la época semiseca y lluviosa, reportado por Sánchez y Soto (1998), fue de 5,37 y 5,12 %, respectivamente. Éstos resultados concuerdan con lo encontrado en la presente investigación, en donde el promedio del porcentaje de lignina presente en el pasto estrella fue de 5,65 %. Además coinciden con los valores informados en la literatura para forrajes tropicales con periodos de cosecha adecuados y de buen valor nutricional (Van Soest 1994; Vicente-Chandler et al. 1974; citados por Sánchez y Soto 1998).

Mandebvu et al. (1999) encontraron en el híbrido Tifton-85 contenidos menores de lignina (4,4 %) en pastizales con un período de recuperación de 4 semanas en Georgia, Estados Unidos, comparado al promedio encontrado en este estudio.

Según Lascano (2002), con el proceso de lignificación de los forrajes se reduce la degradación de hemicelulosa y de celulosa en el rumen y en consecuencia hay menos energía disponible para el animal. Esta reducción viene acompañada generalmente por un desbalance entre energía y proteína degradable en el rumen, lo cual afecta la eficiencia de digestión de los microorganismos y agrava la deficiencia de energía de los animales en producción.

4.8.4 Extracto etéreo

El extracto etéreo de los forrajes está constituido entre un 40 y 60 % por ácidos grasos (Byers y Shelling 1989; citados por Sánchez y Soto 1996), los cuales son los únicos constituyentes que aportan energía al animal. Los otros constituyentes de esta fracción son cera, clorofila, galactosa y otras sustancias no saponificables (Sánchez y Soto 1996). Según Weiss et al. (1992; citados por Sánchez y Soto 1996), alrededor del 50 % del extracto etéreo puede ser digerido y utilizado por el animal.

El mes del año tiene un efecto altamente significativo ($P < 0,0001$) sobre el contenido de grasa presente en el pasto estrella. Es en los meses de mayor precipitación en los que aumenta el contenido de extracto etéreo en el pasto, hasta valores de 1,17% durante los meses de julio y agosto (Cuadro 26).

Los valores obtenidos por Sánchez y Soto (1996) son mayores a los reportados en esta investigación; estos autores reportaron valores de 2,12 y 1,78 por ciento de extracto etéreo para las épocas semiseca y lluviosa, respectivamente.

Valores bajos de extracto etéreo pueden deberse a una baja relación hoja:tallo, puesto que los tallos tienen contenidos de extracto etéreo menores (Byers y Shelling 1989; citados por Sánchez y Soto 1996); siendo éste el caso del pasto estrella analizado en la presente investigación (Cuadro 18).

4.8.5 Cenizas

El contenido de cenizas de los forrajes se obtiene por la incineración de la materia seca, el cual representa la totalidad de los minerales presentes en la planta, sin especificar el tipo de mineral ni su cantidad (Maynard et al. 1989; citados por Sánchez y Soto 1996). El valor de cenizas obtenido se utiliza en el cálculo de energía de los forrajes (Weiss et al. 1992; citados por Sánchez y Soto 1996) y de carbohidratos no fibrosos (Van Soest et al. 1991; citados por Sánchez y Soto 1996).

El contenido promedio de cenizas encontrado en el pasto estrella africana fue de 8,69 % y no se encontró diferencia significativa ($P>0,05$) para ninguna de las variables (mes, finca, potrero), por lo tanto se puede asumir que las cenizas se comportan de manera constante en el pasto durante el año (Cuadro 26).

Cuadro 26. Contenidos porcentuales de grasa, cenizas y el promedio de las variables presentes en el pasto estrella africana a lo largo del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	EE (%)	Cenizas (%)
Ene - Feb	0,67 ^d	8,77
Mar - Abr	0,84 ^{cd}	8,79
May - Jun	0,85 ^{cd}	8,81
Jul - Ago	1,17 ^a	8,95
Set - Oct	1,04 ^{ab}	8,45
Nov - Dic	0,88 ^{bc}	8,38
Promedio¹	0,91	8,69

^{a, b, c, d} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P\leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

En la Figura 9 se muestra la tendencia de las cenizas en el pasto de mantenerse constantes a través del año; además se muestran los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina reportados en la zona en la presente investigación.

Los valores de cenizas reportados por Sánchez y Soto (1996) son similares a los encontrados en la presente investigación; estos autores reportan valores de 9,0 y 9,6 % para las épocas semiseca y lluviosa, respectivamente.

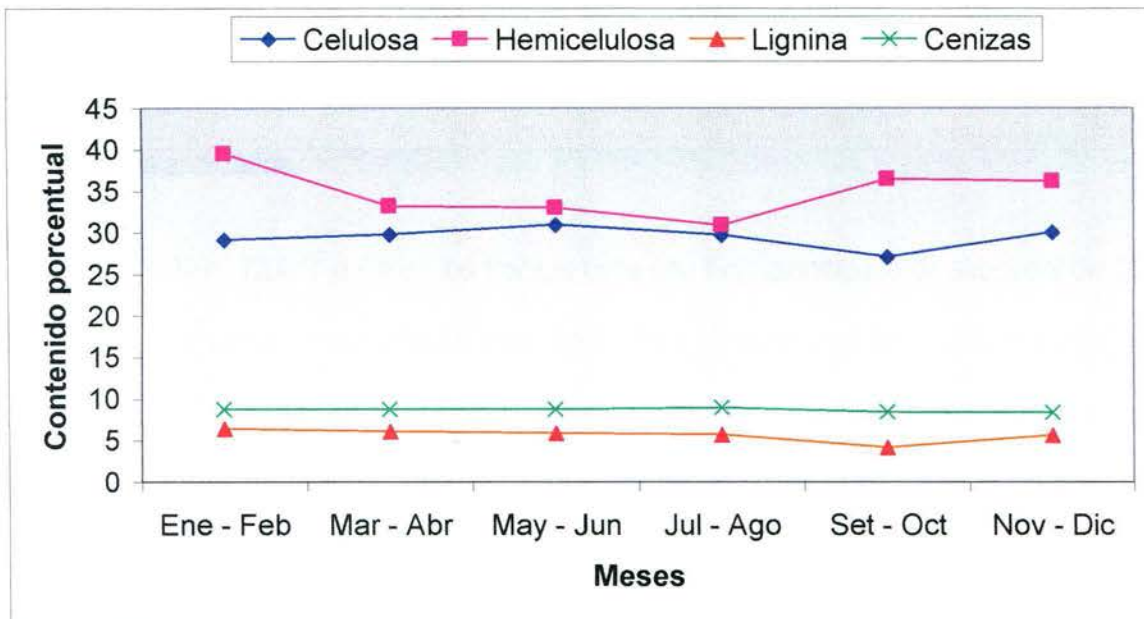


Figura 9. Contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas en el pasto estrella a través del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

4.8.6 Contenido mineral

En la siguiente sección se discutirán los contenidos de macro y microminerales encontrados en el pasto estrella africana en las tres fincas lecheras del distrito Quesada. Los macrominerales analizados fueron fósforo, calcio, magnesio, sodio y potasio; mientras que los microminerales que se analizaron fueron cobre, manganeso, hierro y zinc.

4.8.6.1 Macrominerales

Mediante el análisis estadístico se encontró un efecto significativo de la época climática sobre el contenido de calcio ($P=0,0074$) presente en el pasto estrella. Vargas y Fonseca (1989) y Sánchez et al. (1987), reportan contenidos de calcio en pasto estrella en el cantón de San Carlos de 0,22 y 0,26 %, respectivamente; estos valores son muy inferiores a los encontrados en la presente investigación, donde se obtuvo un promedio para todas las épocas de 0,42% (Cuadro 27). Por otro lado, Fukumoto y Lee (2003), en Hawái, reportaron contenidos de calcio en el pasto estrella de 0,45 %, similares a los

que se presentan en este estudio. Andrade (2006), en un experimento realizado con pasto kikuyo en la provincia de Heredia, reportó contenidos de calcio cercanos (0,41 %) a los encontrados en las fincas del distrito Quesada analizadas.

Según el NRC (2001) el Ca en los forrajes tiene una biodisponibilidad de alrededor del 30 % y su nivel crítico para vacas en lactación es entre 0,53 y 0,67 %, por lo cual los contenidos encontrados en el pasto estrella analizado en las fincas del distrito Quesada se encuentran muy por debajo de los requerimientos necesarios para la producción.

El contenido promedio de sodio encontrado en el pasto estrella analizado es 0,05 % (Cuadro 27) y se observa un comportamiento influenciado de forma significativa ($P=0,0004$) por el efecto de la época climática, es decir, por el patrón de precipitación presente en la zona. El valor promedio de sodio en la época lluviosa es menor al valor que se reporta durante las épocas semiseca y de transición, las cuales según la prueba de Duncan no presentan diferencias entre sí. El contenido de sodio encontrado en el pasto estrella analizado en las fincas del distrito Quesada, se encuentra muy por debajo de los requerimientos necesarios para la producción del ganado lechero (0,19-0,23 % según el NRC 2001). Otros autores concuerdan con los resultados de la presente investigación y reportan valores de 0,04 % en pasto estrella (Sánchez et al. 1995) y 0,05 % en pasto ryegrass perenne (Villalobos 2006).

El contenido de potasio no es afectado de forma significativa por el efecto de la época climática ni por el efecto de la finca evaluada ($P \geq 0,05$). El contenido promedio de este mineral a lo largo de todas las épocas evaluadas fue 2,73 % y se observa que es durante la época de transición en la cual se presentan los mayores contenidos de potasio, que en promedio alcanzan niveles de 3,08 %. Éstos resultados coinciden con los reportados por Cabalceta y Rivera (2003; citados por Andrade 2006), que encontraron niveles mayores de potasio durante el inicio de la época lluviosa, en comparación a los encontrados una vez que la época lluviosa se estableció. Sánchez y Quesada (1998) y Sánchez et al

(2000), encontraron en pasto estrella valores de potasio de 2,67 y 2,65 %, los cuales se asemejan mucho a los reportados en el Cuadro 27; mientras Vargas y Fonseca (1989), reportan contenidos de potasio en pasto estrella en San Carlos de 2,15 %, inferiores a los reportados en la presente investigación.

Los niveles altos de potasio en los pastos pueden interferir con la absorción del magnesio y causar una deficiencia metabólica en los animales, la cual a su vez provoca fiebre de leche (Sánchez 2004). Según el NRC (2001) el requerimiento de potasio de una vaca en lactación es de 1,01 %, nivel que se encuentra muy por debajo del reportado en el presente estudio. El nivel máximo para este elemento es 2 %, por lo cual se deben tomar las consideraciones necesarias para evitar las consecuencias de un desbalance catión – anión en la dieta de los animales.

El contenido de fósforo en el pasto estrella no se ve influenciado de forma significativa por ninguno de los efectos evaluados. El contenido promedio de fósforo encontrado en el pasto es de 0,33% y fue la época lluviosa la que reportó valores numéricamente mayores de este mineral, mientras que durante la época seca se reportan los valores menores (Cuadro 27). Este comportamiento concuerda con lo reportado por Villalobos (2006) en pasto ryegrass perenne y Andrade (2006) en pasto kikuyo. Sánchez et al. (2000) en San Carlos y Fukumoto y Lee (2003) en Hawai, reportaron en pasto estrella valores de 0,23 y 0,24 %, respectivamente, inferiores a los encontrados en el presente estudio. Según el NRC (2001) el nivel crítico para la producción de vacas en lactación de este mineral es 0,32-0,44 %; el nivel encontrado en el pasto estrella en el presente estudio se encuentra en el límite inferior de los niveles críticos recomendados, sin tomar en cuenta la biodisponibilidad del mineral en los forrajes.

Cuadro 27. Contenido macromineral del pasto estrella africana durante tres épocas climáticas en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Época	Macrominerales (%)				
	Ca	Na	K	P	Mg
Semiseca	0,44 ^a	0,05 ^a	2,62 ^{ab}	0,31 ^b	0,22 ^b
Transición	0,37 ^b	0,06 ^a	3,08 ^a	0,35 ^a	0,20 ^b
Lluviosa	0,44 ^a	0,04 ^b	2,50 ^b	0,32 ^{ab}	0,25 ^a
Promedio¹	0,42	0,05	2,73	0,33	0,22

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre si, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 18 muestras

El contenido promedio de magnesio en el pasto estrella africana es 0,22 % y lo afectan en forma significativa los tres efectos: época climática ($P=0,0006$), finca ($P=0,0061$) y si el potrero es el de la mañana o el de la tarde ($P=0,0127$). Sánchez et al. (1987) encontraron en el pasto estrella en San Carlos valores similares a los reportados en la presente investigación. Por otro lado, Vargas y Fonseca (1989) con el mismo pasto y en la misma zona encontraron valores de 0,15 %, inferiores a los reportados en este estudio. Algunos pastos de clima templado como el ryegrass perenne, tienen concentraciones de magnesio similares a las del pasto estrella africana analizado (Villalobos 2006).

El nivel mayor de Mg se encontró durante la época lluviosa y coincide con los resultados reportados por Quesada (1986; citado por Andrade 2006), quien encontró niveles mayores de este mineral durante la época lluviosa que en la semiseca. Por otro lado, Andrade (2006) reportó niveles mayores de magnesio durante la época semiseca, mientras que Sánchez et al. (1987) no encontraron diferencias entre las épocas semiseca y lluviosa.

El nivel de magnesio más alto se encontró en la Finca 3 (Cuadro 28), la cual reportó los menores niveles de magnesio en el suelo, por lo tanto estos resultados podrían resultar contradictorios. La diferencia encontrada entre los potreros de la mañana y de la tarde tiene poca relevancia, pues no se explica desde la perspectiva rotacional de los pastos.

El contenido de magnesio presente en el pasto estrella se encuentra en el límite superior de los niveles críticos recomendados por el NRC (2001) para vacas en lactación (0,18-0,21 %), sin tomar en consideración la biodisponibilidad de este elemento en los forrajes.

Cuadro 28. Contenido macromineral del pasto estrella africana en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	Macrominerales (%)				
	Ca	Na	K	P	Mg
1	0,44	0,06	2,77	0,32	0,21 ^b
2	0,43	0,05	2,56	0,34	0,22 ^b
3	0,39	0,05	2,87	0,32	0,24 ^a
Promedio¹	0,42	0,05	2,73	0,33	0,22

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 18 muestras

La relación Ca:P encontrada en el pasto estrella analizado fue 1,27:1 y se encuentra por debajo del límite inferior sugerido por el NRC (2001) para animales en lactación (1,6:1).

4.8.6.2 Microminerales

La época del año tiene un efecto significativo sobre el contenido de manganeso ($P=0,0057$) y hierro ($P=0,0036$) encontrado en el pasto estrella africana evaluado en las fincas lecheras del distrito Quesada.

Se encontró un contenido promedio de manganeso de 80,53 mg/Kg de MS (Cuadro 29) y se explica un mayor contenido de este mineral durante la época semiseca, debido a que el manganeso es de carácter "inmóvil" en la planta (Molina 2006; citado por Andrade 2006). Esta variación entre épocas climáticas en el contenido de manganeso en la planta; siendo mayor durante la época semiseca; también fue reportada por Sánchez et al. (1986) en la zona montañosa central de Costa Rica y por Cabalceta y Rivera (2003 citados por Andrade 2006), en la provincia de Alajuela. Estos resultados,

variables de acuerdo con la época climática, también concuerdan con los reportados por Andrade (2006) en pasto kikuyo y Villalobos (2006) en pasto ryegrass perenne.

Vargas y Fonseca (1989) en un estudio realizado en el cantón de San Carlos, no reportaron diferencias entre la época seca y la lluviosa en el contenido de manganeso. Así mismo encontraron contenidos promedio de este mineral en el pasto estrella de 93 mg/Kg, valor levemente superior al reportado en la presente investigación.

El contenido promedio de hierro presente en el pasto estrella fue de 189,8 mg/Kg (Cuadro 29) y se presentaron en este mineral dos picos claramente establecidos, el primero durante la época semiseca y el segundo durante la época lluviosa. Cabalceta y Rivera (2001; citados por Andrade 2006), reportaron este mismo comportamiento en la provincia de Alajuela, en donde los contenidos de Fe son mayores durante la época semiseca y durante la época lluviosa (cuando ésta está claramente establecida), y disminuyen durante la época de transición verano – invierno. Vargas y Fonseca (1989) reportaron para pasto estrella en el cantón de San Carlos contenidos de hierro de 164 mg/Kg similares a los encontrados en el presente estudio.

Cuadro 29. Contenido micromineral del pasto estrella africana en tres épocas climáticas en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Época	Microminerales (mg/Kg)			
	Mn	Fe	Cu	Zn
Semiseca	112,50 ^a	215,80 ^a	11,12	27,70
Transición	68,80 ^b	77,70 ^b	11,79	30,00
Lluviosa	60,30 ^b	275,80 ^a	10,94	28,90
Promedio¹	80,53	189,77	11,28	28,87

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 18 muestras

Los contenidos de manganeso (80,53 mg/Kg) y hierro (189,77 mg/Kg) encontrados en el presente estudio son superiores a las recomendaciones para animales en lactación del NRC (2001), que son 12-14 mg/Kg para el manganeso y de 12,3-18 mg/Kg para el hierro.

El contenido de cobre ($P=0,0243$) y zinc ($P=0,0006$) encontrado en el pasto estrella analizado en el distrito Quesada difieren por el efecto de la finca analizada, como se observa en el Cuadro 30.

Se encontró un contenido promedio de cobre en el pasto estrella de 11,28 mg/Kg y la finca donde se obtuvo mayores contenidos de este mineral fue la Finca 3 (Cuadro 30). Contenidos similares de cobre fueron reportados por Vargas y Fonseca (1989) en pasto estrella en el cantón de San Carlos; además por Andrade (2006) en pasto kikuyo en la provincia de Heredia y por Villalobos (2006) en pasto ryegrass perenne en la zona alta de Cartago. Los niveles críticos de cobre recomendados por el NRC (2001) son 9-11 mg/Kg, por lo cual se debe analizar cuidadosamente su suplementación en la dieta de los animales.

El cobre 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 (Andrade 2006), lo que concuerda con los resultados que se muestran en el Cuadro 29, donde no se encontró una diferencia en el contenido de cobre entre épocas climáticas. Los mismos resultados fueron encontrados por Sánchez et al. (1987), quienes no reportaron diferencias entre la época semiseca y lluviosa en el contenido de cobre de los pastos analizados en la zona montañosa central de Costa Rica.

El contenido promedio de zinc encontrado en el pasto estrella estudiado es 28,87 mg/Kg y los mayores contenidos se encontraron en la Finca 3, al igual que en el caso del cobre. Los resultados reportados por Vargas y Fonseca (1989) para pasto estrella en el cantón de San Carlos son similares a los encontrados en la presente investigación, además estos autores concuerdan con que no existen

diferencias entre épocas climáticas. Al igual que en el caso del cobre, el zinc es un elemento de “movilidad variable”, por lo cual no se puede determinar una época en la que aumenten sus niveles en los tejidos de la planta (Andrade 2006). Andrade (2006) en un experimento con pasto kikuyo en la provincia de Heredia reportó contenidos similares de zinc (28,6 mg/Kg) a los que se reportan en este estudio.

Los contenidos de zinc encontrados en el pasto estrella se encuentran por debajo de los valores críticos recomendados (43-55 mg/Kg) por el NRC (2001), por lo cual se debe suplementar este mineral mediante una fuente directa y de fácil asimilación para los animales.

Cuadro 30. Contenido micromineral presente en el pasto estrella africana en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	Microminerales (mg/Kg)			
	Cu	Zn	Mn	Fe
1	9,88 _b	24,20 _b	68,62	174,00
2	11,38 _{ab}	25,70 _b	74,78	153,00
3	12,59 _a	36,74 _a	98,24	241,00
Promedio¹	11,28	28,87	80,53	189,77

a, b medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 18 muestras

4.8.7 Contenido de carbohidratos no fibrosos

Los carbohidratos no fibrosos se encuentran en las semillas y en cantidades pequeñas en las hojas y tallos, y están constituidos por pectinas, almidones y azúcares (Mertens 1992; citado por Sánchez y Soto 1996). Según Chase y Sniffen (1991; citados por Sánchez y Soto 1996), la ración total que consume un animal debe contener entre 30 y 40 % de carbohidratos no fibrosos.

Se encontró un efecto altamente significativo ($P < 0,0001$) del mes sobre el contenido de CNF presente en el pasto estrella y un promedio de 7,73 % a lo largo del año. El comportamiento de esta fracción varió de forma inversa con el contenido de FDN encontrado en el pasto analizado y su

contenido mayor se presentó durante los meses de julio y agosto y fue 12,2 %. Según Sánchez y Soto (1993) el contenido de CNF en los pastos tropicales varían entre 6 y 12 %; el contenido promedio encontrado en el presente estudio se encuentra muy cercano al límite inferior del rango reportado por estos autores, aún cuando durante los meses de invierno, se acerca al límite superior del mismo.

Sánchez y Quesada (1998) en un estudio realizado en el cantón de San Carlos, no encontraron diferencias entre las épocas climáticas y reportaron un promedio de 5,41 % de CNF. Además mencionan que los bajos niveles encontrados en este pasto tienen importantes implicaciones en la nutrición de los rumiantes, ya que limitan la utilización del nitrógeno a nivel ruminal y por lo tanto, no permiten el crecimiento óptimo de la micropoblación. Los resultados reportados por estos autores son levemente inferiores a los encontrados en la presente investigación.

Las dietas altas en fibra tienen tendencia hacia la producción de altas cantidades de acetato, mientras que dietas con un alto contenido de carbohidratos solubles o de fácil degradabilidad tienden predominantemente hacia la producción de propionato, lo cual puede reducir en forma significativa la producción de metano y esto tiene beneficios en la producción animal y en el medio ambiente (Beever 1993; citado por Lascano 2002).

Sánchez y Soto (1996) reportan contenidos de 9,26 y 6,12 % de carbohidratos no fibrosos durante la época semiseca y lluviosa, respectivamente; y sugieren que existe un efecto significativo de la época sobre el contenido de CNF. Al contrario de lo que reportan estos autores, el contenido de CNF en la presente investigación aumentó durante los meses de mayor precipitación (mayo hasta octubre) y disminuyó durante los meses de verano (noviembre hasta abril), aún cuando los valores encontrados en ambos estudios son muy similares.

Para obtener dietas con niveles de carbohidratos no fibrosos adecuados, los alimentos balanceados que se formulan para esta zona deben contener niveles altos de estos nutrimentos y este objetivo se logra incluyendo en la ración mezclas de materias primas como la melaza de caña de azúcar y granos con CNF de lenta degradación (Sánchez y Quesada 1998).

En el Cuadro 31 se observa el contenido de carbohidratos no fibrosos y el porcentaje de digestibilidad *in vitro* obtenido en el pasto estrella a lo largo del año.

Cuadro 31. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca y contenido estimado de carbohidratos no fibrosos del pasto estrella durante un año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	CNF (%)	DIVMS (%)
Ene – Feb	4,43 ^c	67,99 ^a
Mar – Abr	7,97 ^b	67,60 ^a
May - Jun	7,27 ^b	70,48 ^a
Jul – Ago	12,20 ^a	72,88 ^a
Set – Oct	9,83 ^{ab}	71,02 ^a
Nov – Dic	4,69 ^c	61,16 ^b
Promedio¹	7,73	68,52

^{a, b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

4.8.8 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

La literatura indica que la DIVMS de los forrajes tropicales tiene un promedio de 55,4 % con un rango que oscila entre 30 y 75 % (Minson 1989; citado por Sánchez y Quesada 1998). El promedio de digestibilidad *in vitro* de la materia seca para el pasto estrella analizado se encuentra en la banda superior de este rango y fue de 68,52 %. Además, se observó un efecto significativo ($p=0,0064$) del mes sobre el comportamiento de esta fracción en la planta. En el Cuadro 31, se observa una tendencia creciente de la DIVMS conforme aumenta la precipitación en la zona de estudio, excepto durante el mes

de diciembre, durante el cual aumenta además el porcentaje de FDN y celulosa en el pasto, apoyando la reducción en la digestibilidad.

Johnson et al. (2001) observaron una reducción en la digestibilidad del pasto estrella durante la época de verano. Sus resultados coinciden además con el de otros autores, que reportan que es durante los períodos con regimenes mayores de precipitación donde se da la mayor digestibilidad del forraje (Sollenberger et al. 1989; citados por Johnson et al. 2001). Estos autores reportan un aumento en la DIVMS del pasto estrella hasta 57,6 %, conforme aumenta la tasa de fertilización nitrogenada a 157 Kg/ha/corte.

Sánchez y Quesada (1998) en el cantón de San Carlos, también reportaron este aumento en la digestibilidad durante la época lluviosa con valores de 64,61 y 69,91 %, durante la época semiseca y lluviosa, respectivamente. Los valores reportados por estos autores son similares a los que se encontraron en esta investigación.

En el Cuadro 32 se presentan los contenidos de CNF y DIVMS presentes en el pasto estrella analizado en las fincas lecheras del distrito Quesada.

Cuadro 32. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca y contenido estimado de carbohidratos no fibrosos del pasto estrella en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	CNF (%)	DIVMS (%)
1	8,10	70,22
2	7,04	67,33
3	8,05	68,01
Promedio ¹	7,73	68,52

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Hill et al. (1993), reportaron durante tres años valores de DIVMS que no superaron el 59,4 % en promedio para el híbrido Tifton 85; estos valores son casi 10 unidades menores al promedio reportado en la presente investigación. También Mislevy y Brown (1990), reportaron valores bajos de DIVMS,

alrededor de 55 % en pasto estrella, atribuibles a deficientes programas de fertilización en las pasturas analizadas.

4.8.9 Contenido de energía

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

4.8.9.1 Total de nutrimentos digestibles

El contenido estimado promedio de total de nutrimentos digestibles para el pasto estrella africana fue 51,15 % y el mayor porcentaje se presentó durante los meses setiembre y octubre con un valor de 54,64 % (Cuadro 34). El comportamiento de esta fracción energética varía de forma altamente significativa ($P < 0,0001$) de acuerdo con la época del año y por lo tanto con el patrón de precipitación y brillo solar, por lo cual se observan valores mayores durante los meses más lluviosos y disminuye el contenido estimado de TND durante los meses más secos, en los cuales además hay mayor brillo solar. No se encontraron para esta variable diferencias significativas entre las fincas analizadas, como se observa en el Cuadro 33.

Cuadro 33. Total de nutrimentos digestibles y contenido energético en términos calóricos de tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Finca	TND (%)	ED (Mcal/Kg MS)	EM (Mcal/Kg MS)	EN _L (Mcal/Kg MS)	EN _G (Mcal/Kg MS)
1	51,29	2,45	1,98	1,20	0,57
2	50,99	2,41	1,98	1,21	0,57
3	51,16	2,41	1,98	1,20	0,57
Promedio ¹	51,15	2,42	1,98	1,20	0,57

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Los resultados obtenidos para el total de nutrimentos digestibles son inferiores a los encontrados por Sánchez y Soto (1998) en la misma zona de estudio, quienes no reportaron diferencias

significativas entre las épocas semiseca y lluviosa, para las cuales obtuvo promedios de 54,1 y 53,3 %, respectivamente.

Andrade (2006) y Villalobos (2006) coinciden en que el patrón de precipitación afecta de manera significativa el contenido de TND en los pastos kikuyo y ryegrass perenne, respectivamente y reportaron valores superiores en las dos especies durante la época lluviosa que durante la época semiseca. Los valores promedio de TND encontrados en los pastos kikuyo y ryegrass perenne fueron 63,72 y 61,95 %, respectivamente y son valores muy superiores a los que se reportan en la presente investigación, lo cual se debe principalmente a sus menores contenidos de fibra detergente neutro y por lo tanto a sus contenidos mayores de carbohidratos no fibrosos.

4.8.9.2 Contenido de energía en términos calóricos

En el Cuadro 33 se muestran los contenidos energéticos en términos calóricos obtenidos en el pasto estrella de las tres fincas lecheras comerciales analizadas en el distrito Quesada, cantón de San Carlos.

El contenido estimado promedio de energía digestible fue 2,42 Mcal / Kg MS (Cuadro 34) y es levemente superior al reportado por Sánchez y Soto (1998), quienes reportan valores de 2,39 y 2,35 Mcal / Kg MS para las épocas semiseca y lluviosa, respectivamente. El contenido de ED en el pasto estrella no es afectado de forma significativa ($P \geq 0,05$) por el efecto de la finca analizada ni por el efecto del mes.

El valor estimado promedio de energía metabolizable encontrado en el presente estudio fue 1,98 Mcal / Kg MS (Cuadro 34) y concuerda con los resultados encontrados por Sánchez y Soto (1998) en la misma zona de estudio; y por García-Trujillo y Pedroso (1989; citado por Sánchez y Soto 1998), en Cuba, los cuales reportan valores de 2,00 Mcal / Kg MS. El contenido de EM en el pasto estrella es

afectado de forma altamente significativa ($P < 0,0001$) por el efecto del mes y su contenido es superior durante los meses de alta precipitación, durante los cuales alcanza niveles de hasta 2,56 Mcal / Kg MS. Esta fracción energética sigue el mismo comportamiento que el TND y aumenta durante los meses en los cuales disminuye el contenido de FDN.

Sánchez et al. (2000), en un estudio realizado en la zona baja de San Carlos, reportaron contenidos de energía digestible y metabolizable de 2,06 y 1,64 Mcal / Kg MS, respectivamente, en pasto estrella con un período de recuperación de 35 días. Este período de descanso, superior al utilizado en el presente estudio, puede ser el causante de los contenidos menores de energía digestible y metabolizable encontrados, pues se reduce la calidad de la pastura con el aumento en la edad del mismo.

En un estudio realizado en Colombia, Maya et al. (2005a) reportan valores superiores de energía metabolizable estimada para el pasto estrella solo y asociado con *Leucaena*; estos autores reportan valores de 2,22 y 2,23 Mcal / Kg MS, respectivamente. Este aumento en el valor de EM estimada se debe a contenidos menores de FDN y FDA y contenidos mayores de grasa en el pasto.

El contenido estimado promedio de energía neta de lactancia obtenido fue 1,20 Mcal/Kg de MS (Cuadro 34) y se asemeja mucho al reportado por Sánchez y Soto (1998), que fue en promedio 1,22 Mcal/Kg de MS. El contenido estimado promedio de energía neta de ganancia en el pasto estrella es 0,57 Mcal/Kg de MS. Ambas fracciones energéticas, EN_L y EN_G , las afecta de forma altamente significativa ($P < 0,0001$) el efecto del mes y disminuyen durante los meses de verano, en los cuales el contenido de FDN en el pasto aumenta de forma significativa.

Cuadro 34. Contenido energético del pasto estrella africana a lo largo del año en tres fincas lecheras del distrito Quesada, cantón de San Carlos.

Meses	TND (%)	ED (Mcal/ Kg MS)	EM (Mcal/ Kg MS)	EN _L (Mcal/ Kg MS)	EN _G (Mcal/ Kg MS)
Ene - Feb	48,49 ^c	2,37 ^b	1,86 ^c	1,12 ^c	0,48 ^c
Mar - Abr	50,55 ^b	2,38 ^b	1,95 ^{bc}	1,18 ^{bc}	0,55 ^b
May - Jun	50,39 ^{bc}	2,37 ^b	1,94 ^{bc}	1,18 ^{bc}	0,54 ^{bc}
Jul - Ago	51,90 ^b	2,42 ^{ab}	2,00 ^b	1,22 ^b	0,58 ^b
Set - Oct	54,64 ^a	2,56 ^a	2,14 ^a	1,31 ^a	0,68 ^a
Nov - Dic	50,91 ^b	2,43 ^{ab}	2,00 ^b	1,22 ^b	0,58 ^b
Promedio¹	51,15	2,42	1,98	1,20	0,57

^{a b} medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

¹ Los valores corresponden al promedio de 36 muestras

Ninguna de las fracciones energéticas varía de forma significativa ($P \geq 0,05$) por el efecto de la finca, lo cual muestra un comportamiento regular en las fincas del distrito Quesada, cantón de San Carlos (Cuadro 33).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Análisis de la fertilidad de los suelos de las fincas evaluadas

Los suelos de las fincas analizadas califican químicamente dentro del orden de los Inceptisoles y se caracterizan por tener un pH bajo, un contenido de bases bajo y un porcentaje de saturación de acidez superior al recomendado. Se recomienda intensificar las prácticas culturales que conlleven a la disminución del porcentaje de saturación de acidez, por ejemplo el encalado con cal dolomita que contribuiría además con el aumento en la cantidad de bases presentes en el suelo. Además, debido a las características ándicas del suelo, los mismos son deficientes en fósforo, por lo cual se recomienda la inclusión de ciclos de fertilización con DAP (18-46-0) dentro del programa de fertilización utilizado en las fincas.

5.2 Medición de la disponibilidad de materia seca antes y después del pastoreo y del porcentaje de aprovechamiento de la pastura de estrella africana

Se estimó una disponibilidad de biomasa anual de 55,7 ton de MS/ha de pasto estrella con valores de disponibilidad promedio que se mantuvieron relativamente constantes a lo largo del año. La mayor disponibilidad de biomasa prepastoreo se presentó durante los meses de marzo y abril y fue 6024 ± 1869 Kg de MS/ha/corte. El aumento en la cantidad de horas luz (brillo solar) se complementa con la retención de humedad de los suelos de la zona durante estos meses y produce un aumento significativo ($P \leq 0,05$) en la disponibilidad de biomasa.

Por el contrario, las altas precipitaciones junto con las escasas horas de brillo solar durante los meses de setiembre y octubre producen una disminución significativa ($P \leq 0,05$) en la disponibilidad de materia seca prepastoreo, hasta alcanzar valores de 3467 ± 1084 Kg de MS/ha/corte, los cuales son los más bajos registrados durante todo el ensayo.

Las condiciones climatológicas adversas, como las altas precipitaciones, junto con prácticas pastoriles deficientes, como los largos períodos de ocupación de los potreros durante los meses más intensos del invierno (desde setiembre hasta diciembre), disminuyen el aprovechamiento de los pastizales en las fincas, es decir reducen el consumo voluntario por animal por día.

El porcentaje de aprovechamiento promedio a lo largo del año fue 43 %. La alta disponibilidad de materia seca durante marzo y abril provoca una disminución en el porcentaje de aprovechamiento hasta valores de 38 %, producto del exceso de material que puede ser consumido por los animales. Se recomienda la utilización de prácticas de conservación del exceso de pasto producido durante estos meses con el objetivo de incorporarlos en la alimentación en los meses de invierno. Durante los meses de setiembre a diciembre disminuye el porcentaje de aprovechamiento producto de la disminución en el consumo de los animales, el cual se ve afectado por las altas precipitaciones; por lo que se recomienda la revisión de la carga animal utilizada en las fincas en esta época, con el fin de mejorar el aprovechamiento de las pasturas y reducir los costos que su manejo conlleva.

La Finca 1 tuvo la mayor disponibilidad de materia seca prepastoreo, así como la mayor cantidad de material remanente pospastoreo y el mayor aprovechamiento por hectárea producto de prácticas pastoriles mejor orientadas, entre ellas la regulación del tamaño de los potreros por medio de la utilización de cercas móviles, de acuerdo con la carga animal y al período climático al momento del pastoreo. La Finca 1 fue significativamente ($P \leq 0,05$) diferente de las Fincas 2 y 3, las cuales se comportaron de manera similar en disponibilidad de pasto y en aprovechamiento por hectárea.

Se obtuvo una diferencia de 5,9 % entre la metodología del Botanal® y el método de reversa utilizados para estimar el consumo de materia seca en las fincas, por lo cual se considera que se tuvo un adecuado dominio sobre el método utilizado para estimar la disponibilidad. Así mismo, el método del Botanal® es una herramienta útil para estimar la disponibilidad de forrajes a nivel de finca.

5.3 Composición botánica en la pastura de estrella africana

Los porcentajes de pasto estrella, malezas y material senescente los afectó de forma significativa ($P \leq 0,05$) la época del año. El porcentaje de pasto estrella fue superior durante los meses de verano, mientras que durante los mismos meses disminuyó el porcentaje de malezas encontrado en la pastura, producto del efecto de la competencia interespecífica por el brillo solar.

El porcentaje promedio de material senescente presente en la pastura es 7,83 % y disminuye de manera significativa ($P \leq 0,05$) durante los meses de enero y febrero en los cuales el porcentaje de aprovechamiento de la pastura es alto, por lo cual queda menor cantidad de material remanente en la pastura. Durante los meses de noviembre y diciembre aumenta la cantidad de material senescente en la pastura hasta 11 %, porque durante los mismos meses disminuye el porcentaje de aprovechamiento, por lo cual queda gran cantidad de material remanente en la pastura. Se recomienda regular la carga animal en las fincas, utilizando cercas eléctricas para disminuir el tamaño de los potreros, y la maximización de los periodos de ocupación de los pastizales de acuerdo con la situación climática durante estos meses.

El porcentaje de otras gramíneas se mantiene relativamente constante a lo largo del año y no es afectado de forma significativa ($P \geq 0,05$) por el efecto de la finca ni por el efecto del mes.

La Finca 1 presentó, de manera significativa ($P \leq 0,05$), mayor cobertura de pasto estrella, lo que además afecta la cantidad de otras gramíneas y de forma significativa ($P \leq 0,05$) la cantidad de malezas presentes en la pastura, producto también de la competencia interespecífica.

5.4 Edad fenológica del pasto estrella africana

El número de hojas al momento del pastoreo del estrella africana se comporta de acuerdo con el patrón de precipitación de la zona, pues fue mayor durante los meses de invierno, disminuyó durante la época de transición y tuvo los menores valores durante la época semiseca. Al momento de pastoreo,

el pasto estrella tiene en promedio 7,9 hojas y es afectado de forma significativa ($P \leq 0,05$) por el efecto del mes y de la finca. En la Finca 1 donde se reportó el mayor número de hojas al momento de pastoreo, lo que es consecuente con la disponibilidad de biomasa reportada y la relación hoja:tallo encontrada en la pastura.

La mayor parte de la información acerca de la edad fenológica al momento del pastoreo se encuentra en pasturas de clima templado, por lo cual se recomienda continuar con la investigación de esta variable que afecta la calidad nutricional y la recuperación de la pastura, y por tanto el comportamiento productivo de los animales.

5.5 Composición estructural del pasto estrella africana

La composición estructural del pasto estrella se mantiene relativamente estable a través del año y en promedio la pastura presenta 35,17 % de hojas y 64,83 % de tallos más material senescente. La relación hoja:tallo es afectada de forma significativa por el efecto finca ($P \leq 0,05$) y la menor cantidad de hojas se encontró en la Finca 2, para la cual se recomienda disminuir el periodo de recuperación a 28 días, aumentar la carga sobre las pasturas con el fin de disminuir la cantidad de material remanente o "colchón" que queda después del pastoreo y evaluar la posibilidad de aumentar la cantidad de fertilización nitrogenada utilizada en la finca, con el fin de mejorar la cantidad de hojas producidas en la pastura.

5.5 Valor nutricional de los componentes estructurales del pasto estrella

Las hojas del pasto estrella contienen la menor cantidad de humedad y fibra detergente neutro y la mayor cantidad de proteína entre las tres partes de la planta analizadas. Se recomienda por lo tanto favorecer el aumento en la cantidad de hojas en la pastura, pues son el componente de mayor calidad nutricional en la estructura de la planta. Este aumento se puede favorecer mediante la implementación de adecuadas prácticas de fertilización nitrogenada, y un manejo estricto de la carga animal y los

periodos de ocupación que limiten la cantidad de material remanente, sin exponer la recuperación de la pastura.

No hubo diferencia significativa entre las fincas en ninguna de estas variables, pero sí la hubo por épocas climáticas ($P \leq 0,05$), lo cual sugiere que el contenido de estas fracciones se comporta de acuerdo con el patrón de precipitación en la zona. Este efecto se nota principalmente en la fibra detergente neutro, la cual aumenta conforme inicia la época lluviosa y alcanza sus valores máximos una vez que ésta se ha establecido.

5.7 Valor nutricional del pasto estrella africana

5.7.1 Materia seca y proteína cruda

El contenido promedio de materia seca en el pasto estrella es 22,1 % y es influenciado de forma significativa ($P \leq 0,05$) por el efecto de la época climática, por lo cual se registran los valores más altos durante el verano y los valores menores al inicio de la época lluviosa.

El contenido promedio de proteína cruda es 20,3 % y se mantuvo relativamente constante a través del año. Esta fracción aumenta en los meses de noviembre y diciembre debido al efecto sinérgico entre la creciente cantidad de brillo solar y la humedad retenida en el suelo, producto de las altas precipitaciones durante meses anteriores.

La cantidad de proteína encontrada en el pasto estrella puede considerarse alta y debido a esto se recomienda tomarla en consideración dentro de la suplementación de los animales en producción, con el fin de escoger fuentes de carbohidratos no fibrosos que permitan hacer un uso adecuado del nitrógeno por parte de los microorganismos del rumen.

5.7.2 Componentes de la pared celular

El contenido promedio de FND es 72,8 %, se considera normal dentro de los rangos observados en la literatura para la especie, y varía de forma significativa ($P \leq 0,05$) de acuerdo al patrón de precipitación de la zona: durante los meses de invierno disminuye el contenido de FND y aumenta en la época semiseca.

En los contenidos de FAD y lignina se encontró el mismo comportamiento, influenciado de forma significativa ($P \leq 0,05$) por el efecto de la época; ambas fracciones se mantienen relativamente constantes a través del año y disminuyen únicamente durante los meses de setiembre y octubre.

5.7.3 Extracto etéreo y cenizas

El contenido promedio de grasa presente en el pasto es 0,91 %, es considerado bajo dentro de los rangos encontrados en la literatura y es influenciado de forma significativa ($P \leq 0,05$) por el ciclo climático de la zona. Durante los meses de invierno aumenta el extracto etéreo del pasto y disminuye durante los meses de verano. El contenido promedio de cenizas en el pasto estrella es 8,7 % y se mantiene casi constante a lo largo del año.

5.7.4 Contenido mineral

5.7.4.1 Macrominerales

El contenido promedio de calcio fue 0,42 % y se encuentra por debajo de los requerimientos para vacas lactantes; esta situación se acentúa cuando se le aplica al calcio el porcentaje de biodisponibilidad para forrajes frescos.

El contenido de fósforo aumenta durante la época lluviosa y se encuentra en el límite inferior de los requerimientos para vacas lactantes, sin tomar en consideración la biodisponibilidad del elemento en los forrajes.

El magnesio en el pasto sigue el mismo comportamiento que el P y aumenta durante la época lluviosa. El contenido de este mineral se encuentra; sin tomar en consideración su biodisponibilidad; en el límite superior de los requerimientos para vacas lactantes. Además, el contenido de Mg es significativamente superior en la Finca 3, la cual tiene menores contenidos de este mineral en el suelo. Debido a que los suelos de la zona son deficientes en bases, se recomienda la aplicación de enmiendas al suelo, principalmente de cal dolomita, que aporta calcio y magnesio, y la suplementación de los animales con fuentes que aporten magnesio de forma directa.

El contenido promedio de potasio es 2,73 % y se encuentra por encima de las necesidades del ganado en lactación y además es superior al límite máximo recomendado para este mineral. El contenido de este mineral aumenta durante la etapa de transición entre épocas climáticas.

El contenido promedio de sodio es 0,05 % y se encuentra muy por debajo de los requerimientos para vacas en lactación. Este mineral se mantiene relativamente constante a través del año, aunque disminuye levemente durante la época lluviosa.

5.7.4.2 Microminerales

El contenido de manganeso se encuentra muy por encima de los requerimientos para vacas lactantes y aumenta durante la época semiseca. El contenido de hierro también se encuentra por encima de los requerimientos señalados y su contenido disminuye durante el período de transición entre épocas climáticas.

Los contenidos de cobre y zinc en el pasto estrella los afecta de forma significativa ($P \leq 0,05$) el efecto de la finca analizada y es la Finca 3 donde se obtuvieron los mayores contenidos de estos minerales. El contenido de cobre se encuentra en el límite superior de los requerimientos para ganado en lactación, mientras que el contenido de zinc se encuentra por debajo de los niveles críticos. Para ambos minerales se recomienda la suplementación directa por medio de suplementos minerales.

5.7.5 Carbohidratos no fibrosos y DIVMS

El contenido promedio de CNF es 7,7 % y lo afecta de forma significativa ($P \leq 0,05$) la época climática; es inversamente proporcional al contenido de FND y hemicelulosa en el pasto. Esta cantidad de CNF en el pasto puede ser considerada baja, por lo cual se recomienda la suplementación con fuentes que suministren esta fracción y que como se explicó con anterioridad, se sincronicen con la utilización de la proteína en el rumen. La Finca 2 presentó los menores contenidos de CNF debido a que es la finca con períodos de recuperación más extensos para sus pastizales.

La DIVMS tuvo un promedio de 68,5 % y disminuye en los meses de noviembre y diciembre debido principalmente a un incremento en el contenido de FDN en las hojas y tallos del pasto estrella.

5.7.6 Contenido de energía

El contenido promedio de TND es 51,2 % y aumenta durante la época lluviosa, principalmente debido a una disminución en el contenido de FDN. La edad fenológica de la pastura coincide con un aumento en el TND. Durante los meses de setiembre y octubre en el cual se presentan los valores mayores de TND también hay un contenido bajo de FAD y lignina que favorece este aumento.

Las fracciones energéticas: ED, EM, ENL y ENG, están influenciadas por el patrón climático que afecta de igual manera al TND y por lo tanto, aumentan durante la época lluviosa y disminuyen conforme se reduce la precipitación en la zona.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, J. 1995. *Fertilizantes y pastoreo rotacional: dos técnicas para alta producción de leche y carne*. CAFESA. San José, Costa Rica. 75p.
- ANDRADE, M. 2006. *Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica*. Tesis. Lic. Zootecnia, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, UCR. 225p.
- ARROYO, G. 2006. *Encuesta a los productores del distrito de Quesada*. Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos. Comunicación personal.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 2000. *Official methods of analysis*. 16 ed. Washington, D.C.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 1990. *Official methods of analysis*. 15 ed. Washington, D.C. 1008 p.
- BAARS, R. 1998. *Nutrition management, nitrogen efficiency, and income over feed cost on dairy farms in Costa Rica*. Journal of Dairy Science. USA. 81: 801 – 806.
- BERTSCH, F. 1998. *La fertilidad de los suelos y su manejo*. 1ª ed. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157p.
- CERDAS, R. 1977. *Cambios en el valor nutritivo de los pastos Jaragua (*Hyparrhenia rufa*, Ness Staff) y Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) durante la época seca del trópico*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 81 p.
- CRUZ, M., SÁNCHEZ, J. 2000. *La fibra en la alimentación del ganado lechero*. Nutrición Animal Tropical 6:39-74
- DONAGHY, D; FULKERSON, B. S.F. *Principles for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures*. Tasmanian Institute of Agricultural Research, Burnie Tasmania.
- FERNÁNDEZ, M. 2003. *La agricultura costarricense ante la globalización: las nuevas reglas del comercio internacional y su impacto en el agro*. Instituto de Investigaciones Sociales. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Pg: 150 – 157.
- FICK, K. 1979. *Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales*. 2ª edición. University of Florida. Gainesville, USA.
- FIKE, J; STAPLES, C; SOLLENBERGER, L; MACOON, B; MOORE, J. 2003. *Pasture forages, supplementation rate, and stocking rate effects on dairy cow performance*. Journal of Dairy Science. USA. 86: 1268 – 1281.
- FUKUMOTO, G; LEE, C. 2003. *Stargrass for forage*. Department of Human Nutrition, Food and Animal Sciences. University of Hawaii at Manoa. Livestock Management, LM-6.

- GONZÁLEZ, A. 1995. *Aplicación y efecto residual del estiércol en la producción y calidad del buffel (Cenchrus ciliaris c.v. Texas-4464) en el trópico seco*. Tesis. Maestro en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México.
- HARGRAVES, J. N. G., KERR, J. D. 1978. *Botanal: a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition*. II. Computational package. Division of Tropical Crops and Pastures, Tropical Agronomy, CSIRO, Australia. Technical Memorandum No. 9.
- HENRÍQUEZ, C., CABALCETA, G. 1999. *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola*. San José, Costa Rica. ACCS. 112 p.
- HERNÁNDEZ GARAY, A; SOLLENBERGER, L; McDONALD, D; RUEGSEGGER, G; KALMBACHER, R; MISLEVY, P. 2004. *Nitrogen fertilization and stocking rate affect Stargrass pasture and cattle performance*. Crop Science. USA. 44: 1348 – 1354.
- HILL, G; GATES, R; BURTON, G. 1993. *Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and Tifton 78 bermudagrass pastures*. Journal of Animal Science. USA. 71: 3219 – 3225.
- INSTITUTE OF FOOD AND AGRICULTURAL SCIENCES (IFAS). 1989. *Florico Stargrass*. University of Florida, Gainesville. Circular S-361. IN: <http://rcrec-onc.ifas.ufl.edu/cirs-361.html>
- JOHNSON, C; REILLING, B; MISLEVY, P; HALL, M. 2001. *Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses*. Journal of Animal Science. USA. 79: 2439 – 2448.
- LASCANO, C. 2002. *Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal*. Archivo Latinoamericano de Producción Animal. 10(2): 126-132.
- LICITRA, G., T. M., HERNÁNDEZ, M; VAN SOEST, P. J. 1996. *Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds*. Animal Feed Science and Technology. 57: 347-358.
- MANDEBVU, P; WEST, J; HILL, G; GATES, R; HATFIELD, R; MULLINIX, B; PARKS, A; CAUDLE, A. 1999. *Comparison of Tifton 85 and Coastal bermudagrasses for yield, nutrient traits, intake, and digestion by growing beef steers*. Journal of Animal Science. USA. 77: 1572 – 1586.
- MAYA, G; DURÁN, C; ARARAT, J. 2005a. *Valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con Leucaena a diferentes edades de corte durante el año*. IN: http://www.biblioteca.palmira.unal.edu.co/acta_agronomica_54_4/valor.htm
- MAYA, G; DURÁN, C; ARARAT, J. 2005b. *Altura, disponibilidad de forraje y relación hoja tallo del pasto estrella solo y asociado con leucaena*. IN: <http://www.biblioteca.palmira.unal.edu.co>
- MISLEVY, P. 2006. *Stargrass*. University of Florida, IFAS Extension. SS-AGR-62.
- MISLEVY, P; BROWN, W. 1990. *Management and utilization of complementary forages: Stargrass*. Agricultural Research and Education Center. University of Florida, Ona.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. Ed. Washington, D.C. National Academy Press. 381 p.
- PEZO, D; HOLMANN, F; ARZE, J. 1996. *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.
- PITMAN, W; WILLIS, C. 2001. *Evaluation of selected hybrid bermudagrasses*. Rosepine Research Station. LSU Agricultural Center. Volume 2.
- RETANA, J. 2006. *Climatología del distrito de Quesada, cantón de San Carlos*. Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica. Comunicación personal.
- ROJAS, A. 1995. *Conceptos básicos en nutrición de rumiantes*. Escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Pg: 91-93.
- ROJAS, S; OLIVARES, J; JIMÉNEZ, R; HERNÁNDEZ, E. 2005. *Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico*. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. Vol N° 5 Mayo. IN: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505.html>
- RUÍZ, S. 1978. *Cambios en el rendimiento y valor nutritivo de los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y estrella (*Cynodon nlemfuensis*) fertilizados, durante la época seca*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.
- SÁNCHEZ, J; QUESADA, G. 1998. *Calidad nutricional de los forrajes en una zona con potencial alto para la producción de leche, en el trópico húmedo de la zona norte de Costa Rica*. *Agronomía Costarricense*. 22(1): 61 – 68.
- SÁNCHEZ, J; SOTO, H. 1996. *Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares*. Serie Técnica Nutrición Animal Tropical. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Volumen 3. Pg: 3 – 18.
- SÁNCHEZ, J; SOTO, H. 1998. *Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular*. Serie Técnica Nutrición Animal Tropical. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Volumen 4. Pg: 3 – 23.
- SÁNCHEZ, J; SOTO, H. 1999. *Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. III. Energía para la producción de leche*. Serie Técnica Nutrición Animal Tropical. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Volumen 5. Pg: 31 – 49.
- SÁNCHEZ, J; VILLARREAL, M; SOTO, H. 2000. *Caracterización nutricional de los componentes forrajeros de cuatro asociaciones gramíneas / *Arachis pintoi**. Serie Técnica Nutrición Animal Tropical. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Volumen 6. Pg: 1 – 21.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA REGIÓN HUETAR NORTE (SIRZEE). 2006. *Mapa del distrito de Quesada y su precipitación*. IN: <http://sirzee.itcr.ac.cr/modules.php?op=mod/oad&name=GIS&file=index&req=25>

- SOLANO, P. C., LEÓN, H. 2006. *Análisis de costos de diferentes sistemas de producción de leche en Costa Rica: estudio de casos*. Cámara Nacional de Productores de Leche. Presentado en el Congreso Nacional Lechero 2006. 22p.
- SUÁREZ, F. 1983. *Efecto de la fertilización nitrogenada y foliar sobre la producción y la eficiencia de utilización del nitrógeno del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) bajo riego y pastoreo rotacional*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.
- VAN DER GRINTEN, P; BAAYEN, M; VILLALOBOS, L; DWINGER, H; MANNETJE, T. 1992. *Utilisation of Kikuyo grass (Pennisetum clandestinum) pastures and dairy production in a high altitude region of Costa Rica*. Tropical Grasslands. USA. 26: 255 – 262.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B. 1979. *Forage fiber análisis*. Agronomy Handbook 379. USDA, Washington, D.C. sp.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B. 1985. *Analysis of forages and fibrous feeds*. Cornell University. Ithaca, New York. 165 p.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J; LEWIS, B. 1991. *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition*. Journal of Dairy Science 74: 3586-3597.
- VARGAS, E; FONSECA, H. 1989. *Contenido mineral y proteico de forrajes para rumiantes en pastoreo en Costa Rica*. Primera Edición. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 217p.
- VILLALOBOS, L. 2006. *Disponibilidad y valor nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (Lolium perenne) en las zonas altas de Costa Rica*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. 127p.
- WEISS, W. P. 1997. *Energy values for Feeds*. IN: Tri-Satate Dairy Nutrition Conference. Indiana. USA. 171 p.
- WHITE, J; HODGSON, J. 2002. New Zealand. *Pasture and Crop Science*. First Edition. Oxford University Press. 323p.