



Pasto Maralfalfa: mitos y realidades

Héctor Jairo Correa C.

Zootecnista, Universidad Nacional de Colombia.

MsC. en Nutrición Animal, Universidad Nacional Autónoma de México.

Profesor e investigador en Ganado de Leche, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Hjcc_unal@hotmail.com

Colombia

Co-autores

Juan Manuel Cerón A.¹

Humberto Arroyave, Yéssica Henao, Alejandro López²

Introducción

Debido a la gran variedad de climas, topografía, infraestructura y condiciones culturales, en Colombia se han configurado diversos sistemas de producción de leche (Aldana, 1990; Gómez Jurado, 1990). A pesar de ello, Aldana (1990) reconoció la existencia de algunos factores comunes que le permitieron generar una clasificación de sistemas de producción dentro de unos pocos grupos basado en la intensidad en el uso de los pastos y en el producto obtenido. En esencia, este autor reconoció la existencia de tres grandes sistemas de producción de leche (lechería especializada, doble utilidad y doble propósito) sustentados en por lo menos cuatro sistemas de producción de forrajes (pastoreo extensivo tradicional, pastoreo extensivo mejorado, pastoreo intensivo suplementado y confinamiento).

Cuando Aldana (1990) publicó su trabajo, la producción nacional de leche ascendía a cerca de 9 millones de litros diarios el 45% de los cuales provenían de los sistemas de lechería especializada quienes representaban, a su vez, poco menos del 11% de la población bovina dedicada a la producción de leche. 13 años después, la producción de leche se ha incrementado en más de 5 millones de litros diarios hasta alcanzar una producción anual superior a los 5.500 millones de litros (FEDEGAN, 2002) la mitad de la cual, proviene de sistemas de lechería especializada con una población bovina correspondiente al 11.6% del total dedicado a la producción de leche (Osorio, 2004).

El incremento en la producción de leche en los sistemas de lechería especializada parece haber respondido, entre otros factores, al mejoramiento genético de los animales (FEDEGAN, 2002; Montoya y Quijano, 2000; Rueda y Santa, 2002) así

¹ Zootecnista, Universidad Nacional de Colombia; Especialista en Producción Animal, Universidad de Antioquia; Departamento de asistencia Técnica de COLANTA.

² Zootecnistas, Universidad Nacional de Colombia.





como a cambios en el manejo alimenticio, particularmente en lo que tiene que ver con el manejo de los recursos forrajeros (Carulla, 1999; FEDEGAN, 2002; Holmann *et al*, 2003).

En términos generales las lecherías especializadas cuentan con una escasa variedad de recurso forrajeros (Osorio, 2004). Por lo menos en lo que tiene que ver con el departamento de Antioquia, la mayor parte de zonas frías dedicadas a la producción de leche se encuentran cultivadas con pastos de bajo potencial productivo como la grama nativa (*Cynodon sp*), la falsapoa (*Holcus lanatus*), y el oloroso (*Anthoxantum odoratum*). Sin embargo, hay porcentajes cada vez mayores de pastos de mejor calidad como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium perenne*) (Consejo Regional de la Cadena Láctea, 2001). Recientemente se ha iniciado el uso del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) en la alimentación de ganado de leche en estas y otras zonas lecheras del país como pasto de corte (Ramírez, 2003) aunque su uso no ha estado mediado por información técnica si no, más bien, por la experiencia de campo que han tenido los productores.

Información sin respaldo técnico indica que la maralfalfa (*Pennisetum sp*) es una gramínea con una alta capacidad de producción de forraje de buena calidad nutricional y que, al tratarse de un pasto de corte (Figura 1), permite incrementar la producción por hectárea (Ramírez, 2003). Esto es bastante importante toda vez que ha sido establecido que la carga animal es quizás uno de los factores más determinantes en la productividad de los sistemas de lechería especializada de tal manera que a mayor capacidad de carga, mayor es la rentabilidad del hato (Osorio, 2004; Holmann *et al*, 2003).

Figura 1.

Pasto maralfalfa fertilizado con 90 días de rebrote (*Pennisetum sp*).





La escasa información técnica que existe sobre este pasto es muy heterogénea. Así, los datos presentados recientemente por Carulla *et al* (2004) no muestran una tendencia clara en la composición química del pasto en función de la edad de corte (ver tabla 1).

Tabla 1.
Composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) a diferentes edades de corte.

Fracción química	Edad (días)						
	120	90	64	60	51	47	ND ¹
Materia seca, %	-	26.0	-	10.7	9.7	9.4	13.2
Proteína cruda, %	4.8	3.3	15.7	11.4	9.8	11.8	24.0
Fibra en detergente neutro; %	69.8	81.9	64.5	68.3	66.3	64.6	56.5
Fibra en detergente ácido, %	50.5	61.7	42.9	46.6	46.8	47.3	39.4

¹ No determinada
(Carulla *et al*, 2004)

Los datos reportados por Osorio (2004) y por Betancur (2004) (ver tabla 2), parecen indicar que se trata de un pasto con bajo contenido de proteína cruda y pero con alto contenido de fibra en detergente neutro y, por la misma razón, con





bajo contenido de energía. Estos autores, sin embargo, no especifican la edad de corte ni las condiciones de producción del pasto.

Tabla 2
Contenido de algunas fracciones químicas del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*).

Fuente	%MS			
	PC	FDN	EE	Cen
Osorio, 2004	10.9	68.5	2.4	12.0
Betancur, 2004	13.4	64.31	1.76	12.04

A pesar de la información tan desalentadora sobre la calidad nutricional de este pasto pero debido a la popularidad que ha ganado en los últimos años, fue necesario emprender un trabajo más sistemático que diera mayores luces sobre su comportamiento agronómico y valor nutricional, con la finalidad de tener mayores elementos técnicos que permitieran sentar bases sobre recomendaciones para su utilización en ganado lechero.

1. Origen.

El origen del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) es aún muy incierto. Existen varias hipótesis al respecto entre las que se encuentra la del sacerdote Jesuita José Bernal Restrepo (1979) quien aseguraba que fue una creación suya resultado de la aplicación del denominado Sistema Químico Biológico (S.Q.B), desarrollado por él y que es propiedad de la Universidad Javeriana. Los fundamentos y la metodología que sigue el SQB no son descritos por Bernal (1979).

Según la información publicada por Bernal en 1979, la palabra “Maralfalfa” proviene de otras variedades de plantas que usó para la obtención de este pasto. En su documento especifica que cuando obtenía una nueva variedad de plantas, las nombraba fusionando los nombres de las plantas utilizadas como progenitoras. La siguiente es la secuencia de productos vegetales desarrollados por bernal (1979) hasta llegar a la Maralfalfa:

PLANTA PADRE	PLANTA MADRE	NUEVA VARIEDAD
Elefante Napier <i>Pennisetum purpureum</i>	Gramma <i>Paspalum macrophyllum</i>	Gramafante
Gramafante <i>Pennisetum purpureum</i> <i>Paspalum macrophyllum</i>	Guaratara <i>Axonopus pupussi</i>	Maravilla
Alfalfa Peruana <i>Medicago sativa</i>	Pasto Brasileiro <i>Phalaris arundinacea</i>	Alfalfa Colombia
Maravilla	Alfalfa Colombia	Maralfalfa

Parece que el nombre “Maralfalfa” tiene su origen en el sacerdote José bernal Restrepo (1979); sin embargo, no existe evidencia de que el forraje conocido





popularmente como “Maralfalfa” sea el mismo con el cual experimentaba Bernal (1979)

Por otro lado, Sánchez y Pérez (Comunicación personal) afirman que dicho pasto podría corresponder a un *Pennisetum hybridum* comercializado en Brasil como Elefante Paraíso Matsuda coincidiendo con lo que afirma Hajduk (2004). Este pasto fue el resultado de la hibridación del *Pennisetum americanum* (L.) Leeke con el *P. purpureum* Schum (Hanna *et al*, 1984). Según Hanna *et al* (1984), este híbrido es un triploide que puede ser obtenido fácilmente y combina la calidad nutricional del forraje del *Pennisetum americanum* (L.) con el alto rendimiento de materia seca del *P. purpureum* Schum. Este híbrido, sin embargo, es estéril por lo que para obtener híbridos fértiles se ha utilizado Colchicina con lo que duplica el número de cromosomas y se obtiene un híbrido hexaploide fértil (Macon, 1992). Diversos híbridos han sido desarrollados en Estados Unidos con muy buenos resultados tanto en producción como en calidad nutricional (Macon *et al*, 2002).

El *Pennisetum hybridum* fue introducido al Brasil en 1995 a través de la Empresa Matsuda (Vilela, 2004). Actualmente existen algunas variantes disponibles en el Brasil que han sido sometidas a evaluaciones agronómicas (Lira *et al*, 1998; Vilela *et al*, 2003a) y productivas (Vilela *et al*, 2003b) con resultados muy promisorios. De esta manera, si el pasto maralfalfa utilizado en Antioquia corresponde al *P. hybridum* comercializado en Brasil como elefante paraíso matsuda, será necesario establecer, además, a cual (o cuales) variedad corresponde.

2. Características taxonómicas.

La identificación y clasificación taxonómica de las gramíneas no es fácil (Häfliger & Scholz 1980). Las gramíneas, como familia, son fácilmente reconocidas pero resulta difícil distinguir los diferentes géneros y especies. Incluso para los botánicos más versados y experimentados resulta complicado poder establecer con claridad la clasificación taxonómica de muchas gramíneas. Tal es el caso de la maralfalfa (*Pennisetum sp*). Esto se debe posiblemente a que la mayoría de las gramíneas no posee perianto y si lo tienen es muy reducido y, además, presentan un ovario muy simple. Así, estas dos características tan importantes para las dicotiledóneas, son casi completamente inexistentes en las gramíneas. Mientras que dicha ausencia esta compensada por otras características, estas a su vez no son tan evidentes (Häfliger & Scholz 1980).

Las gramíneas pertenecen a la familia *Poaceae*, la más grande de las familias del reino vegetal. Según Dawson y Hatch (2002) dicha familia esta compuesta por 5 sub-familias (ver tabla 3) las cuales presentan un alto grado de variabilidad, de manera que la asignación de un ejemplar a una determinada sub-familia se basa más en el número de caracteres compartidos con otros miembros de un grupo determinado, que en uno o en algunos caracteres claves (Häfliger & Scholz 1980). En cualquier caso la *Panicoideae* es una de las sub-familias dentro de la cual se encuentra la tribu *Paniceae*. Dentro de esta tribu, a su vez, se encuentra el género *Pennisetum* el cual agrupa a cerca de 80 especies (Dawson y Hatch, 2002).





Muestras del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) obtenidas de la finca Guamurú, en San Pedro de los Milagros (Antioquia), fueron analizadas por Sánchez y Pérez (comunicación personal) en el Herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, identificándolo tentativamente como *Pennisetum violaceum* (Lam.) Rich. ex Pers. Sánchez y Pérez (comunicación personal) advierten, sin embargo, que no existe total certeza sobre su identidad y que, ya sea que se trate de una especie silvestre o del híbrido mencionado anteriormente (*P. americanum* L. x *P. purpureum* Schum), su identificación correcta requerirá de estudios morfológicos y citogenéticos adicionales. La variabilidad del denominado pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) deja un nivel de incertidumbre que sólo se podría aclarar mediante un muestreo general en diferentes sitios que indique la variación geno- y fonotípica de la especie (Sánchez y Pérez, comunicación personal).

Sánchez y Pérez (comunicación personal) continúan indicando que existen otras dos posibles opciones cuya prueba requiere trabajos de investigación específicos: 1. Que se trate de morfotipos de algún *Pennisetum* debidos a plasticidad fenotípica en condiciones locales y, 2. Que se trate de un cultivar no registrado antes de *Pennisetum purpureum*.

Tabla 3.

Clasificación taxonómica del género *Pennisetum*.

Familia	Sub-familias	Tribus	Géneros	Especies
Poaceae	<i>Pooideae</i> <i>Chloridoideae</i> <i>Oryzoideae</i> <i>Bambusoideae</i> <i>Panicoideae</i>	<i>Andropogoneae</i> <i>Festuceae</i> <i>Hordeae</i> <i>Agrostideae</i> <i>Paniceae</i>	<i>Axonopus</i> <i>Brachiaria</i> <i>Cenchrus</i> <i>Digitaria</i> <i>Echinochloa</i> <i>Eriochloa</i> <i>Melinis</i> <i>Panicum</i> <i>Paspalidium</i> <i>Paspalum</i> <i>Pennisetum</i>	<i>americanum</i> <i>purpureum</i> <i>clandestinum</i> <i>typhoides</i> <i>violaceum</i> <i>villosum</i>





Adaptado de Dawson y Hatch, 2002.

La aclaración final sobre la identidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) depende, entonces, de la posibilidad de establecer un patrón morfológico diferenciable de otros pastos similares como el Elefante (*P. purpureum* Schum) y sus variantes, realizar colecciones y análisis morfológicos y confrontar con varias fuentes de información confiable sobre las características taxonómicas de la especie (incluyendo descripción original). Así mismo, es necesario realizar confrontaciones con un ejemplar “tipo”, enviar muestras a un especialista en Brasil, así como establecer el cariotipo de muestras de este pasto (Sánchez y Pérez, comunicación personal).

Solo la caracterización morfológica, fitoquímica y genética de los *Pennisetum* que se comercializan actualmente en el país, permitirá obtener pautas más objetivas para su certificación y evitar la especulación en el mercado. Adicionalmente, un estudio de este tipo permitiría tener bases científicas para adelantar programas de mejoramiento que pueden resultar en cultivares de mejores características que lo que hoy se conoce como maralfalfa (*Pennisetum sp*) (Sánchez y Pérez, comunicación personal).

Con base en las anteriores anotaciones Sánchez y Pérez (comunicación personal) sugieren mucha cautela, señalando que por el momento se debería citar al pasto maralfalfa obtenido en la finca Guamurú como *Pennisetum sp*.

2.1. Órganos Vegetativos.

Las raíces del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) son fibrosas y forman raíces adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas. Estas cañas conforman el tallo superficial el cual esta compuesto por entrenudos, delimitados entre sí, por nudos. Los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos. Los tallos no poseen vellocidades. Las ramificaciones se producen a partir de los nudos y surgen siempre a partir de una yema situada entre la vaina y la caña.

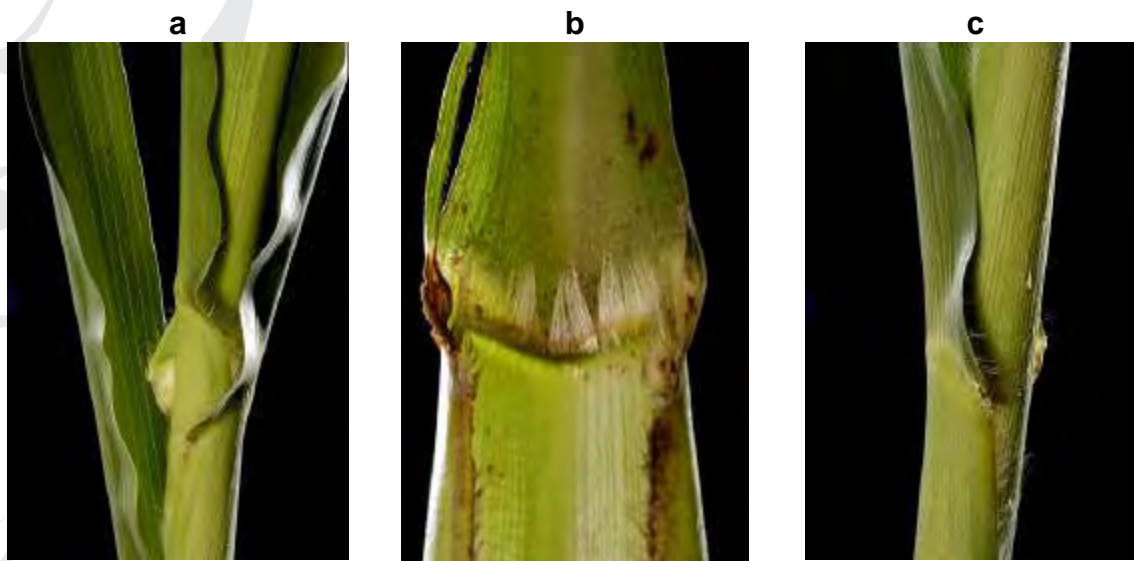
La vaina de la hoja surge de un nudo de la caña cubriéndola de manera ceñida. Los bordes de la vaina están generalmente libres y se traslapan. Es muy común encontrar bordes pilosos, siendo esta una característica importante en su clasificación (figura 2a). La lígula, que corresponde al punto de encuentro de la vaina con el limbo, se presenta en corona de pelos (figura 2b). Mientras que la longitud y el ancho de las hojas pueden variar ampliamente dentro de una misma planta (ver más adelante la figura 6), la relación entre estas dos medidas parece ser un parámetro menos variable y muy útil al momento de clasificar las gramíneas (Häfliger & Scholz 1980). En el caso particular del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) el comportamiento de esta característica fue diferente (comparar más





adelante los datos de las tablas 5 y 6). La presencia de pelos en el borde de las hojas, es otro elemento fundamental en la descripción de esta especie (figura 2c).

Figura 2
Morfología de las hojas del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*).



2.2. Órganos Reproductivos.

En general, lo que se considera como la flor de las gramíneas no es más que una inflorescencia parcial llamada espiga. De acuerdo con la ramificación del eje principal y la formación o no de pedicelos en las espigas, se pueden distinguir diversos tipos de inflorescencias siendo las más generales la espiga, la panícula y el racimo. En el caso particular del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*), las inflorescencias se presentan en forma de panícula (figura 3) las cuales son muy características del género *Pennisetum* (Häfliger & Scholz 1980).

En este tipo de inflorescencia, del eje principal surgen ramificaciones verticiladas o individuales que se siguen ramificando. Las panículas son contraídas y presentan ramas primarias reducidas a fascículos espinosos, con una o más espigas terminadas en espinas. Se da una desarticulación en la base de los fascículos, y estos forman espinas con bases transversales espinosas, y barbas punzantes hacia afuera y hacia arriba (Häfliger & Scholz 1980).

Las espiguillas en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es típica del género *Pennisetum*, esto es, presenta seis brácteas: dos glumas, dos lemas y dos paleas (figura 4). Sin embargo, hace falta adelantar una descripción más detallada de las mismas. Algunas claves para su clasificación a partir de las estructuras que se pudieran hallar, son las siguientes: las flores bajas pueden ser estériles y





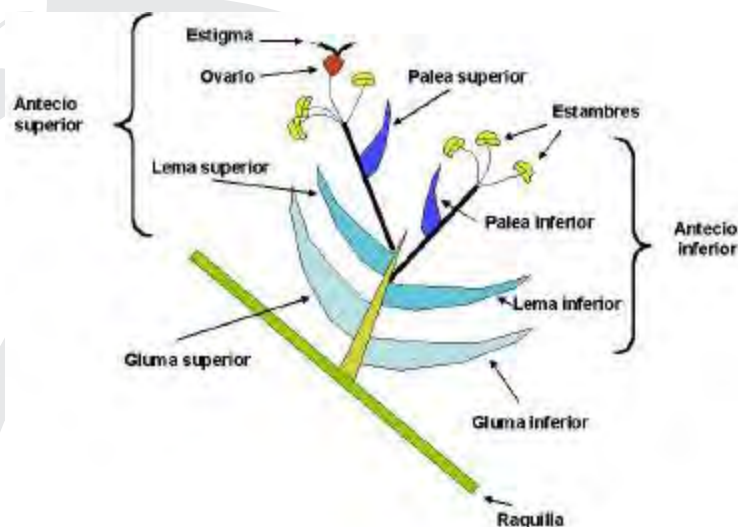
vigorosas o sin estambres, las flores superiores pueden ser fértiles, con un tamaño entre la mitad o igual al de las flores inferiores; las primeras glumas pueden estar fusionadas con callos, sin rodear la base de la espiga y sin aristas; la lema de la parte superior es suave, sin arista, de color café a amarillo o púrpura, glabrosa, con márgenes redondeadas o planas, sin aristas; la palea de las flores superiores están presentes. Poseen tres estambres; y las anteras son oscuras o grises (Dawson y Hatch, 2002).

Figura 3
Inflorescencia del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*).



Figura 4
Esquema de las espiguillas del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*).





3. Caracterización agronómica y nutricional.

Con la finalidad de caracterizar agronómica y nutricionalmente el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*), se llevó a cabo una prueba de campo en la finca Guamurú del municipio de San Pedro (Antioquia) la cual se encuentra localizada a 42 kilómetros al norte de Medellín, a 2.475 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 14°C y una humedad relativa promedio de 79.7% correspondiendo a una formación ecológica de bosque muy húmedo montano – bajo (bmh-MB) (Espinal, 1991).

Desde marzo del año 2000 en esta finca se viene produciendo maralfalfa (*Pennisetum sp*) tanto para la comercialización de semilla como para la alimentación de vacas en producción. Actualmente la finca cuenta con 3.2 hectáreas cultivadas en este pasto dentro de las que, al azar, se seleccionaron dos áreas de corte al interior de las cuales, a su vez, se seleccionaron dos parcelas de 7 x 7 m. Una de las áreas de corte fue fertilizada con una mezcla de fertilizantes químicos y fertilizante orgánico (bovinaza) (F), en tanto que la otra área de corte no recibió el fertilizante orgánico (SF). La fertilización química consistió en la aplicación de tres bultos de PCMS, un bulto de yeso agrícola, un bulto de cloruro de potasio y dos bultos de urea a los 30 días de rebrote por cada cuadra sembrada en el pasto. Aproximadamente 10 días más tarde, se aplicó un bulto adicional de urea. La fertilización orgánica consistió en la aplicación de aproximadamente 3200 kg de materia seca de bovinaza/cuadra al día siguiente del corte, lo que equivale a aproximadamente 135 kg de N/cuadra³.

³ Los cálculos se basaron en el trabajo de Betancur y Trujillo (sin publicar). Estos autores establecieron que la producción de materia seca (MS) en las heces de vacas holstein lactantes con un nivel de producción promedio de 24 litros de leche, fue de 4.6 kg /vaca/día y que la producción de orina fue de 20.7 litros/vaca/día con una concentración de MS cercana al 4%. El contenido de N en las heces fue de 2.4% mientras que en las heces fue de 14.7%. Se asumió que en el establo de





De cada parcela se tomaron tres muestras de suelo que fueron mezcladas para conformar una sola muestra de las parcelas fertilizadas y otra de las parcelas sin fertilizar y en las que se adelantó un análisis de fertilidad en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Geociencias de la Universidad Nacional, sede Medellín.

Al día 40, 60, 70, 80, 90 y 110 de rebrote, se tomaron cinco plantas al azar de cada parcela en las que midieron el largo y el ancho de las hojas, el largo y ancho de los entrenudos, el ancho de los nudos, el peso de las hojas y de los tallos, la longitud total y el peso total de la planta y el área foliar de la tercera, cuarta y quinta hoja contadas a partir de la hoja más joven.

Así mismo, y simultáneamente con la cosecha de las plantas, se recolectaron dos metros lineales al azar dentro de cada parcela los cuales se pesaron y de los que se tomó una submuestra de aproximadamente dos kilogramos que se empacaron en bolsas plásticas y se llevaron bajo refrigeración, el mismo día o al día siguiente de la cosecha, hasta el Laboratorio de Control de Calidad de la Planta de Concentrados de la Cooperativa Colanta en donde se secaron a 60°C por 24 horas y en los que se determinó la concentración de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (Cen) por los procedimientos descritos por la AOAC (1990). Así mismo se determinó la concentración de fibra en detergente neutro (FDN) y la fibra en detergente ácido (FDA) por los procedimientos descritos por Van Soest y Robertson (1985). En los residuos de la FDN y la FDA se determinó la concentración de nitrógeno para obtener el nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN) y en detergente ácido (NIDA). En el laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional, sede Medellín, se determinó la concentración de lignina (Van Soest y Robertson, 1985). Basado en la composición química del pasto se estimó el contenido de nutrientes digestibles totales (NDT) y la Energía Neta de Lactancia (ENL) (NRC, 2001).

Así mismo, se realizaron pruebas de degradabilidad ruminal de la MS y de la PC a muestras del pasto tomadas a los 70, 90 y 110 días de rebrote mediante la técnica *in situ* (Ørskov y McDonald, 1979).

Resultados

3.1. Análisis de suelos.

En la tabla 4 se presentan los resultados del análisis de fertilidad de los suelos de las parcelas F y SF. Como se puede observar, el contenido de materia orgánica (MO), Ca, Mg, K y P, fueron más altos en el suelo de las parcelas F. Sin embargo, aún en las parcelas que no recibieron fertilización orgánica, el contenido de estas fracciones se puede considerar alto (León, 1994; Mendoza, 1980).

la finca Guamurú se recolecta el 40% de las excreciones diarias de las 80 vacas que están en producción y que estas se aplican diariamente a un sector con un área aproximada de 177.5 m².



Tabla 4.
Análisis de fertilidad de suelos de las parcelas experimentales.

Parcelas	Textura			Clase	pH	MO %	Al	Ca	Mg	K	P
	A	L	Ar								
F	86	12	2	A	5.3	44	1.3	24.4	5.1	0.83	178
SF	72	22	6	FA	5.4	33	1.3	8.9	0.8	0.21	57

3.2. Evaluación agronómica.

En la tabla 5 se presentan los resultados del efecto de la fertilización sobre el desarrollo de las hojas y los tallos del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en donde se aprecia que la fertilización orgánica afectó significativamente todas las variables evaluadas. Es así como se observa que la producción de materia verde (MV) fue 3.6 veces mayor en las parcelas F que en las SF. Así mismo se encontró que la longitud, el ancho y el peso tanto de las hojas como de los tallos fue mayor en las parcelas F al igual que el ancho de los nudos. Estos resultados implicaron que tanto la longitud como el peso de las plantas y el área foliar del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) fueran mayor en las parcelas F que en las SF (ver tabla 6).

Tabla 5
Efecto de la fertilización orgánica sobre el desarrollo promedio de las hojas y los tallos del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte.

Parcelas	Hojas				Tallos			Ancho del nudo
	MV Ton/ha	Longitud cm	Ancho mm	Peso gr	Longitud cm	Ancho mm	Peso gr	
F	11.75	72.84	23.8	74.2	8.72	10.25	128.45	11.37
SF	3.24	63.72	21.8	45.42	4.42	9.00	40.75	9.7
Promedio	7.49	68.2	22.8	59.8	6.71	9.67	86.9	10.57
p^1	0.002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
C.V. ²	56.68	11.56	10.8	45.47	25.36	16.09	52.69	18.22

¹ p : nivel de probabilidad; ² C. V.: coeficiente de variación.

Tabla 6
Efecto de la fertilización orgánica sobre el desarrollo promedio de la planta del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte.

Parcelas	Altura de la planta cm	Peso de la planta gr	Relación Hoja : Tallo Gr : gr	Área foliar cm ²	Relación L : A hoja ¹ cm : cm
F	165.9	162.5	0.87	447	30.83
SF	118.2	70.28	1.88	331.53	29.03
Promedio	141.8	116.4	1.35	389.26	29.92





p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.02
C.V.	12.65	50.07	53.12	23.37	14.1

¹ L : A hoja = longitud : ancho de las hojas

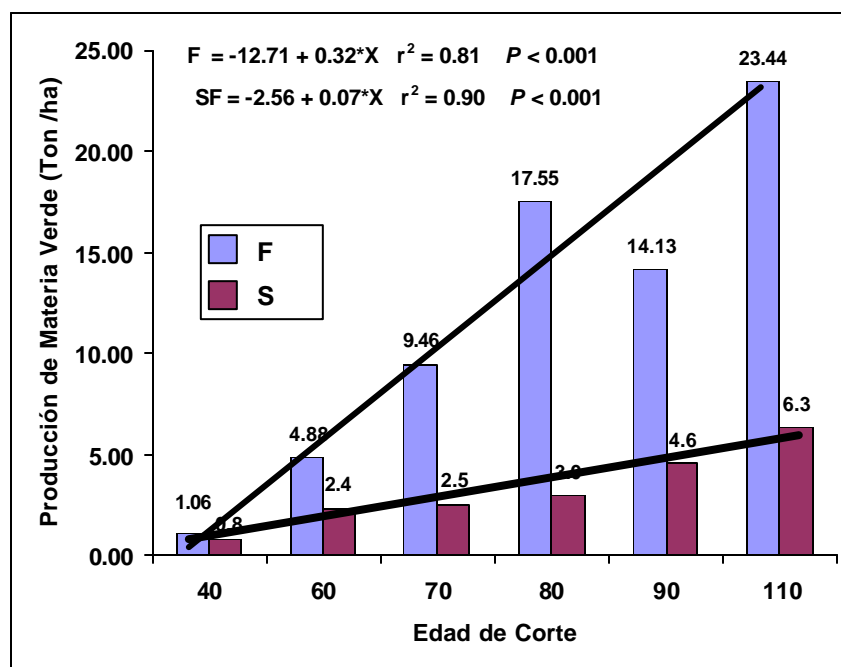
En vista de las diferencias entre las parcelas F y SF, el análisis del efecto de la edad sobre las variables agronómicas evaluadas se realizó de manera separada para estas parcelas.

Al analizar la evolución en la producción de MV al avanzar la edad de corte, se observa que mientras que en las parcelas F la tasa de crecimiento fue de 320 kg/ha/d, en las SF dicho crecimiento fue de tan solo 70 kg/ha/d (ver figura 4). Los valores relativamente altos de los coeficientes de determinación indican, además, una alta asociación entre la edad de corte y la producción de materia verde que, por lo menos durante el periodo de evaluación considerado, mostró un crecimiento completamente lineal.

La velocidad de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) se expresa no solamente en la producción de materia verde, si no, además, en el desarrollo de los órganos vegetativos (hojas y tallos).

Figura 5

Variación en la producción de materia verde del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte cuando es fertilizado (F) y cuando no es fertilizado (SF) con materia orgánica.



En la figura 6 se puede observar la evolución en el crecimiento de la longitud de las hojas a medida que avanzó la edad de corte entre las parcelas F (figura 6 L-F) y las SF (figura 6 L-SF). Se apreciar que en ambos casos el crecimiento fue





curvilíneo y que la máxima longitud de las hojas se alcanza simultáneamente (115 días) pero que esta es mayor en las parcelas F (88.5 cm) que en las parcelas SF (77.3 cm). La tasa de crecimiento en el ancho de las hojas fue igualmente mayor en las parcelas F (figura 6 A-F) pero, al contrario de lo observado con la longitud de las hojas, el crecimiento en el ancho de las mismas fue lineal.

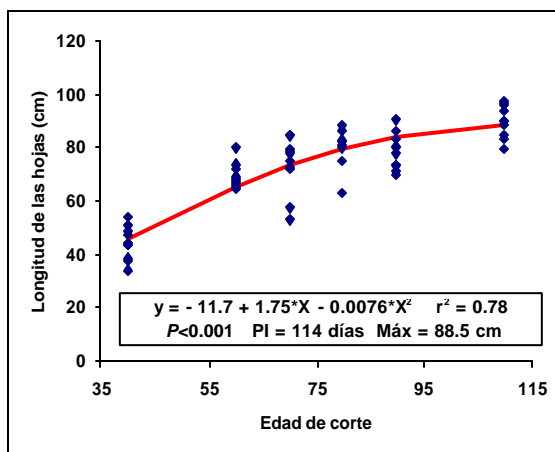
La relación entre la longitud y el ancho de la hoja se considera una característica importante para la identificación taxonómica de las gramíneas y, aunque se esperaba que fuera menos variable que la longitud o el ancho de las hojas (Häfliger & Scholz 1980) los resultados mostraron, al contrario, una mayor variación en esta relación (tabla 6 y figura 6). Esto indica que el crecimiento de las hojas no es proporcional y que estas crecen más a lo largo que a lo ancho.

El ancho de los nudos y la longitud de los tallos se incrementaron de manera lineal entre el día 40 y 110 de corte siendo mayor la tasa de incremento en las parcelas F que en las SF (figura 7). Aunque la tasa de crecimiento en el ancho de los tallos también fue superior en las parcelas F, el análisis estadístico indica que este crecimiento se detiene más rápidamente en estas parcelas (108 días) que en las SF (182.6 días).

Figura 6.

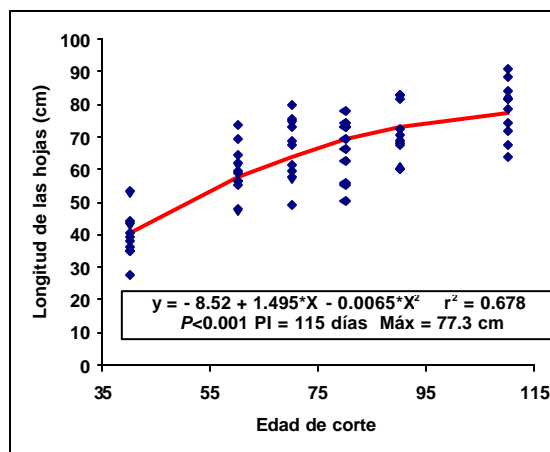
Variación en la longitud (L), el ancho (A) y la relación L : A de las hojas del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte cuando es fertilizado (F) y cuando no es fertilizado (SF) con materia orgánica.

L-F



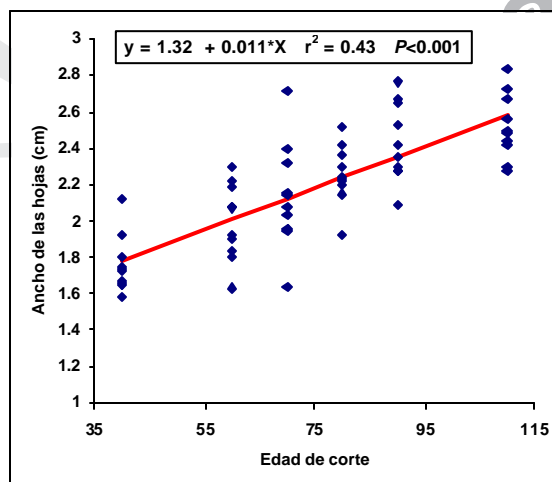
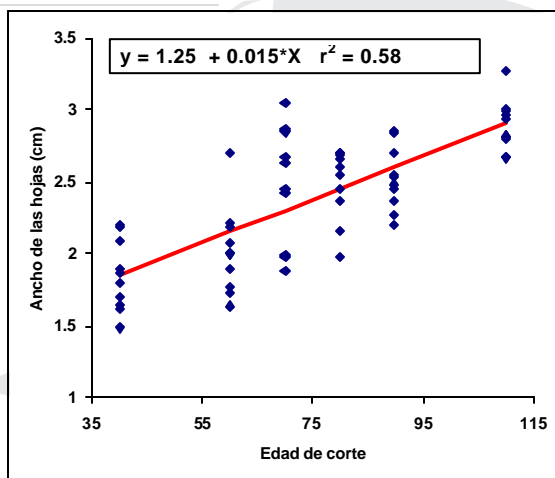
A - F

L-SF

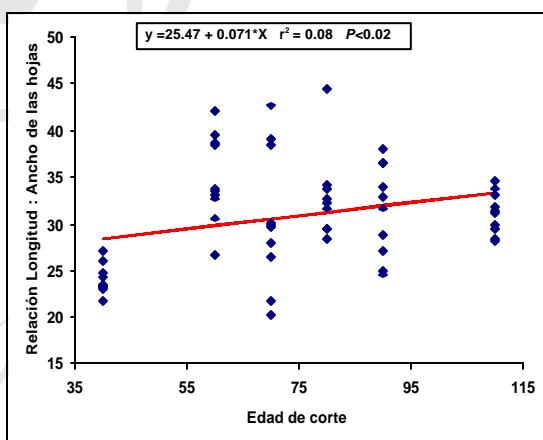


A - SF





L : A F



L : A SF

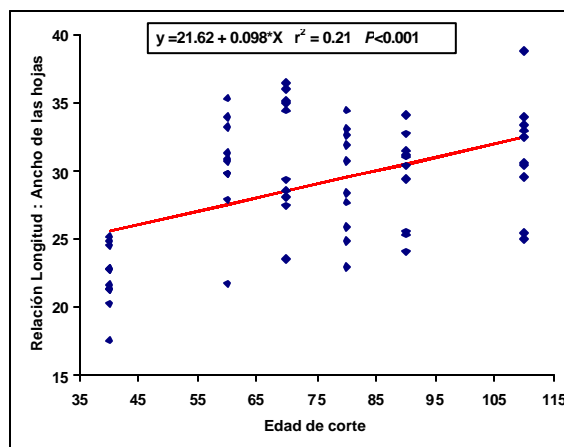
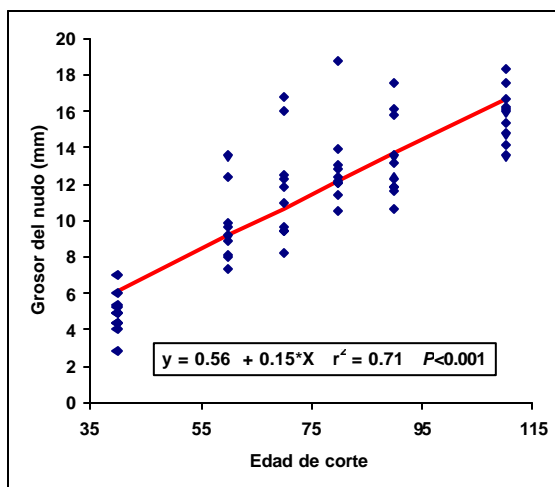


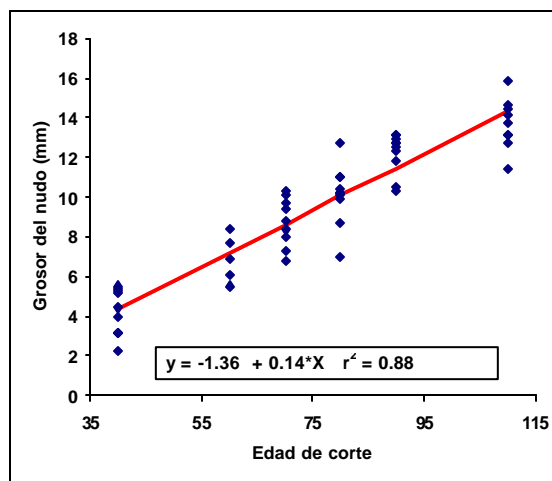
Figura 7

Variación en el ancho de los nudos (AN), el ancho de los tallos (AT) y la distancia entre nudos (L) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte cuando es fertilizado (F) y cuando no es fertilizado (SF) con materia orgánica.

AN-F

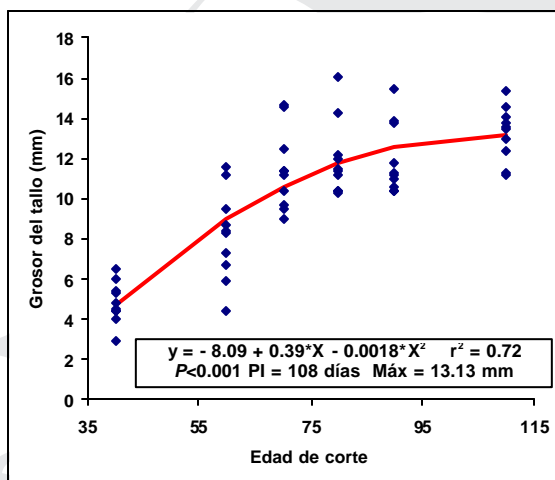


AN-SF

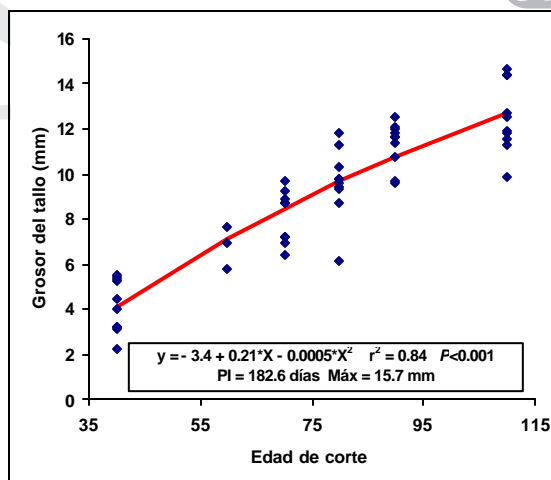




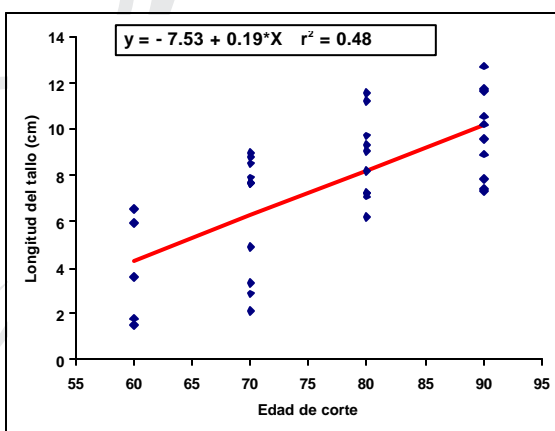
AT-F



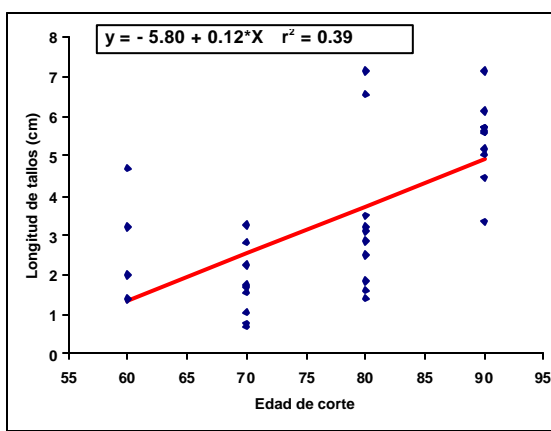
AT-SF



L-F



L-SF



En la figura 8 se puede apreciar la evolución en el peso de las hojas, el peso de los tallos y relación hoja : tallo del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte en las parcelas F y SF. Los datos indican que aunque la tasa de incremento en el peso de las hojas es mayor en las parcelas F (1.75 gr/día) en comparación con las SF (1.02 gr/d), la tasa de incremento en el peso de los tallos fue aún mayor en las parcelas F (4.23 gr/d), lo que determinó que la relación hoja : tallo se redujera más rápidamente en dichas las parcelas (-0.0136 gr : gr/d).

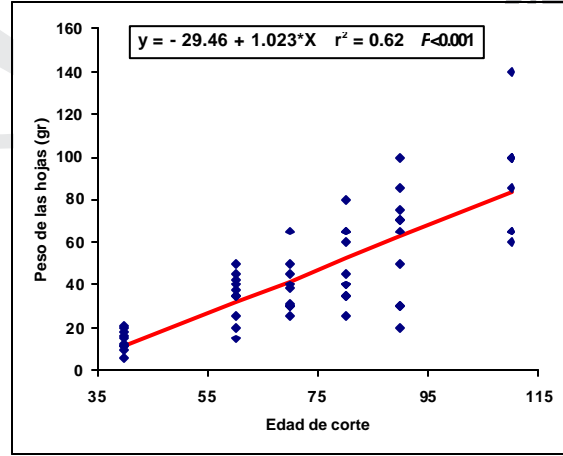
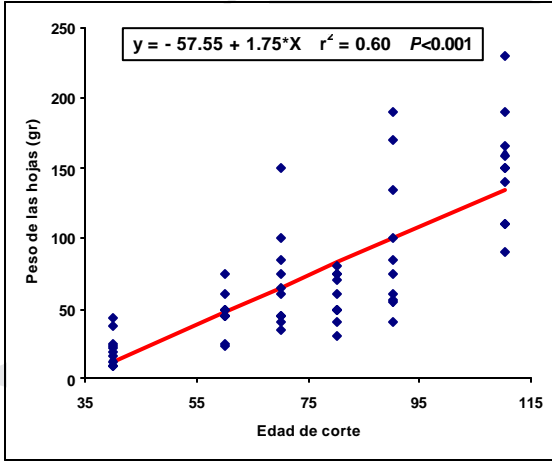
Figura 8

Variación en el peso de las hojas (PH), peso de los tallos (PT) y relación hoja : tallo (H : T) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte cuando es fertilizado (F) y cuando no es fertilizado (SF) con materia orgánica.

PH - F

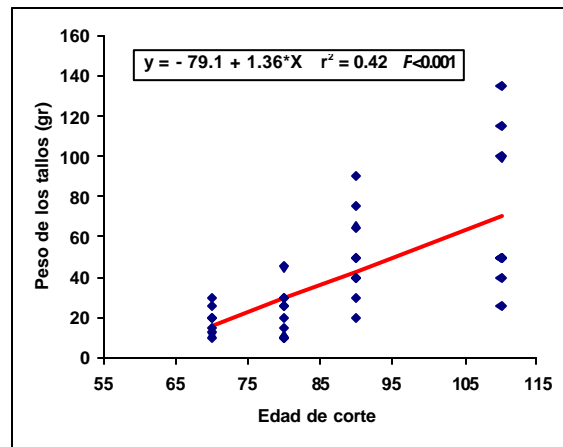
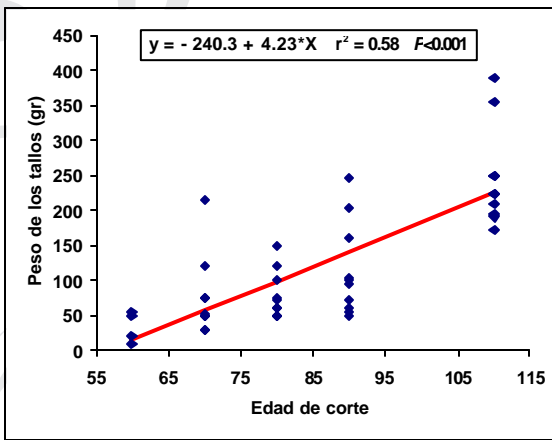
PH - SF





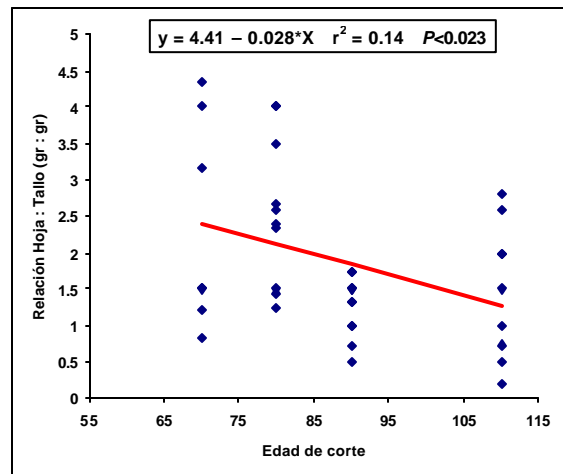
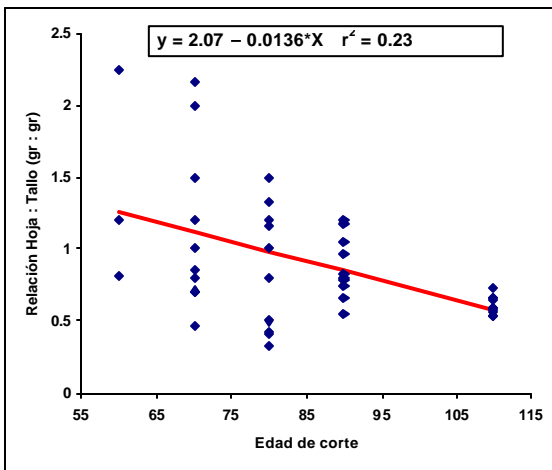
PT – F

PT – SF



H:T F

H:T SF



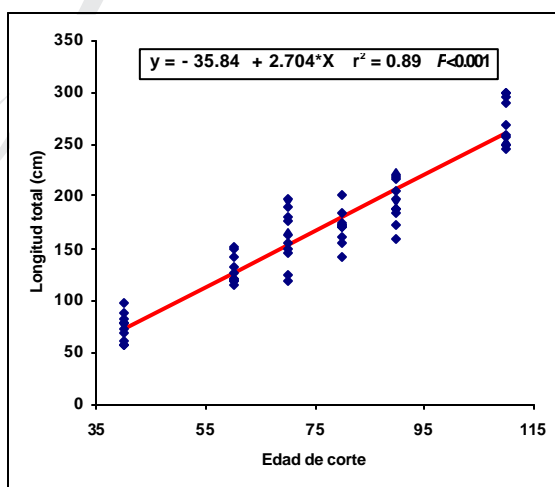


La altura de la planta mostró un incremento lineal siendo mayor en las parcelas F (2.704 cm/d) en comparación con las SF (1.67 cm/d) (ver figura 9). El comportamiento en el peso de la planta fue cuadrático en las parcelas F en comparación con las SF. Esto fue debido posiblemente a una marcada respuesta a las precipitaciones ocurridas entre el día 90 y 110 de corte en las plantas de las parcelas F y que le significaron un marcado incremento en el peso de las mismas en comparación con la respuesta mostrada con las parcelas SF. Esto estaría indicando que el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es una gramínea muy exigente no solamente en nutrientes si no, además, en riego.

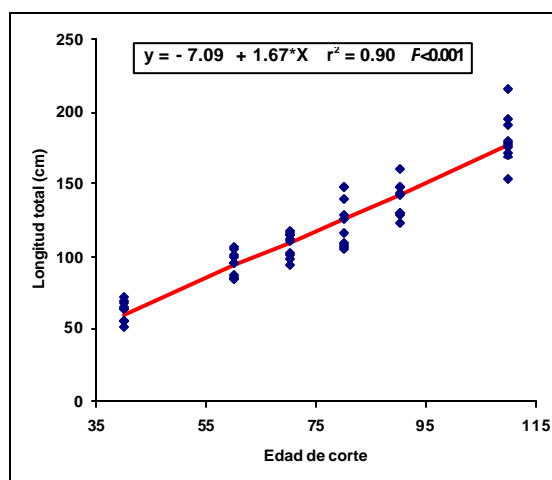
Figura 9

Variación en altura (A) y el peso de la planta (P) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte cuando es fertilizado (F) y cuando no es fertilizado (SF) con materia orgánica.

A-F



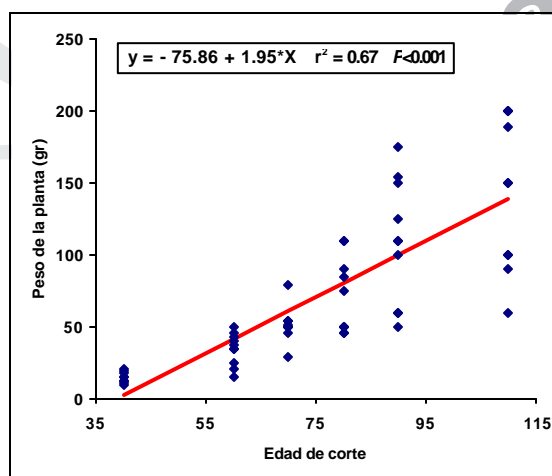
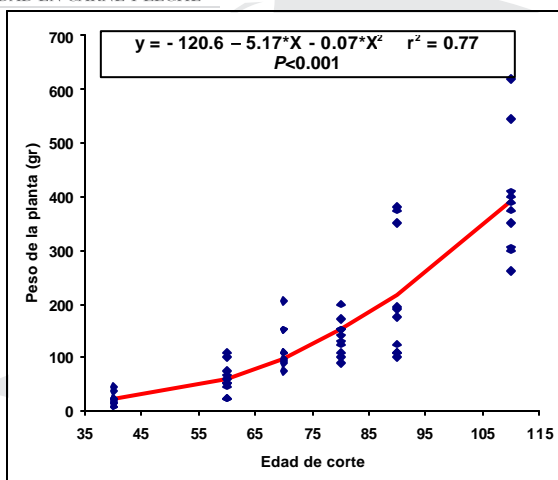
A-SF



P-F

P-SF

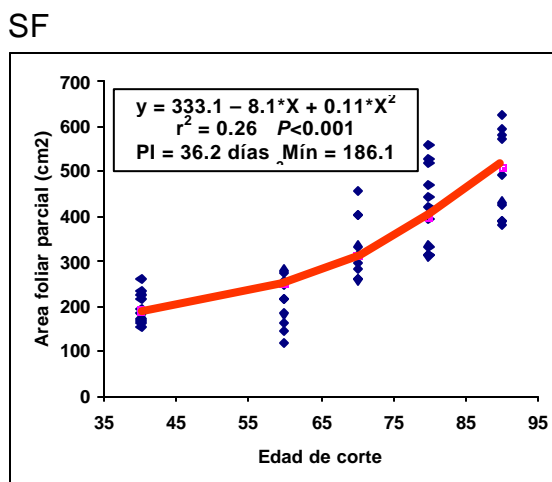
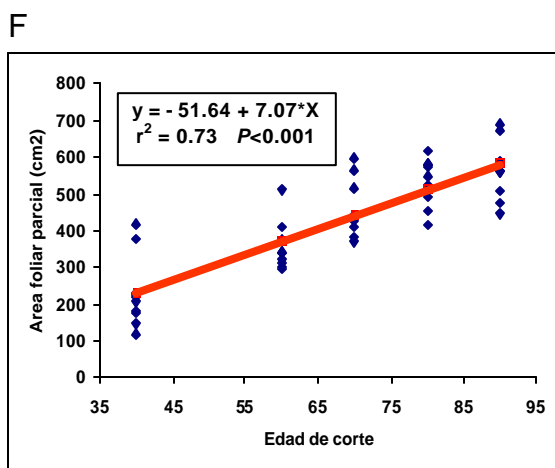




En la figura 10 se observa que el incremento en el área foliar en las parcelas F fue lineal mientras que el de las parcelas SF fue cuadrático mostrando un leve incremento hasta los 60 días de corte, a partir del cual este fue mayor.

Figura 10

Variación en el área foliar parcial del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 90 de corte cuando es fertilizado (F) y cuando no es fertilizado (SF) con materia orgánica.



3.3. Composición química promedio.

En la tabla 7 se presentan los resultados del efecto de la fertilización sobre la composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*). Como se puede





apreciar, a diferencia de lo sucedido con el comportamiento agronómico, excepto para la PCIDA, la fertilización no afectó la composición química de este pasto.

El contenido de MS es mucho más bajo que el reportado para el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (Gaitán y Pabón, 2003; Osorio, 1998) pero similar a algunos de los datos reportados por Carulla *et al* (2004) en la tabla 1. Esto tiene fuertes implicaciones en el valor nutricional y alimenticio de este pasto ya que en la medida en que se reduzca el contenido de la MS, en esa medida se reduce la densidad de nutrientes.

Tabla 7
Efecto del nivel de fertilización orgánica sobre la composición química promedio del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte.

Parcelas	MS	PC	EE	Cen	FDN	FDA	FDN:FDA	PCIDN	PCIDA	Lig	CNF
F	11.79	18.41	2.90	12.95	56	37.96	1.49	7.26	4.01	7.27	23.95
SF	12.11	22.05	3.40	9.75	53.9	35.8	1.49	8.71	6.36	6.84	19.8
Promedio	11.95	20.23	3.15	11.35	54.57	36.81	1.49	7.94	5.11	7.03	21.77
<i>p</i>	0.63	0.12	0.13	0.06	0.3	0.39	0.96	0.54	0.008	0.83	0.18
C.V.	12.6	24.9	22.64	27.67	10.25	14.67	9.56	60.9	31.3	42.26	29.55

Es conocido que el contenido de humedad de los forrajes puede constituirse en un limitante para el consumo de materia seca (CMS) (NRC, 1989). En ese sentido, se podría presumir que en igualdad de condiciones podría existir un menor CMS en pastos suculentos frente a pastos con mayor contenido de MS. De hecho, el alto contenido de humedad en los pastos de clima frío altamente fertilizados podría ser un limitante mucho mayor que el contenido de PC y de FDN, tanto para el CMS como para la producción de leche.

El contenido promedio de PC del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado entre el día 40 y 90 fue tan alto como el reportado para el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y el pasto ryegrass (*Lolium perenne*) en la zona norte (Osorio, 1998) y para el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el oriente de Antioquia (Soto *et al*, en publicación). Dichos valores superan los requerimientos de vacas con altos niveles de producción de leche (NRC, 2001) generando problemas productivos (Correa y Cuéllar, 2003), reproductivos (Butler, 1998), metabólicos (Correa y Cuéllar, 2003) y ambientales (Knowlton, 1998).

El contenido de EE del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) hallado en este trabajo se encuentra dentro de los valores esperados que según Van Soest (1994) debe ser entre 1 y 4% de la MS. Este autor (Van Soest, 1994) indica que el EE en los forrajes está compuesto por triacilglicéridos en las semillas y galactolípidos y fosfolípidos en las hojas. Esto es de suma importancia al momento de estimar el aporte energético que hacen los alimentos a partir del EE debido a que el modelo del NRC (2001) establece una diferencia entre aquellos que poseen contenidos altos de triacilglicéridos frente a aquellos que poseen bajos contenidos de estos compuestos.





El contenido de cenizas del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) también estuvo dentro del rango esperado con valores muy similares a los reportados por otros (Gaitán y Pabón, 2003; Osorio, 1998; Sierra y Zabala, 2000; Soto *et al*, en publicación) para muestras de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

El contenido de FDN, por su parte, fue menor que los valores reportados por Carulla (2004), Osorio (2004) y Betancur (2004) para esta gramínea y que los reportados por Osorio (1996) y Soto *et al* (en publicación) para muestras de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) pero fueron ligeramente más altos que los encontrados por Montoya *et al* (en publicación) y Gaitán y Pabón (2003) en muestras de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Químicamente, la FDN esta conformada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina pero además presenta cantidades variables de proteínas, pectinas y cenizas ligadas a esta fibra (Mertens, 1996). La digestibilidad de la FDN es mucho menor que la de los solubles en la FDN y por tanto el aporte de energía es menor en la medida en que el contenido de FDN se incrementa (NRC, 2001). Por otro lado, y dado que el contenido de FDN está correlacionado positivamente con la densidad del forraje y el llenado del rumen, un mayor contenido de FDN significa un menor consumo de materia seca (CMS) (Mertens, 1987; Belyea *et al*, 1996). Belyea *et al* (1996) reportaron que el contenido de FDN en el rumen de vacas lecheras corresponde al 1.1 a 1.2 % del peso vivo del animal. Así, basados en esta relación, estos autores sugieren que el CMS máximo se puede estimar con base en la concentración de FDN del forraje ($CMS = 1.2 / FDN\%$).

La FDA promedio hallada en este trabajo también fue menor que la reportada por Carulla (2004) y por Osorio (2004) para esta gramínea pero mayor que la reportada por Osorio (1996, 2004) y Soto *et al* (en publicación) para pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). A diferencia de la FDN, la FDA está compuesta por celulosa y la mayor parte de la lignina y presentan contenidos variables de pectina, hemicelulosa, cenizas y proteínas asociadas a esta fracción de la fibra (Mertens, 1996). El contenido de la FDA se ha correlacionado más estrechamente con la digestibilidad de la MS ($r = -0.75$) que la concentración de la FDN (Van Soest *et al*, 1978), por ello se ha utilizado con más frecuencia para estimar el contenido de energía de los forrajes (Belyea *et al*, 1996; Weiss, 1999). Actualmente es muy utilizado para estimar el valor relativo de los forrajes (Linn *et al*, 1989).

La relación entre el FDN y la FDA fue muy constante entre todas las muestras analizadas lo que estaría indicando una constancia en el contenido relativo de hemicelulosa en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*).

Las proteínas asociadas al FDN (PCIDN) y al FDA (PCIDA) fueron más altas que los valores reportados por Gaitán y Pabón (2003) y Soto *et al* (en publicación) para pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). La importancia de estas fracciones reside en que son utilizadas para la estimación de la digestibilidad verdadera de los carbohidratos no estructurales (CNE) la primera, y la digestibilidad verdadera de la PC, la segunda en el modelo del NRC (2001) para calcular el contenido





energético de los alimentos. La relación entre estas fracciones y la energía es negativa de tal manera que un mayor contenido de estas fracciones implica un menor contenido energético del forraje.

El contenido de lignina es muy similar al obtenido por Soto *et al* (en publicación) en pasto kikuyo. La lignina es un polímero fenólico que no puede ser digerido por las enzimas de los mamíferos (Van Soest, 1994) y, por mecanismos aún no completamente comprendidos (Morrison, 1983), inhibe la digestión de los componentes de las paredes celulares siendo más pronunciado su efecto en forrajes maduros (Fukushima y Dehority, 2000). Es por ello que el contenido de lignina ha sido utilizada para estimar la digestibilidad de la fibra y, a partir de esta, el aporte de energía disponible de la FDN (NRC, 2001).

El contenido estimado de CNF de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es más alto que el que se puede estimar en pasto kikuyo a partir de los datos publicados por Soto *et al* (en publicación) utilizando la propuesta del NRC (2001). Los CNF normalmente son estimados por diferencia entre la materia seca y los demás componentes químicos existiendo dos aproximaciones (Texeira y de Andrade, 2001). En la primera, al 100% de la MS se le resta la concentración de PC, FDN, EE y Cen (Mertens, 1996). En una segunda aproximación, a la FDN se le corrige el contenido de PCIDN (NRC, 2001). Esta última, que fue la que se aplicó en este trabajo, es la más correcta por que evita contabilizar en dos ocasiones el contenido de PCIDN y con ello, la subestimación de los CNF. Dado que los CNF presentan una alta digestibilidad, en la medida en que se incrementa el contenido de estos, en esa medida lo hará el contenido energético del alimento (NRC, 2001).

3.4. Índice del Valor Relativo.

Dado que los forrajes son la base de la alimentación de los rumiantes, es fundamental establecer la calidad nutricional de los mismos. Con esta finalidad se han desarrollado algunos índices tales como el Índice de Valor Nutritivo, el Consumo Estimado de Energía Digestible, el Índice de Calidad Forrajera y el Índice de Valor Relativo de los Forrajes (Moore, 1994). Cada uno de estos incluye una estimación del CMS y de la energía disponible asumiendo que el forraje fuera la única fuente de nutrientes para el animal. Esto es debido a que tanto el CMS como la energía disponible son de los principales factores que afectan el desempeño productivo de los animales (Moore y Undersander, 2002).

Como se señaló anteriormente, la FDN se ha asociado con el CMS en tanto que la FDA con la energía disponible. Basados en estas relaciones, Linn *et al* (1989) desarrollaron uno de los índices de calidad de forrajes más utilizado: el Valor Relativo de Forrajes (VRF) (Calsamiglia, 1997).

El CMS máximo es estimado con base en el contenido de FND según la siguiente ecuación:

$$CMS (\% PV) = 120/FND(\%MS)$$





La digestibilidad de la MS (un indicador del contenido de energía disponible) se calcula en función del contenido en FAD:

$$DMS (\%) = 88,9 - (0,779 \times FAD, \%)$$

El valor relativo de los forrajes (exceptuando el ensilado de maíz) se calcula como:

$$VRF = (DMS \times IMS) / 1,29$$

donde MS=materia seca; IMS=ingestión de MS; DMS=digestibilidad de la MS.

El valor obtenido es un índice que no tiene unidades, pero que permite comparar la calidad (entendida como la capacidad de un forraje de generar una respuesta productiva) de leguminosas, gramíneas y sus mezclas, bien sean en fresco, ensiladas o henificadas (Calsamiglia, 1997; Moore y Undersander, 2002; Texeira y de Andrade, 2001). Este sistema de valoración ha sido adoptado oficialmente por el *American Forage and Grassland Council* como criterio de valoración de la calidad de los forrajes. Basados en este concepto se estimó el VRF de la maralfalfa cuyos datos se presentan en la tabla 8.

Tabla 8.
Índice de Valor Relativo del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*).

Parcelas	VRF
F	103.3
SF	107.8
Prom	105.6
<i>p</i>	0.32
C.V.	16.3

En la tabla 9 se presentan los VRF para varios forrajes utilizados en el país en la alimentación de ganado de leche.

Tabla 9
Estimación del Índice de Valor Relativo de algunos forrajes utilizados en Colombia para la alimentación de ganado de leche.

Forraje	FDN	FDA	VRF	Autor
Kikuyo	52.5	35	108.0	Gaitán y Pabón, 2003
Kikuyo	56.6	30.40	106.2	Soto et al, en publicación
Kikuyo	56.1	30.5	107.0	Osorio, 2004
Kikuyo + Ryegrass	51.7	29.2	118.0	Osorio, 2004





Ryegrass	46.4	30.9	128.7	Gaitán y Pabón, 2003
Estrella	67.8	39	79.2	Osorio, 2004
Alfalfa	52.8	34.6	107.9	Osorio, 2004
Maralfalfa	68.5	46.5	70.3	Osorio, 2004
Guinea-India	70.3	43.8	71.3	Osorio, 2004
Sorgo	73.5	49.8	62.2	Osorio, 2004
Maíz	75.7	48.1	62.0	Osorio, 2004
Falsa Poa	63.6	42.4	80.5	Gaitán y Pabón, 2003

El la tabla 10 se muestra la clasificación por calidad de estos forrajes de acuerdo con Linn *et al* (1989).

Tabla 10
Clasificación forrajes para ganado de leche según el Índice de Valor Relativo de acuerdo con Linn *et al* (1989).

Clasificación	FDN	FDA	VRF
Excelente	<41	<31	>151
Primera	40 – 45	31 – 35	151 – 125
Segunda	47 – 53	35 – 40	124 – 103
Tercera	54 – 60	41 – 42	102 – 87
Cuarta	51 – 65	43 – 45	86 – 75
Quinta	>65	>45	<75

Basados en la clasificación de la tabla 10 y en los datos mostrados en las tablas 8 y 9, se puede considerar a la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) como un pasto de segunda categoría similar al kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) pero de menor categoría que el Ryegrass (*Lolium perenne*). El VRF, sin embargo cambia con la edad de corte en la medida en que cambian las concentraciones de FDN y FDA, como se verá más adelante.

5. Cambios en la composición química con la edad de corte.

Debido a que, excepto para el caso de la PCIDA, el tipo de fertilización no afectó la composición química de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) (ver tabla 7), el análisis de la evolución de dicha composición química a medida que fue avanzando la edad de corte, se realizó con todos los datos. A diferencia de las fracciones químicas, el contenido de MS no se modificó con la edad de corte (figura 11).

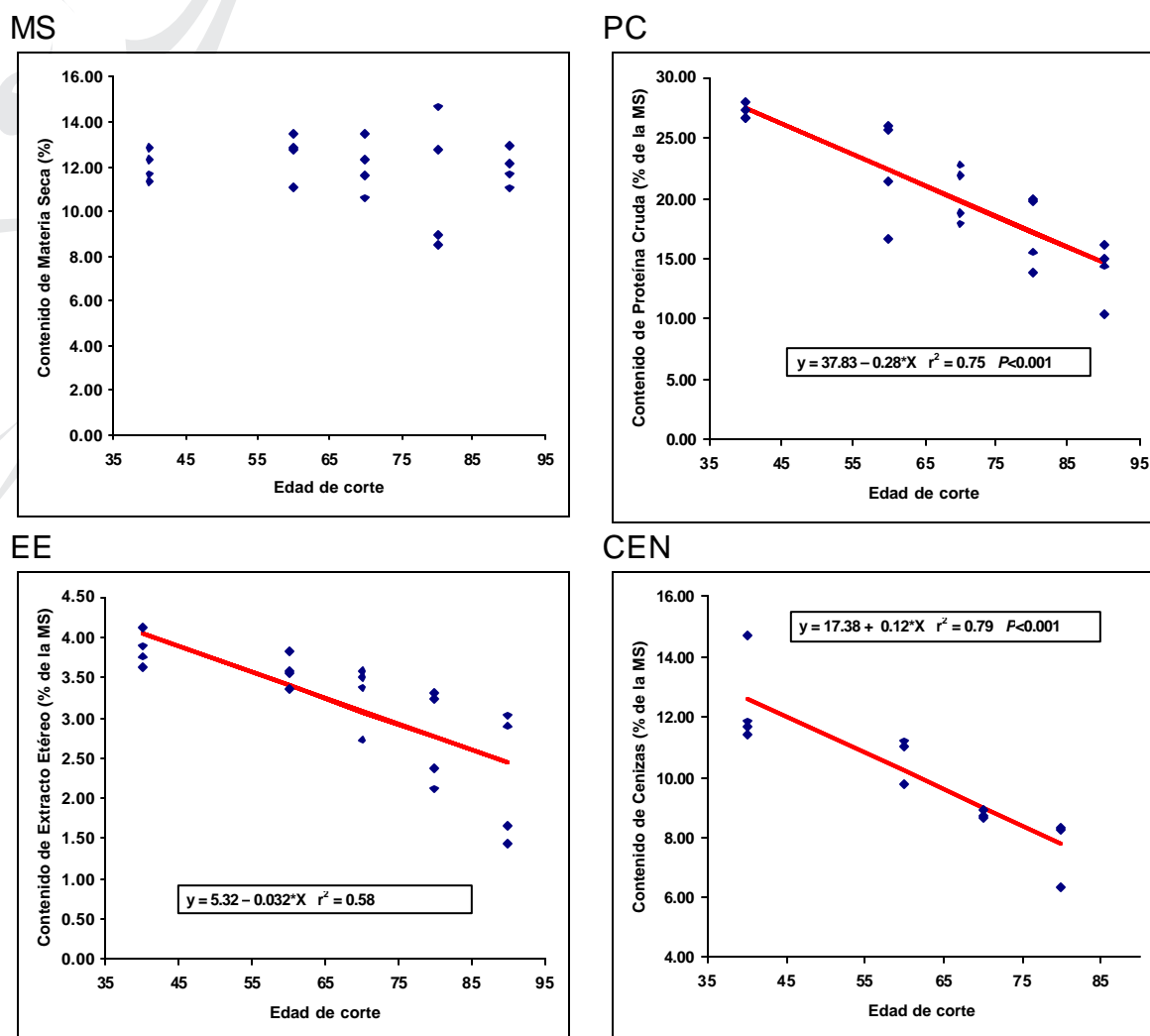
Otros autores han reportado un incremento en el contenido de MS en otros pastos de corte a medida que estos maduran (Braga *et al*, 2001). La concentración de PC, a diferencia de la MS, se modificó con la edad de corte mostrando una reducción lineal desde un valor inicial de 27.5% a los 40 días hasta uno de 14.6% a los 90 días de corte. La concentración del EE y de las Cen también disminuyó durante el periodo de evaluación. Esta disminución en el contenido de PC, EE y Cen ha sido reportado por otros autores en pastos como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (Naranjo, 2002) y el elefante (*Pennisetum purpureum*) (Braga *et al*, 2001). Otros autores, sin embargo, han señalado que pastos de crecimiento rizomatoso como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) tienen a conservar por más





tiempo la composición química (Soto *et al*, en publicación; Zapata, 2000). La concentración de FDN y FDA, por el contrario, se incrementó durante el periodo de evaluación con un promedio inicial de 47.4 y 29.4% a los 40 días, respectivamente, hasta alcanzar valores de 58.9 y 40.9% de FDN y FDA a los 90 días, respectivamente (Figura 12). El incremento en el contenido de estas fracciones también ha sido reportado en kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (Naranjo, 2002) y elefante (*Pennisetum purpureum*) (Braga *et al*, 2001).

Figura 11
Variación en el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CEN) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 90 de corte.



El incremento en las concentraciones de la FDN y la FDA determinaron la disminución en el VRF de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) tal y como se puede apreciar en la figura 13. En esta figura se muestra que este pasto permaneció como de primera categoría hasta aproximadamente los 44 días de corte, de segunda categoría hasta poco más de 71 días de corte y de tercera categoría hasta los 90 días de corte. Esto indicaría que a una misma edad de corte (40

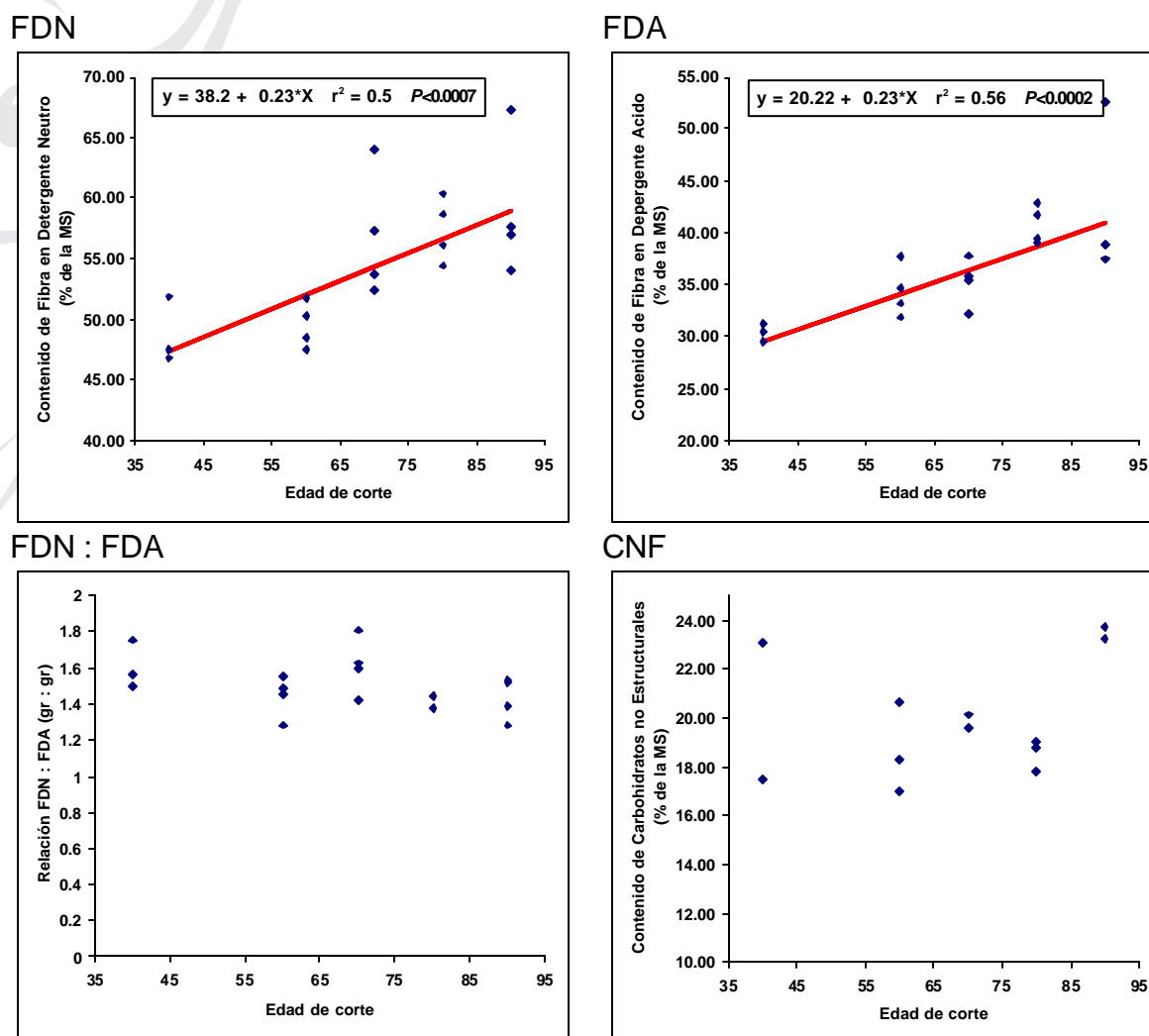




días), el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) tendía un VRF superior al kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y comparable al del Ryegrass (*Lolium perenne*). Sin embargo, a la edad en que normalmente el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) se cosecha en la zona norte de Antioquia (80 a 90 días de rebrote), presenta un VRF inferior al pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado, así mismo, a la edad de corte más frecuentemente, es decir, alrededor de los 40 días de rebrote.

Figura 12

Variación en el contenido de fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), relación entre la FDN y la FDA (FDN:FDA) y carbohidratos no estructurales (CNE) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 90 de rebrote.



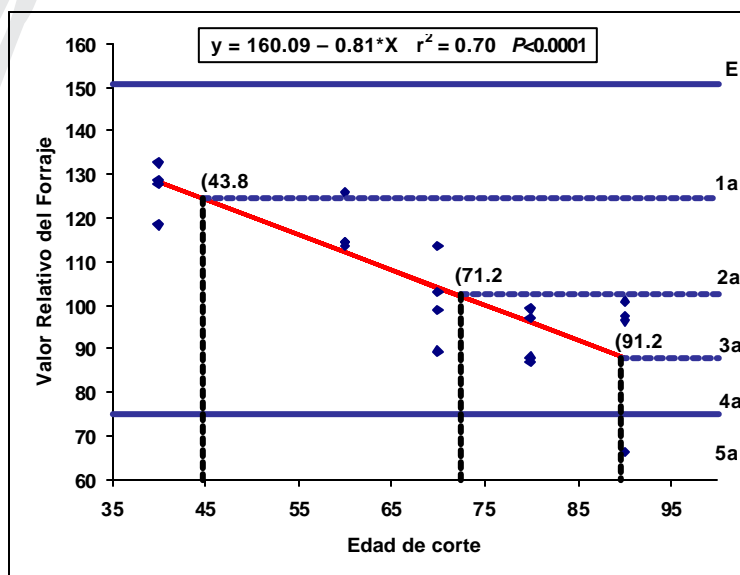
La relación entre la FDN y la FDA se mantuvo a lo largo del periodo de evaluación al igual que la concentración de CNF (figura 12). Estos últimos se localizan preferentemente en las raíces y los tallos basales (Botrel y Gomide, 1981), tratándose principalmente de monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (sacarosa y maltosa) y polisacáridos como almidones y fructosanas (Smith, 1973). La principal función de los CNF es la de constituirse en la energía de reserva para





el rebrote de las plantas (Tejos, 1996) con lo que habría de esperarse que varíen en función de la edad de corte. Es así como Tejos (1996) reportó una reducción en la concentración de CNF en gramíneas nativas de las sabanas venezolanas desde el corte hasta la tercera semana de rebrote a partir de la cual, la concentración de los mismos se fue incrementando paulatinamente.

Figura 13
Variación en el valor relativo del forraje del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 90 de corte.



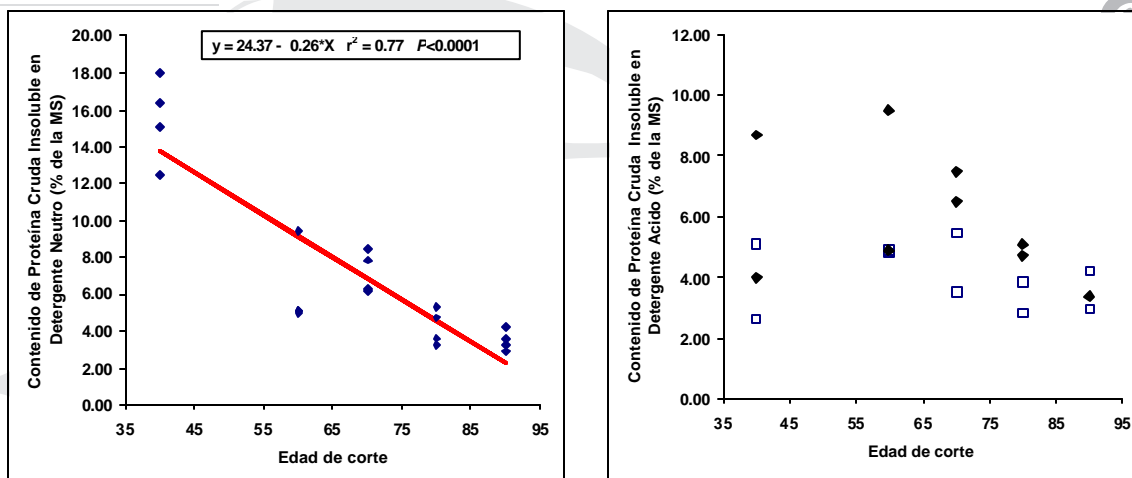
La concentración de PCIDN se redujo con la edad de corte en tanto que la PCIDA no se vio afectada (ver figura 14). La reducción en la concentración relativa de PCIDN puede ser debida a que la tasa de deposición de los componentes de las paredes celulares habría sido mayor que la de la PC ligada a la misma y, por lo tanto tal y como sucede con otros componentes químicos, esta se ve reducida en el análisis. Lo contrario pareciera haber sucedido con la PC ligada a la FDA, esto es, que la tasa con la que la PC se liga a la FDA habría sido similar a la deposición de los componentes de la misma FDA.

Figura 14
Variación en el contenido de proteína insoluble en detergente neutro (PCIDN) y de proteína insoluble en detergente ácido (PCIDA) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 90 de corte.

PCIDN

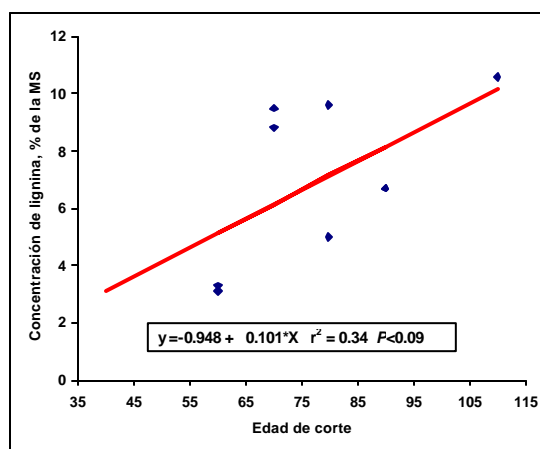
PCIDA





Como habría de esperarse, el contenido de lignina se incrementó con la edad de corte hasta alcanzar un valor máximo de 10.2% a los 110 días de corte (figura 15). Un comportamiento similar fue reportado por Braga *et al* (2001) para el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*).

Figura 15
Variación en el contenido de lignina del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte



3.4. Valor energético.

El contenido de energía fue estimado mediante el modelo del NRC (2001) el cual parte por calcular las digestibilidades verdaderas de las fracciones que aportan energía, esto es, los CNF, la PC, la FDN y el EE y, con base en estas, se calculan los NDT. Estos últimos son utilizados únicamente para corregir el contenido de energía digestible (ED), a partir de la cual se estima el contenido de ENI de los alimentos.





En la tabla 11 se muestran los resultados del efecto de la fertilización orgánica aplicada al pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) sobre su contenido de energía. Como se puede observar, no hubo diferencias significativas en el contenido de energía en las muestras de este pasto proveniente de las parcelas que fueron fertilizadas con materia orgánica en comparación con las muestras provenientes de las parcelas no fertilizadas. Sin embargo, los resultados sugieren la necesidad de revisar más en detalle las diferencias entre los promedios, particularmente el hecho de que en las parcelas SF este sea aparentemente superior al de las parcelas F.

Esto podría estar relacionado con las diferencias en la relación hoja : tallo observada entre las parcelas F y SF (tabla 6) que, como se señaló previamente, fue superior en las parcelas SF. El menor contenido de tallos con relación a las hojas observada en las parcelas SF implicaría una menor concentración de FDN y de FDA en comparación con las parcelas F. Estas diferencias, aunque aritméticamente fueron observadas, estadísticamente no fueron significativas (ver tabla 6) lo que significa que la concentración de estas dos fracciones (FDN y FDA) en los tallos de este pasto parecen no ser muy diferentes de las concentraciones en las hojas. Esto, sin embargo, no se estableció en este trabajo. La figura 16 muestra que efectivamente a medida que la relación hoja : tallo se incrementó, en esa misma medida lo hizo la concentración de la ENI de este pasto ($p < 0.09$).

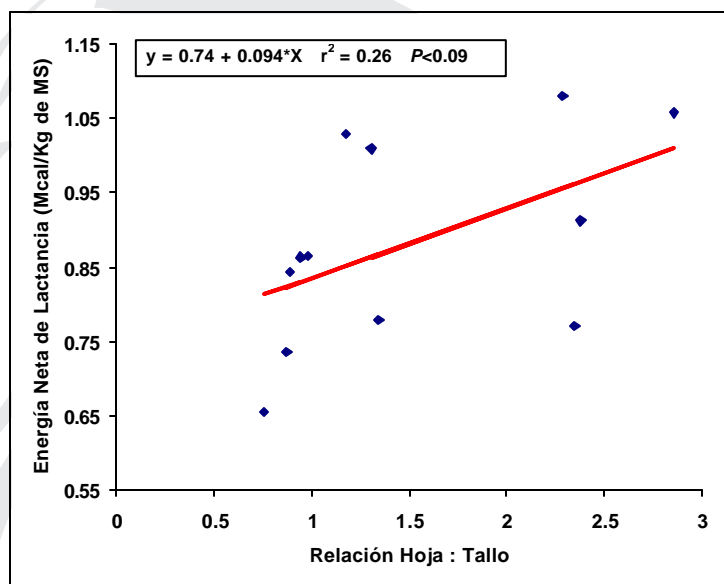
Tabla 11
Efecto de la fertilización orgánica sobre el contenido de NDT y ENI del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*).

Parcelas	NDT	ENI
F	53.97	0.952
SF	57.11	1.068
Prom	55.54	1.01
<i>p</i>	0.2	0.2
C.V.	9.62	19.67

El contenido promedio de la ENI hallado en este trabajo fue menor que el reportado por Osorio (2004) en muestras del mismo pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) y por Gaitán y Pabón (2003) para el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a los 40 días de corte.

Figura 16
Efecto de la relación hoja : tallo del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) con su concentración de energía neta de lactancia.



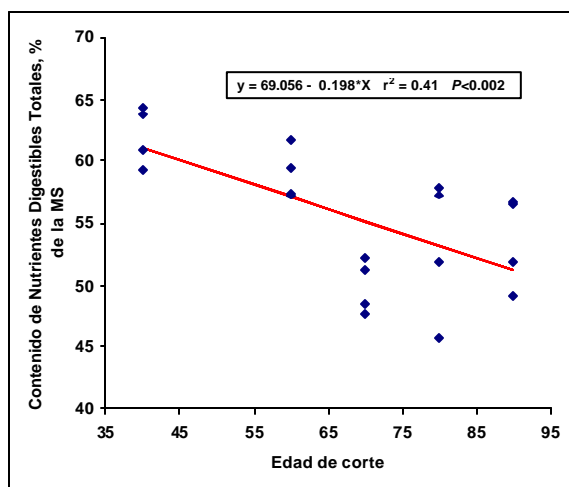


Al igual que las fracciones químicas, el contenido de energía del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) se modificó con la edad de corte.

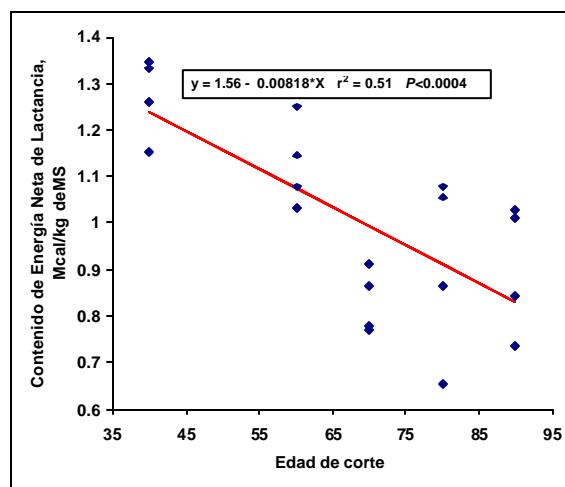
Como era de esperarse el contenido de NDT de la maralfalfa (*Pennisetum sp.*) se redujo al avanzar la edad de corte pasando de un promedio de 61.1% a los 40 días a un promedio de 51.2% a los 90 días de corte (figura 17). Como consecuencia de esto, el contenido de ENI también se redujo con la edad de corte pasando de 1.24 Mcal/kg de MS a los 40 días a 0.83 Mcal/kg de MS a los 110 días de corte (figura 17).

Figura 17
Variación en el contenido de nutrientes digestibles totales (NDT) y de energía neta de lactancia (ENI) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 90 de corte.

NDT



ENI





Esta disminución en el valor energético del maralfalfa (*Pennisetum sp.*) al avanzar la edad de corte, significa una menor capacidad de llenar los requerimientos de energía de los animales y una mayor capacidad de inhibir el CMS (Mertens, 1996). Esto implica que dicho pasto, como cualquier otro forraje, debe ser manejado estratégicamente para aprovechar la interacción entre su calidad nutricional y la producción de materia seca cosechándolo a edades más tempranas para suministrarlo a animales de mayores requerimientos, no obstante, el corte a edades demasiado tempranas puede afectar su capacidad de rebrote y afectar la producción de biomasa de las cosechas siguientes.

3.5. Degradabilidad ruminal de la MS y de la PC.

En la tabla 12 se presentan los resultados de la degradabilidad ruminal de la MS en tanto que en la tabla 13 se presentan los resultados para la PC. Los datos se obtuvieron mediante la técnica *in situ* y la estimación de los parámetros se realizó con base en el modelo Mitscherlich I (Kiviste *et al*, 2000)⁴.

Tabla 12
Valores promedio de los parámetros de cinética ruminal de la materia seca del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 70 y 110 de corte.

Parcelas	a	b	kd	c	MSDR	MSNDR
Fert	17.35	56.35	0.047	1.64	35	65.02
Sin fert	17.29	58.18	0.052	1.67	36.43	63.58
Prom	17.32	57.26	0.049	1.65	35.71	64.29
p	0.96	0.68	0.68	0.94	0.71	0.71
C.V.	7.66	8.97	26.34	22.12	12.55	6.94

a: fracción soluble; b: fracción potencialmente degradable; kd: constante de la cinética de degradación ruminal; c: punto de inflexión; MSDR: materia seca degradable en rumen; MSNDR: materia seca no degradable en rumen.

Tabla 13
Valores promedio de los parámetros de cinética ruminal de la proteína cruda del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 70 y 110 de corte.

Parcelas	a	b	kd	c	PDR	PNDR
F	34.56	39.90	0.057	1.73	47.83	52.17
SF	29.93	47.29	0.048	1.33	48.46	51.55
Prom	32.25	43.6	0.053	1.53	48.15	51.85
p	0.48	0.40	0.52	0.38	0.92	0.92
C.V.	23.64	22.43	32.00	33.31	15.94	14.84

⁴ Modelo Mitscherlich I: $a + b(1 - e^{-(kd \cdot t)})^c$





PDR: Proteína degradable en rumen; PNDR: proteína no degradable en rumen.

Como se puede apreciar, no hubo diferencias entre las parcelas F y SF para los parámetros de cinética ruminal de la MS ni de la PC. Tanto la fracción soluble (fracción *a*) como la potencialmente degradable (fracción *b*) presentaron menor variación que la constante de la cinética de degradación ruminal (*kd*) y que el punto de inflexión (constante *c*). La fracción *a* de la PC del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) fue más alta que la estimada por Betancurt (2004) para la PC de este mismo pasto y por Gaitán y Pabón (2003) para la PC del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Al contrario, la fracción *b* fue más baja. Al igual que los resultados encontrados en este trabajo, Fernández y Villa (2002) hallaron que la fracción *a* de la MS de hojas de yuca (*Manihot esculenta*) fue menor que la de la PC. Esto es debido a que en la MS están incluidas no solamente fracciones químicas de alta degradabilidad como los CNF y la PC, si no, además, fracciones de baja degradación en rumen como la FDN y la FDA y que al representar un porcentaje más alto de la MS, tienden a reducir la degradación promedio de la MS en el rumen. Es por ello que los datos de degradabilidad ruminal de la PC del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) (tabla 13) son mayor que los encontrados para la MS (tabla 12).

La *kd* de la MS fue menor que la reportada por Fernández y Villa (2002) para la MS de hojas de yuca (*Manihot esculenta*) mientras que la *kd* de la PC fue más alta que la reportada por Gaitán y Pabón (2003) para la PC del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y por Betancur (2004) para la PC de pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*). Aunque la *kd* no es la velocidad de degradación ruminal, si está directamente relacionada con la misma de tal manera que mientras mayor sea el valor de esta constante, mayor será la velocidad media de degradación ruminal (Correa, en publicación).

El punto de inflexión de la cinética de degradación de la MS y de la PC (constante *c*) es un indicador del tiempo de retraso para el inicio de la fase acelerada de la degradación ruminal y es equivalente al tiempo lag en el modelo de McDonald (1981) pero expresándolo de una manera biológicamente más aceptable (Cuartas y Naranjo (2004). Esta es la razón por la que se utilizó el modelo Mitscherlich I (Kiviste *et al*, 2000) para estimar los parámetros de cinética de degradación ruminal en lugar del clásico modelo atribuido a Ørskov & McDonald (1979) o el modelo de McDonald (1981).

La MS degradada en el rumen (MSDR) fue menor que la estimada a partir de los datos publicados por Fernández y Villa (2002) para la MS de hojas de yuca (*Manihot esculenta*). La proteína degradable en rumen (PDR) también fue menor que la estimada por Gaitán y Pabón (2003) para la PC del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y por Betancurt (2004) para la PC del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*).





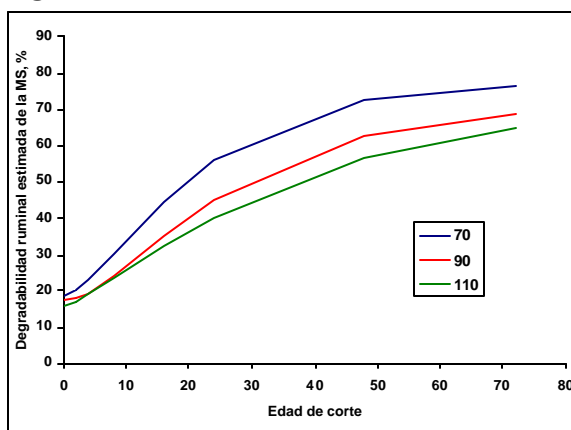
La MS no degradada en el rumen (MSND) y la proteína no degradada en rumen (PNDR), en consecuencia fueron mayores que las reportadas por los anteriores autores. Esto significa que una mayor proporción de la MS y de la PC del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) escapa a la degradación ruminal y es sometida a los procesos digestivos a nivel posruminal. Esto estaría indicando, así mismo, un menor tiempo de residencia de estas fracciones en el rumen y, por lo tanto, una mayor capacidad de consumo confirmando lo sugerido por el menor contenido de FDN de este pasto en comparación con el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y discutido anteriormente.

En la figura 18 se aprecian las curvas de degradación de la MS y la PC del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en las parcelas F y SF a tres edades de corte (70, 90 y 110 días). Debido a que no se contó con un número suficiente de datos, no fue posible realizar el análisis estadístico correspondiente para establecer posibles diferencias entre los promedios encontrados, sin embargo los datos sugieren una mayor degradación a los 70 días en ambos tratamientos (F y SF) en comparación con el comportamiento observado a los 90 y 110 días.

En la figura 19, por otro lado, se presenta la evolución de la MSDR, la MSND, la PDR y la PNDR del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) a tres edades de corte (70, 90 y 110 días). Al igual que con las curvas de degradación, se contó con un número suficiente de datos para realizar el análisis estadístico correspondiente entre los promedios encontrados. Los resultados, sin embargo, también sugieren una disminución en la MSDR con el consecuente incremento en la MSNDR a medida que avanza la edad de corte. Esto sería debido al incremento en la concentración de las fracciones menos degradables en rumen y a la disminución de fracciones más degradables como la PC, tal y como se discutió anteriormente.

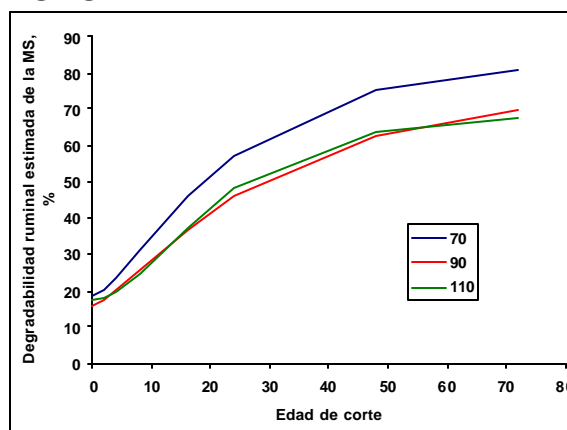
Figura 18
Curvas de degradación de la MS y de la PC del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) F y SF a tres edades de corte (70, 90 y 110 días).

MS - F



PC - F

MS - SF



PC - SF



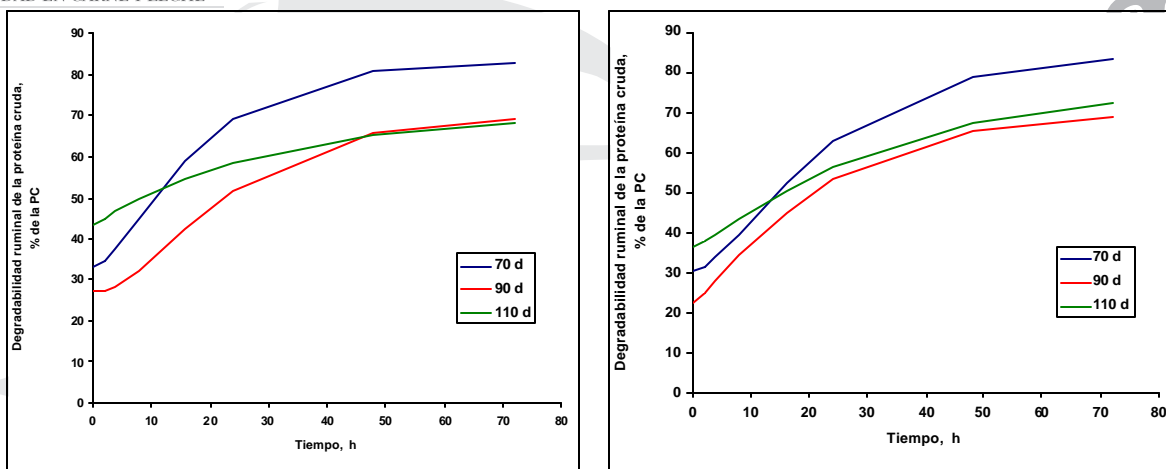
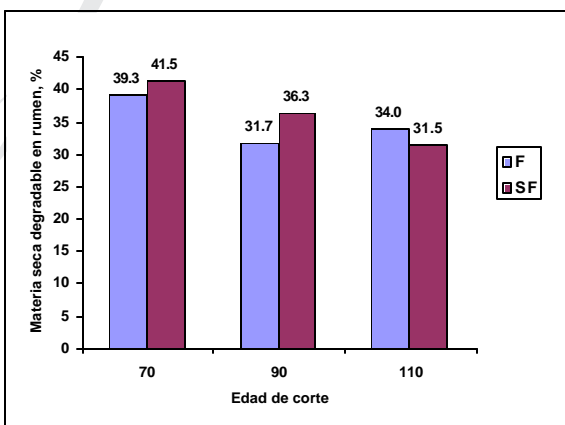
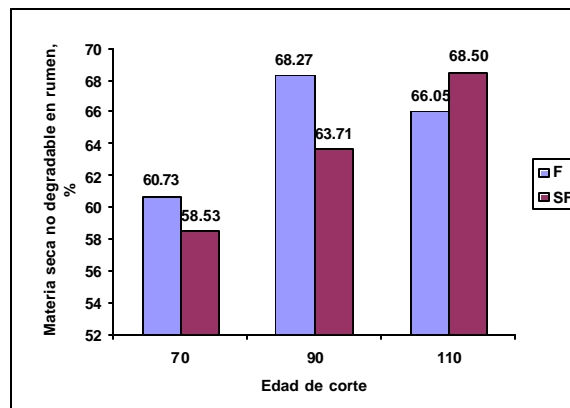


Figura 19
Variación en la MSDR, MSNDR, PDR y PNDR del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) F y SF a tres edades de corte (70, 90 y 110 días).

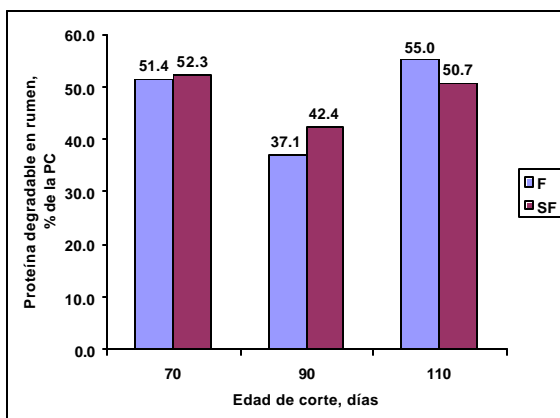
MSDR



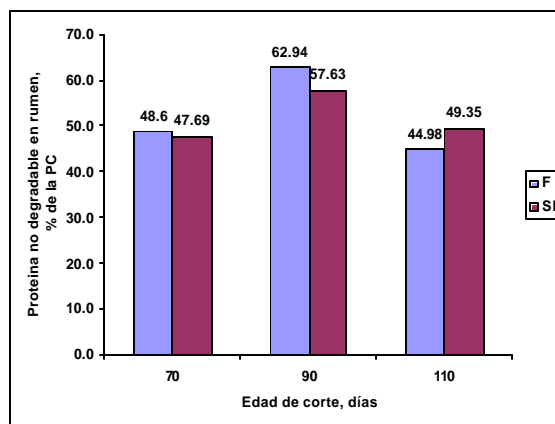
MSNDR



PDR



PNDR



3.6 Relación CNE : PDR.

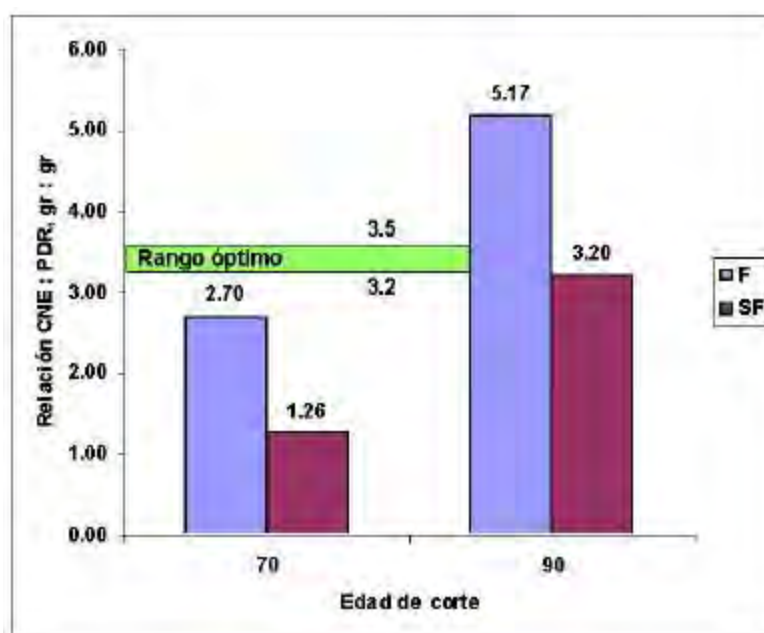




Uno de los objetivos de la alimentación del ganado de leche debe ser maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen y depender lo menos posible de la PDR para cubrir las demandas de proteína metabolizable (NRC, 2001). La síntesis de proteína microbiana en el rumen depende, entre otros factores, de la relación entre los CNE y la PDR (NRC, 2001; Stockes, 1996). Ha sido señalado que la concentración de CNE en las raciones para vacas lactantes debe ser entre 35 y 40% de la MS (Grant, 1996; Harris, 1993; NRC, 2001; Stokes, 1996) y que la PDR debe estar entre 10 y 12.3% de la MS (Mahanna, 1997). Esto significa que la relación entre CNE y PDR deberá oscilar entre 3.2 y 3.5 : 1.0 para optimizar la síntesis de proteína microbiana.

En la figura 20 se presentan los valores para esta relación encontrados en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) en este trabajo. Como se puede apreciar, los valores hallados en el día 70 fueron inferiores a los hallados a los 90 días de corte y los del pasto SF menores que los del pasto F. Estos valores, sin embargo, son datos puntuales dado que no se contó con la información de la composición química a los 110 días y tampoco se tenían suficientes repeticiones para adelantar el análisis estadístico correspondiente.

Figura 20
Relación CNE : PDR en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) a los 70 y 90 días de corte.



La relación más alta de CNE : PDR a los 90 días de corte esta explicada en la reducción en el contenido de PC (figura 11) y en la PDR a esta edad en comparación con los valores hallados a los 70 días (figura 19) y la constancia en la concentración de los CNF. Esto indicaría que posiblemente este pasto estuviera más equilibrado en cuanto a la concentración de CNE y PDR a los 90 días que a





edades más tempranas. Así mismo, estos valores muestran que la relación CNE/PDR es más equilibrada en este pasto que en el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Montoya *et al* (en publicación) reportaron una relación de 0.5 : 1.0 en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) obtenido en una finca lechera del municipio de San Pedro de los Milagros y Rueda *et al* (en publicación) reportaron una relación cercana a 1.0 : 1.0 en un ható lechero del corregimiento de Santa Elena. Estos resultados indican, por lo tanto, que con el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) se obtendría una mejor utilización de la PDR que en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y requeriría, así mismo, el uso de suplementos alimenticios menos concentrados en CNE.

Conclusiones.

Aún es incierto el origen y la clasificación taxonómica del pasto maralfalfa pero los estudios iniciales llevados a cabo en el Herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, indican que puede tratarse de *Pennisetum violaceum* (Lam.) Rich. ex Pers. o del híbrido (*Pennisetum hybridum*) entre el *Pennisetum americanum* L. y el *Pennisetum purpureum* Schum comercializado en el Brasil como pasto Elefante Paraíso. Se requiere, por lo tanto, estudios más adicionales que involucren la determinación del cariotipo en muestras de este pasto provenientes de diferentes regiones y su comparación con muestras tipos, para esclarecer su clasificación taxonómica. Por el momento se sugiere identificarlo de manera genérica como *Pennisetum sp*.

Bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo y con base en los resultados obtenidos puede concluirse que el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) responde positivamente a la fertilización orgánica y al riego incrementando la producción de biomasa, el ancho y el largo de las hojas y los tallos, así como el área foliar. Estos factores, sin embargo, no modifican la composición química ni el valor energético de este pasto. A la edad de corte comúnmente utilizada en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) (80 días), sus concentraciones de PC FDN, FDA y CNF son más altas que las estimadas en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a los 40 días de rebrote. Bajo estas condiciones el VRF del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) es superior (106) al del pasto maralfalfa (96) (*Pennisetum sp*).

La edad de corte afecta la producción de materia verde y todas las características agronómicas evaluadas así como la composición química de este pasto, excepto el contenido de CNF que varió muy poco durante el periodo de evaluación.

La MSDR y la PDR de este pasto es menor que la reportada para otros forrajes indicando un mayor escape de nutrientes hacia el tracto posruminal, un menor tiempo de residencia en el rumen, y un mayor CMS. Al avanzar la edad de corte, sin embargo, se evidencia un incremento en la MSDR y en la PDR como consecuencia posiblemente del incremento en la concentración de fracciones nutricionales menos degradable en el rumen como la FDN y la FDA.





La relación CNE : PDR en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado a los 90 días es más equilibrada que a los 70 días de corte y mejor que la que presenta el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) requiriendo suplementos alimenticios menos concentrados en CNE.

Agradecimientos.

Cooperativa Colanta, por la financiación parcial de este proyecto; Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional, Proyecto DIME No. 20201004845; José Múnera, por facilitar las instalaciones y el material vegetal de la finca Guamurú; Yovana Montiel Suárez y Adriana Herrera, Analistas del Laboratorio de la Planta de alimentos concentrados de Colanta; Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín: Herbario Medel, Laboratorio de Suelos; Laboratorio de Fitopatología; Laboratorio de Bromatología; Centro de Producción Paysandú.

Bibliografía

ALDANA C. Productividad y rentabilidad en sistemas de producción bovina en Colombia. Coyuntura Agropecuaria, Vol. 7, No.2, segundo trimestre. 1990. Pág.81 - 103.

Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis (13th Ed.). Washington, DC. 1990.

BELYEA RL, Steevens B, Garner G, Whittier J and Sewell H. Using NDF and ADF To Balance Diets Missouri University Extension:_G3161. 1996. URL: <http://muextension.missouri.edu/explore/agguides/dairy/g03161.htm>

BERNAL RJ. Sistema Químico Biológico. Revista ESSO Agrícola No. 2, abril - junio: 1979. 28-34.

BETANCUR JF. Comparación de dos procedimientos matemáticos para estimar la degradabilidad efectiva en rumen. Trabajo de Pasantía. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Carrera de Zootecnia. 2004. 20 p.

BETANCUR JF y Trujillo LG. Sin publicar. Balance de nitrógeno en vacas lecheras de alta producción alimentadas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y dos niveles de suplementación de proteína no degradable en el rumen. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Carrera de Zootecnia. 30 p.

BOTREL MA y Gomide JA. Importancia do teor dos carboidratos dos meristemas apicais para rebrote do capim Jaragua (*Hyparrhenis rufa* [Ness] Stapf). Rev. Soc. Bras. Zootec. 1981. 10 (3): 426.





BRAGA AP, Ribeiro HU, Batista P, Batista S, Lopes S, y Alves Z. Composição química-bromatológica das silagens de capim-elefante cv. Cameron em cinco idades de corte. Caatinga, Mossoró-RN, 2001. 1417-23.

BUTLER WR. Nutrition and reproduction in postpartum dairy cows: energy balance, protein and minerals. 1998. Cornell University. <http://www.ansci.cornell.edu/>.

CALSAMIGLIA S. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. En: XIII curso de especialización FEDNA, Madrid, 6 y 7 de Noviembre. 1997. 16 p.

CARULLA J. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la proteína del forraje. En: Memorias Simposio internacional sobre la proteína de la leche. Colanta. Medellín. 4 y 5 de Noviembre, 1999.

CARULLA J, Cárdenas E, Sánchez N, y Riveros C. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. En: memorias Seminario Nacional de Lechería Especializada: Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad. Eventos y Asesorías Agropecuarias, Auditorio de la Salud, Hospital General de Medellín, Septiembre 1 y 2 de 2004.: 21 – 40.

Consejo Regional de la Cadena Láctea. 2001. Acuerdo de competitividad de la cadena láctea en Antioquia. 29 pg.

CORREA HJ. (En publicación). Origin and comprehensive study of Thünen's model to analyze data from *in situ* rumen degradability technique. Rev. Col. Cienc. Pec.

CORREA HJ y Cuellar AE. Aspecto clave del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. Rev Col Cienc Pec 2004; 17: 29 – 38.

CUARTAS CA y Naranjo JF. Comparación de algunos modelos matemáticos para la caracterización de la cinética de degradación ruminal de algunos recursos forrajeros. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2004. 32 p.

Federación Colombiana de Ganaderos. 2002. La ganadería bovina en Colombia, 2000 – 2001. FEDEGAN, Bogotá. 245 p.

FERNÁNDEZ JP y Villa AF. Evaluación nutricional de la hoja de tres variedades de yuca en la alimentación de rumiantes. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2002. 83 p.





FUKUSHIMA RS. and Dehority BA. Feasibility of using lignin isolated from forages by solubilization in acetyl bromide as a standard for lignin analyses. J. Anim. Sci. 2000. 78:3135–3143

GAITÁN S y Pabón JD. Aplicación del modelo NRC 2001 en la caracterización energética y proteica de los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum, hochst*), ryegras (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus, lanatus*,) en un hato lechero del oriente antioqueño. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal. 2003. 55 p.

GOMEZJURADO J. La ganadería bovina en Colombia y sus sistemas de producción. En: Memorias Curso nacional de ganadería de leche especializada. 1990. 11 – 23.

GRANT R. Protein and Carbohydrate Nutrition of High Producing Dairy Cows. University of Nebraska Cooperative Extension; 1996. URL: <http://ianrpubs.unl.edu/dairy/g1027.htm>

HAJDUK W. 2004. Reseña de la maralfalfa. En: memorias del I seminario nacional del pasto maralfalfa. Medellín: 9 - 12

HÄFLIGER E and Scholz H. Grass weeds 1: weeds of the subfamily Panicoideae. CIBA-Geigy Limited, Basle. 1980.

HANNA WW, Gaines TP, Gonzales B and Monson WG. Effects of ploid on yield and quality of pearl millet x napiergrass hybrids. 1984. Agron. J. 76.669-971.

HARRIS B. The Importance of Fiber in Feeding Dairy Cattle. Florida Cooperative Extension Service: Circular 594. 1993. URL: <http://edis.ifas.ufl.edu/DS064>.

DAWSON JE and Hatch ST. A world wide web key to the grass genera of Texas. S.M. Tracy Herbarium, Department of Rangeland Ecology and Management, Texas A&M University. 2002. URL: <http://www.csd.tamu.edu/FLORA/taes/tracy/610/index.html>

HOLMANN F, Rivas L, Carulla J, Giraldo L, Guzmán S, Martínez M, Rivera B, Medina A y Farrow A. Evolución de los Sistemas de Producción de Leche en el Trópico Latinoamericano y su interrelación con los Mercados: Un Análisis del Caso Colombiano. CIAT, Cali. 2003. 53 p.

KIVISTE A, Álvarez JG, Rojo A, y Ruiz AD. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. INIA. Madrid, España. 2002.

Knowlton KF. 1998. Environmental implications of nutrition and feeding management. Department of Dairy Science, Virginia Tech. URL: <http://www.dasc.vt.edu/nutritioncc/knowlton98.pdf>





LEÓN L. Evaluación de la fertilidad del suelo. En: Seminario sobre fertilidad del suelo y su potencial productivo. Soc. Col. Cienc Suelo, Comité regional del Valle del Cauca. Palimra, 15 al 17 de nov1994 :51 – 60.

LINN JG, Martin NP, Howard WT, and Rohweder DA. Relative feed value as a measure of forage quality. Minnesota Forage UPDATE. vol XII, No. 4. 1987. pp 2,4. Minnesota Forage and Grassland Council.

LIRA MA; Dubeux JCB; Oliveira CF. 1998. Competição de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e de seus híbridos com milho (*P. americanum*, (L.) Leeke), sob pastejo. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia,

MACOON E. Defoliation effects on yield, persistence and a quality - related characteristics of four *Pennisetum* forage genotypes. M.S. thesis. Univ. of Florida. 1992.

MACOON E, Sollenberger L, and Moore JE. Defoliation Effects on Persistence and Productivity of Four *Pennisetum* spp. Genotypes. Agron. J. 1992. .94:541–548

MAHANNA B. 1997. Dairy Cow Nutritional Guidelines - Part I. Pioneer Hi-Bred International, Inc; URL: <http://www.pioneer.com/usa/nutrition/vettext1.htm>

McDonald L. A Revised Model for the Estimation of Protein Degradability in the Rumen. J Agri Sci. 1981. .96: 251-252.

MENDOZA P. Fertilización de praderas en Colombia. En: Pastos y Forrajes para Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario y Banco Ganadero. 1980. .19 – 30.

MERTENS DR. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. J. Animal Sci. 64:1548-1558.

MERTENS D. 1996. Using Fiber and Carbohydrate Analyses to Formulate Dairy Rations. En: International Conference with Dairy and Forage Industries, US Dairy Forage Research Center: 81 – 92.

MONTOYA NF, Pino ID, y Correa HJ. (En publicación). Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) a vacas holstein lactantes. Rev. Col. Cienc. Pec.

MOORE JE. Forage quality indices: development and application. p. 977-998. In: G.C. Fahey, Jr. (Ed.) Forage Quality, Evaluation, and Utilization. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. 1994.





MOORE JE and Undersander DJ. Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. In Proceedings, NFTA Workshop. DesMoines, IA, 11 July. 2002.

MORRISON IM. The effect of physical and chemical treatments on the degradation of wheat and barley straws by rumen liquid pepsin and pepsin-cellulose systems. J. Sci. Food Agric. 34: 1983. .1323–1329.

NARANJO H. Evaluación nutricional del pasto kikuyo a diferentes edades de corte. Despertar Lechero, (20): 2002. 150- 167.

National Research Council. The nutrient requirement of dairy cattle. Sixth edition. National Academy Press, Washington, D. C. 1989.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th rev ed Washington, D.C; National Academy Press.

ØRSKOV ER, and McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92:499-503. 1979.

OSORIO F. Efecto de la condición corporal sobre la producción y reproducción en ganado lechero. En: Seminario Avances Tecnológicos de la producción Lechera. Rionegro, Ant. Asociación Holstein, Seccional Antioquia y Finca S. A. 1996. 21 p.

OSORIO F. Efecto de la dieta sobre la composición de la leche. En: Memorias, I Seminario Internacional sobre avances en nutrición y alimentación animal, Medellín, marzo 1998.18 – 19.

OSORIO F. 2004. Efecto del manejo alimentario sobre el sistema especializado de producción lechera. En: memorias Seminario Nacional de Lechería Especializada: Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad. Eventos y Asesorías Agropecuarias, Auditorio de la Salud, Hospital General de Medellín, Septiembre 1 y 2: 141 – 152.

MONTOYA C y Quijano JH. 2000. Comparación productiva de vacas holstein y F1 blanco orejinegro (BON) x holstein. 1. Producción y calidad de la leche. Rev. Fac. Nal. de Agron. Med. 53: 1115 – 1128.

RAMÍREZ GL. Pasto maralfalfa, un manjar para los hatos ganaderos. El Colombiano, sábado 16 de agosto, 4b. 2003.

RUEDA AN y Santa NI. Relación entre la tasa de crecimiento hasta el primer parto y la producción de leche durante la primera lactancia en novillas holstein. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal. 2002.51 p.





RUEDA SL, Taborda L y Correa HJ. (En publicación). Relación entre el flujo de proteína microbiana que fluye hacia el duodeno y algunos parámetros del comportamiento productivo en vacas lactantes de un hato lechero del oriente antioqueño. Rev. Col. Cienc. Pec.

SÁNCHEZ D y Pérez JA.. Comunicación personal. Herbario MEDEL, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

SIERRA JC, y Zabala A. Comparación de la digestibilidad y la energía digestible de dos pastos de clima frío a dos edades de corte. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal. 2000.

SMITH D.. Influence of drying and storage conditions on non-structural carbohydrates of herbage tissue; a review. Journ. Br. Gras. Soc. 28 (3): 1973. 129.

SOTO C, Valencia A, Galvis RD y Correa HJ. En publicación. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Rev. Col. Cienc. Pec.

STOKES S. Balancing carbohydrates for optimal rumen function and animal health. Western Canadian Dairy Seminar; URL: <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/1997/ch06-97.htm> 1997.

TEJOS R. Carbohidratos no estructurales totales en dos gramíneas nativas de sabanas bien drenadas. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 4 (2): 134. 1996.

TEXEIRA JC y de Andrade G. Carboidratos na alimentação de ruminantes. En: II Simpósio de Forragicultura e Pastagens – NEFOR – UFLA. 2001. 58 p.

VAN SOEST PJ. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 1994.

VAN SOEST PJ, Mertens DR and Deinum B. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. J. Anim. Sci. 1978. 47:712–720.

VAN SOEST PJ and Robertson J. 1985. Analysis of forages and fibrous of the feeds. Cornell University, Ithaca, New York. Laboratory manual for animal science.

VILELA H, Barbosa FA, Rodríguez NE, Benedetti E. 2003a. Efeito da idade planta sobre a produção e valor nutritivo do capim elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum*). Anais: XXXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.





VILELA H, Benedetti E, Barbosa A. 2003b. Produção de leite em pastagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum*) sob níveis de concentrado, durante o verão, em sistema de manejo rotativo. Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, SERRANA – Nutrição Animal, MATSUDA MINAS – Sementes e Nutrição Animal. URL: www.matsuda.com.br/ifast/sis_php/fotos/producao_de_leite.doc

VILELA H. 2004. Capim Elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum*). URL: <http://www.agronomia.com.br/index.php?option=displaypage&Itemid=130&op=pag e&SubMenu=>

WEISS WP, Conrad HR, and StPierre NR. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. Anim Feed Sci And Technol; 1992, 39: 95-110.

ZAPATA F. Kikuyo. Especies Forrajeras Versión 1.0. Agrosoft Ltda. Colombia. 2000. 18 p

