**Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal**

**H J Correa C, M L Pabón R\* y J E Carulla F\*\***

*Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*[*hjcorreac@unal.edu.co*](mailto:hjcorreac@unal.edu.co) *\*Laboratorio de Nutrición Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*[*mlpabonr@unal.edu.co*](mailto:mlpabonr@unal.edu.co) *\*\*Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*[*jecarullaf@unal.edu.co*](mailto:jecarullaf@unal.edu.co)

**Resumen**

El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.), no obstante ser la gramínea más utilizada en los sistemas de leche especializada en la zona andina de Colombia, presenta varios limitantes nutricionales que afectan tanto la producción como la calidad composicional de la leche. Entre los limitantes más importantes se destacan el alto contenido promedio de proteína cruda (PC) (20 ± 3.26 % de la materia seca, MS), de nitrógeno no proteico (> 90% de la fracción soluble de la PC), potasio (3.69 ± 0.77 % de la MS) y fibra en detergente neutro (58.1 ± 3.91 % de la MS) así como el bajo contenido promedio de sodio (0.02 ±0.01 % de la MS) y carbohidratos no estructurales (13.4 ± 2.51 % de la MS).

El alto contenido de nitratos (5250.9 ± 3153.7 ppm) puede ser la causa de diversos trastornos reproductivos y sanitarios en los animales. Estas características ponen en riesgo la competitividad de los sistemas de producción de leche basados en dicha gramínea.

**Palabras clave:** Acidos grasos no-saturados, limitaciones nutricionales, magnesio, nitrato, nitrógeno no-proteico

**Nutritional value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) for milk production in Colombia: A review. I. Chemical composition, ruminal and posruminal digestibility**

**Abstract**

Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov) is the most utilized forage in specialized dairy herds in the Colombian Andes. However, it has nutritional limitations affecting both yield and composition of milk from cows grazing this forage. Nutritional restrictions of kikuyu grass are the high concentrations of crude protein, non protein nitrogen, potassium and neutral detergent fiber and the low content of sodium and non-structural carbohydrates. These nutritional characteristics decrease the competitiveness of dairy production systems based on this forage.

**Key words:** Magnesium, nitrate, non-protein nitrogen, nutritional limitations, unsaturated fatty acids

**Introducción**

Durante varias décadas el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov.), se ha constituido en la base de la alimentación de los sistemas de producción lechera especializada en Colombia (Carulla et al 2004, Consejo Regional de la Cadena Láctea de Antioquia 2001, Laredo y Mendoza 1982, Mila y Corredor 2004, Soto et al 1980). Esto se debe a que su hábito de crecimiento lo hace sumamente agresivo ante la invasión de otras forrajeras (Youngner et al 1971, Fukumoto y Lee 2003), a que es resistente al pisoteo (Miles et al 2000) y responde positivamente a la fertilización orgánica (Mila y Corredor 2004, Orozco 1992) y química (Rodríguez 1999, Urbano 1997). No obstante que esta gramínea se encuentra ampliamente distribuida en la región andina del país y es fácilmente reconocida por técnicos y productores, el conocimiento que existe sobre su calidad nutricional y valor alimenticio, es aún  muy vago.

Los sistemas de producción de leche en Colombia respondieron por muchas décadas a las  exigencias que tenían los consumidores nacionales en cuanto a la calidad de la leche y sus derivados. Fue la época dominada por el modelo económico de sustitución de importaciones (FEDEGAN 1999). El paso al modelo aperturista a finales de la década de los ochenta significó un cambio en la percepción de los consumidores y, por ende, en las exigencias del mercado no solamente sobre la calidad de la leche y sus derivados, si no, además, sobre los sistemas de producción en sí mismos, exigiendo que estos fueran más amigables con el ambiente y menos agresivos sobre los animales (FIL/ONUAA 2004). Además de lo anterior, en la actualidad los consumidores exigen que los productos provenientes de la industria láctea sean sanos y nutritivos buscando un mayor contenido de proteína verdadera (Dalgleish 1992) y un menor contenido de grasas saturadas (US FDA 2003). Pero, así mismo, buscan que estos productos aporten nutrientes esenciales para el mantenimiento y el mejoramiento de su salud (Bauman et al 2006, Huth et al 2006). Tal es el caso de los ácidos grasos linoléico conjugados ω-3 y ω-6 (Lawson et al 2001, MacRae et al 2005, Parodi 1999) y algunos aminoácidos y péptidos cuyos beneficios a la salud de los consumidores apenas comienzan a ser reconocidos (National Dairy Council 2006, Sukkar y Bounous 2004). Consecuente con lo anterior y a través de ajustes en los esquemas de pago de la leche a los productores, la industria láctea ha favorecido los componentes más valiosos de la leche, principalmente a la proteína (Mackle et al 1999, Pérez 2000, Rulquin et al 2004).

Este tipo de demandas, por otra parte, han tenido eco en la generación de normas que regulan la producción de leche en el país. Tal es el caso del Decreto 616 del 2006 (Ministerio de la Protección Social 2006) y la Resolución 0012 de 2007 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Sin embargo, en la búsqueda de mercados internacionales, se hace necesario realizar ajustes a estas normas de tal manera que se pueda cumplir con las exigencias de los países a los que van destinados los productos lácteos. Esto implica un cambio en los sistemas de producción de leche en el país.

Aunque en Colombia las condiciones del mercado de la leche han cambiado durante las últimas dos décadas (Holmann et al 2003), no ha pasado lo mismo con la forma en que han venido operando los sistemas de producción de leche especializada y este rezago les ha significado en los últimos años, pérdidas en su competitividad frente a un mercado cada vez más exigente. De mantener el *statu quo* es estos sistemas de producción, va a ser muy difícil que cumplan con los niveles mínimos de calidad que se exige actualmente y, menos aún, con las exigencias futuras. Lo anterior significa que es necesario ajustar los sistemas de producción de leche a las actuales condiciones del mercado, lo que implica reevaluar el manejo que tradicionalmente se le ha venido dando, entre otros componentes, a la alimentación y, dentro de esta, a la base forrajera  – el pasto kikuyo.

Es por ello que el objetivo de este trabajo fue revisar la información existente sobre el valor nutricional y alimenticio del pasto kikuyo para la producción de leche en Colombia a la luz de los retos actuales y futuros que tienen que enfrentar los sistemas de producción de leche en el país.

**Composición química**

En la tabla 1 se presenta un resumen de los resultados de la composición química de muestras de pasto kikuyo recolectadas en varias regiones de Antioquia (Correa 2006a).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 1.**  Composición química del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoechst. Ex Chiov.) en muestras recolectadas en varias localidades del departamento de Antioquia, % MS. | | | | | | |
|  | **PC** | **EE** | **Cen** | **FDN** | **FDA** | **CNE** |
| Promedio | 20.5 | 3.63 | 10.6 | 58.1 | 30.3 | 13.4 |
| Máximo | 27.1 | 4.71 | 13.9 | 66.9 | 32.8 | 17.2 |
| Mínimo | 15.4 | 1.63 | 8.65 | 51.7 | 28.3 | 8.93 |
| D. E. | 3.26 | 0.82 | 1.71 | 3.91 | 1.20 | 2.51 |
| C. V., % | 15.9 | 22.6 | 16.1 | 6.73 | 3.95 | 18.7 |
| n | 39.0 | 27.0 | 27.0 | 36.0 | 19.0 | 23.0 |
| *1 D. E. = Desviación estándar; PC = proteína cruda; EE = extractor etéreo; Cen = cenizas; FDN = fibra en detergente neutro; FDA = fibra en detergente ácido; CNE = carbohidratos no estructurales (CNE = 100 – (PC + EE + FDN + Cen) + PCIDN (Proteína Cruda Insoluble en Detergente Neutro), NRC 2001)* | | | | | | |

**Proteína**

**Proteina cruda**

El contenido promedio de PC en este pasto (20.5%) es similar al reportado por otros autores en Antioquia (Osorio 1999, Naranjo 2002) pero más alto que el reportado por Apráez y Moncayo (2000) en el departamento de Nariño (11.4 a 15.8%) y más bajo que el hallado por León et al (2007) en el departamento de Cundinamarca (22.9%). Los promedios hallados en Antioquia y Cundinamarca son ligeramente más altos que el requerimiento para vacas Holstein de alta producción al inicio la lactancia (NRC 2001) lo que indica que en general, el pasto kikuyo aporta más proteína que la requerida por los animales a lo largo del periodo productivo (El requerimiento de PC estimado para una vaca de 680 kg, al inicio de la lactancia, produciendo 40 litros de leche con 3.5% de grasa y 3.0% de proteína es de 20.3% (NRC 2001: tabla 14-4). El alto contenido de proteína en este pasto se debe a que normalmente es sometido a intensos programas de fertilización nitrogenada (Carulla 1999, Rodríguez 1999) y es pastoreado a edades más cortas que en el pasado (Laredo y Mendoza 1982).

El acceso a fertilizantes nitrogenados de bajo costo ha sido uno de los factores que más ha contribuido a la especialización de los sistemas de producción agropecuarios en el mundo (Hart et al 1997). La ganadería de leche en Colombia no ha escapado a esta tendencia, siendo una práctica común en los sistemas intensivos el uso de fertilizantes nitrogenados, particularmente la urea, luego de cada pastoreo (Soto et al 2005). Esto se debe a los efectos positivos que son visibles a los productores y que hace tan atractiva la aplicación de estos fertilizantes: la fertilización nitrogenada es la forma más generalizada de incrementar la biomasa forrajera y, en consecuencia, de incrementar la carga animal y la producción por hectárea (Urbano 1997). Pero, por otro lado, la fertilización nitrogenada permite el pastoreo a edades más tempranas con lo que la producción por animal se incrementa al consumir pastos de mayor digestibilidad (Caro y Correa 2006, Rodríguez 1999).

La fertilización nitrogenada, sin embargo, conlleva a modificaciones en la calidad nutricional de las pasturas, que no son visibles a los productores, pero que generan muchos efectos negativos a nivel productivo (Van Horn et al 1994), reproductivo (Butler 1998, Correa 2002), económico (Vandehaar 1998, Hanigan 2005) y ambiental (Knowlton 1998, Lapierre et al 2005), todos los cuales ponen en riesgo la sostenibilidad y competitividad de los sistemas de producción basados en esta gramínea. Una de tales modificaciones es precisamente el incremento en el contenido de proteína cruda (Orozco 1992, Rodríguez 1999, Soto et al 1980, Urbano 1997) alcanzando ocasionalmente valores superiores al 25.0% de la MS (Montoya et al 2004, Osorio 1999).

Como se señaló anteriormente, en los sistemas de lechería especializada es una práctica común la aplicación de nitrógeno después de cada pastoreo. Soto et al (2005) encontraron, sin embargo, que esta práctica no es necesaria cuando se trata de conservar la calidad nutricional del pasto kikuyo. En su trabajo, estos autores dejaron de aplicar N durante cuatro cortes cada 30 días o dos cortes cada 60 días a parcelas de pasto kikuyo sin que observaran diferencias significativas en la calidad nutricional de este pasto, incluida la proteína, cuyo promedio permaneció en 19.04%. Los autores argumentaron que esto podría ser debido a la presencia de nutrientes remanentes en el suelo, que serían suficientes para conservar la composición química de este gramínea. Rodríguez (1999), por su parte, tampoco encontró diferencias en el contenido de PC entre praderas mezcladas con kikuyo y rye grass que fueron fertilizadas y aquellas que no lo eran (p>0.05). En las primeras el contenido de PC fue 18.9  ± 3.4% mientras que en las segundas fue 17.8 ± 2.6%. Estos resultados sugieren la necesidad de revisar los programas de fertilización de las praderas, no solo en términos de la frecuencia de su aplicación, si no además, en las cantidades aplicadas y las fuentes de nutrientes. Esta es la tendencia que han venido mostrando desde hace algunos años los países desarrollados, en los que el impacto ambiental que ha generado la sobrecarga de nutrientes en las praderas, debido al uso indiscriminado de fertilizantes, los ha obligado a revisar los programas de fertilización. Al respecto la tendencia es clara: reducción en los niveles de aplicación de nutrientes al suelo (Castillo 2004, Nielsen y Kristensen 2005, Peyraud 2000).

La edad a la cual son pastoreados los potreros de kikuyo, por su parte, también ha alterado la calidad nutricional de este pasto. Es bien sabido que en la medida en la que se incrementa la edad de rebrote, menor es la digestibilidad y, por ende, el valor nutricional de los pastos (Lyons et al 1997), incluyendo al kikuyo (Caro y Correa 2006, Fukumoto y Lee 2003, Kamstra et al 1966, Rodríguez 1999). Es por esta razón que el pastoreo a edades cada vez menores, es la alternativa que encuentran los productores para compensar las mayores demandas nutricionales y energéticas del ganado lechero, a medida que se ha incrementado su valor genético para la producción de leche.

**Contenido de aminoácidos**

Parra (2000) evaluó el contenido de aminoácidos en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia a diferentes edades de corte (30, 40, 50 y 60 días) y que presentaban diferente contenido de PC (Tabla 2). En su trabajo se hizo evidente un incremento en la concentración de los aminoácidos a medida que se incrementó el contenido de PC en el pasto. El análisis del perfil de aminoácidos esenciales de esta gramínea, indica que la calidad de la proteína de este pasto es menor que el que se ha reportado para la proteína bacteriana que se produce en el rumen (Clark et al 1992). Así, los aminoácidos esenciales con menor concentración relativa en el pasto kikuyo son en su orden, lisina, metionina, isoleucina, treonina, leucina, arginina y valina. Esto los convertiría en los aminoácidos más limitantes si se considera que una fracción de la proteína de este pasto escapa a la degradación ruminal y es digerida en el tracto post-ruminal (Caro y Correa 2006, Monsalve 2004). La fenilalanina y la histidina son los únicos aminoácidos que superan los valores encontrados en la proteína bacteriana del rumen.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 2.** Contenido de proteína cruda (PC) y de aminoácidos en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia a diferentes edades de corte1. | | | | |
|  | **Edad de corte, días** | | | |
| **30** | **40** | **50** | **60** |
| *PC, % de la MS* | | | | |
|  | 17.8 | 14.4 | 14.4 | 12.2 |
| *Aminoácidos, % de la MS* | | |  |  |
| Ala | 1.26 | 0.91 | 0.87 | 0.77 |
| Arg | 0.83 | 0.60 | 0.54 | 0.50 |
| Asp | 2.44 | 2.20 | 2.50 | 1.80 |
| Cys | 0.20 | 0.16 | 0.16 | 0.14 |
| Glut | 1.84 | 1.34 | 1.30 | 1.17 |
| Gly | 0.78 | 0.59 | 0.54 | 0.50 |
| His | 0.39 | 0.30 | 0.31 | 0.25 |
| Ile | 0.75 | 0.55 | 0.51 | 0.47 |
| Leu | 1.27 | 0.91 | 0.78 | 0.78 |
| Lys | 0.90 | 0.67 | 0.61 | 0.57 |
| Met | 0.31 | 0.23 | 0.23 | 0.20 |
| Phe | 0.95 | 0.77 | 0.73 | 0.63 |
| Pro | 0.99 | 0.72 | 0.72 | 0.78 |
| Ser | 0.83 | 0.72 | 0.71 | 0.60 |
| Thr | 0.77 | 0.60 | 0.59 | 0.52 |
| Val | 1.07 | 0.84 | 0.86 | 0.71 |
| *1Datos tomados de Parra (2000)* | | | | |

El contenido de aminoácidos del pasto kikuyo parece ser muy similar al del rye grass, excepto en que el contenido de metionina y cisteína son 68 y 57%, más bajos (Reeves et al 1996). Dennison y Phillips (1983), al evaluar el contenido de aminoácidos de los productos de la digestión en ensayos *in vitro,* estimaron que, en el caso del pasto kikuyo, la histidina es el aminoácido más limitante, seguido de lisina y metionina. Esto contrasta con el hecho de que la histidina tenga una concentración superior a la de la proteína microbiana y como lo  señalan Tedeschi et al (2001), en el caso de los forrajes, el perfil de aminoácidos de la proteína que escapa a la degradación ruminal es similar al de la proteína en el pasto. Estos autores compararon el perfil de aminoácidos de cinco residuos (forraje original, residuo en buffer de borato-fosfato (BPR), residuo de fibra en detergente neutro con  (FDN+) y sin sulfito de sodio (FDN-) y residuo en fibra en detergente ácido (FDA)) de ocho forrajes y seis leguminosas de origen tropical y de zona templada y no encontraron diferencias en la composición de aminoácidos en el residuo en BPR, en comparación a la composición de los forrajes originales. Ahora, dado que el residuo en BPR se asume que contiene la proteína que escapa a la degradación ruminal (Sniffen et al 1992), Tedeschi et al (2001) sugieren que la composición de aminoácidos del forraje original puede ser utilizada como un indicador del perfil de aminoácidos de la proteína no degradada en rumen. De esta manera, teniendo en cuenta el bajo perfil de aminoácidos esenciales en el pasto kikuyo comparado con el de la proteína microbiana, no sería aventurado afirmar que es más provechoso para el animal hospedero que la proteína de este pasto se degradara en el rumen y se transformara en proteína microbiana, reduciendo el escape de la misma hacia el duodeno (Correa 2006a). Por el contrario, Marais (2001) sugiere reducir la degradación de las proteínas en el rumen y, en consecuencia, las pérdidas de aminoácidos seleccionado plantas con alto contenido de aminoácidos azufrados ya que estos, al formar puentes disulfuro, incrementan la estabilidad de las proteínas y reducen su degradabilidad.

**Fracciones de proteína**

En la caracterización de la proteína de los alimentos para rumiantes se han utilizado tanto métodos *in vivo*, como métodos *in situ* e *in vitro* (Schwab et al 2003) apareciendo diversas fracciones, dependiendo del método empleado. Así, con el método *in situ* (Ørskov y McDonald 1979) se pueden discriminar hasta tres fracciones, en tanto que con el método *in vitro* adoptado por el modelo de Carbohidratos y Proteínas Netas de Cornell (Sniffen et al 1992) se obtienen cinco fracciones.

***Método in situ***

El método *in situ*, el más ampliamente utilizado para evaluar la cinética ruminal de las proteínas (Bach et al 1998, Michalet-Doreau y Noziére 1999, Schwab et al 2003), ha sido incluido en el modelo desarrollado por el Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos para ganado lechero (NRC 2001) y, así mismo, ha sido adoptado como el método de elección en diversos países (Schwab et al 2003), incluido Colombia (Correa 2006a). Las tres fracciones de la proteína que son identificadas a través de este método incluyen a la fracción soluble (fracción *a*), la fracción potencialmente degradable (fracción *b*) y la fracción no degradable en el rumen (fracción *c*).

***Fracción soluble (fracción a)***

En el método *in situ*, la fracción *a* corresponde a la fracción proteica que rápidamente desaparece de la bolsa de nilón (NRC 2001). Se presume que esta fracción es rápida y completamente degradada en el rumen (Hedqvist 2004, NRC 2001, Schwab et al 2003) e incluye al nitrógeno no protéico (NNP) y una pequeña fracción de proteínas de alta solubilidad (NRC 2001, Schwab et al 2003). Las proteínas asociadas a partículas de alimento que logran escapar a través de los poros de las bolsas de nilón también son incluidas en esta fracción (Schwab et al 2003). Estas últimas, sin embargo, son el resultado de un error metodológico asociado al tamaño de la partícula y que, en última instancia, conducen a la sobreestimación de la fracción soluble (Emmanuele y Staples 1988). En promedio, el 31.2% de la PC del pasto kikuyo esta representado por la fracción *a* con una variación que oscila entre el 18.9 y el 42.9 % (tabla 3).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 3.**  Fracciones de la proteína cruda de muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia estimadas por el método *in situ*. | | | |
|  | **Fracciones de la PC** | | |
| ***a***1 | ***b*** | ***c*** |
| Promedio | 31.2 | 62.5 | 12.7 |
| Máximo | 42.9 | 72.2 | 19.5 |
| Mínimo | 18.9 | 44.9 | 7.07 |
| D. E. | 5.21 | 8.50 | 4.66 |
| C. V., % | 16.7 | 13.6 | 36.7 |
| *1a = fracción soluble; b = fracción potencialmente degradable; c = fracción no degradable; D. E. = Desviación Estándar.* | | | |

**Nitrógeno no proteico (NNP)**

El NNP en los alimentos en general, esta constituido por compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, tales como péptidos, aminoácidos libres, ácidos nucléicos, aminas, amidas y amonio (NRC 2001) y puede representar entre el 90 y el 100% de la fracción soluble (Carulla 1999). Van Soest (1994), indica que en pastos frescos está fracción esta fundamentalmente constituida por péptidos, nitratos y aminoácidos no esenciales, entre los que se destacan glutamina, asparagina y el ácido aminobutírico.  Rodríguez (1999) encontró que el NNP en praderas de kikuyo y ryegrass (*Lolium perenne* L) comprendía entre el 82 y el 100% de la fracción soluble y que esta, a su vez, correspondía a cerca del 40% del N de la planta (ver tabla 4). Otros autores, por el contrario, han reportado valores más bajos. Así, Messman et al (1992) encontraron que el NNP representó el 8.1 y el 12.2% de la PC en muestras de *Festuca arundinacea* Schreb y *Lolium perenne* L, respectivamente.

Los nitratos hacen parte del NNP, encontrándose en cantidades detectables en prácticamente todas las plantas. Minson (1990) indica que la concentración de nitratos en forrajes se incrementa rápidamente después de la fertilización nitrogenada disminuyendo a una tasa que es dependiente del nivel de N aplicado. La acumulación excesiva de este compuesto ocurre cuando su absorción excede la capacidad de utilización por las plantas para la síntesis de aminoácidos y otros compuestos nitrogenados  (Strickland et al 1996). Este es el caso del pasto kikuyo (Marais 2001). Read y Fulkerson (2003) observaron que cuando el nivel de N en el pasto kikuyo supera el 3.5 de la MS (lo que equivale al 22% de PC como porcentaje de la MS), el contenido de nitratos se incrementa dramáticamente. Un comportamiento similar se pudo observar en muestras de pasto kikuyo evaluadas en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional, sede Medellín (figura 1a). Al hacer la transformar logarítmica de la concentración de nitratos y relacionarlo con el contenido de nitrógeno se observó una relación lineal estadísticamente significativa (p<0.05) (figura 1b).

Niveles elevados de nitratos pueden poner en riesgo la salud de los animales, debido a su conversión en nitrito, un compuesto tóxico. Los rumiantes son particularmente  susceptibles, ya que durante la reducción de nitrato a amonio por microorganismos en el rumen, aparece el nitrito como un intermediario. Bajo ciertas circunstancias, la tasa de formación de nitritos puede exceder la tasa de reducción de esos a amonio, resultando en el incremento en la concentración de nitritos (Gloser 2002, Marais et al 1988). Los nitritos absorbidos hacia el torrente sanguíneo reaccionan con la hemoglobina para formar metahemoglobina, impidiendo que el oxígeno se una a la hemoglobina, resultando en cianosis y, en casos muy severos, en la muerte de los animales (Marais 1997). Strickland et al (1996) señalan que cuando la concentración de nitratos supera las 5000 ppm, comienzan a aparecer problemas en los animales, tales como abortos al final de la gestación o el nacimiento de animales débiles. Así mismo, se puede reducir tanto la tasa de crecimiento de los animales como el nivel de producción de leche. Los problemas más graves, sin embargo, se pueden esperar cuando la concentración de nitratos supera las 10000 ppm. Los datos presentados en la figura 1a muestran que 18 de las 36 muestras de pasto kikuyo analizadas (50.0%) presentaron una concentración de nitratos superior a 5000 ppm y que en 3 de estas muestras (8.3%) la concentración superó las 10000 ppm. Dugmore et al (1986) indican que cuando el contenido de PC en pasto kikuyo supera el 20% de la MS, los niveles de nitratos asociados pueden ser potencialmente tóxicos para los animales. De acuerdo a la ecuación de la figura 1b, el contenido de nitratos supera las 5000 ppm cuando la concentración de PC es superior a 22.5%, un valor muy similar al sugerido por Dugmore et al (1986).

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra21.jpg | http://www.lrrd.org/lrrd20/4/correa2004a12.jpg |
| **Figura 1a.** Relación entre el contenido de N en el pasto kikuyo y el contenido  de Nitratos. Contenido promedio de nitratos fue de 5250.9 ± 3153.7 ppm | **Figura 1b.** Ecuación de regresión entre el contenido de N  en el pasto kikuyo y el logaritmo del contenido de Nitratos |

Aunque no son muchos los casos de muerte de animales intoxicados con nitritos al ser alimentados con pasto kikuyo, las concentraciones subclínicas podrían tener un efecto importante en el comportamiento productivo y reproductivo de los animales, no obstante que no se halla evaluado (Marais 2001).

**Proteínas de alta solubilidad**

Las proteínas en las hojas de los vegetales se encuentran principalmente como proteínas citoplasmáticas y cloroplásticas. Las enzimas fotosintéticas asociadas a los cloroplastos son, a su vez, las más numerosas (Van Soest 1994). La proteína soluble más importante en las hojas de los vegetales es la ribulosa-l,5-bifosfato carboxilasa (E.C. 4.1.1.39) conocida comúnmente como RuBisCo (Taiz y Zeiger 2006). Dhingra et al (2004) indican que esta es la enzima más abundante del planeta y representa entre el 30 y el 50% de las proteínas solubles en los cloroplastos de las hojas de los vegetales. Aunque no hay reportes sobre el contenido de esta proteína en el pasto kikuyo, si los hay para otras gramíneas forrajeras. Así, Messman et al (1994) encontraron que esta enzima representó el 42% de las proteínas en *Lolium perenne* L y el 49% en *Festuca arundinacea* Schreb y en *Dactylis glomerata* L. Esta enzima esta constituida por dos subunidades con pesos moleculares distintos y aunque ambas subunidades son extensamente degradadas *in vitro*, la subunidad mayor es más susceptible a dicha degradación (Messman et al 1994).

***Fracción potencialmente degradable (fracción b)***

La extensión de la degradación ruminal de esta fracción depende tanto de la constante de cinética de degradación ruminal (*kd*) como de la constante de cinética de pasaje ruminal (*kp*) (NRC 2001). En el caso particular del pasto kikuyo, la estimación de esta fracción mediante el método *in situ* en muestras recolectadas en Antioquia ha arrojado valores que van desde 44.9 (Correa y Marín 2002) hasta 72.2%  (Soto y Valencia 2004) de la PC (tabla 3). Estas variaciones podrían estar asociadas al nivel de fertilización al que sometidas las praderas de kikuyo, ya que se ha reportado que a medida que se incrementa la fertilización con fuentes nitrogenadas, se presenta un incremento en la fracción *a* en detrimento de la fracción *b* (Rodríguez 1999). Otros autores, sin embargo, no encontraron diferencias en el porcentaje de esta fracción ni en el contendido de PC en el pasto kikuyo en función de la fertilización nitrogenada (Soto et al 2005).

***Fracción no degradable (fracción c)***

La fracción *c* de la proteína corresponde a la fracción que no es degradada en el rumen (NRC 2001). El cálculo de esta fracción en el pasto kikuyo mediante método *in situ*, ha arrojado valores que oscilan entre el 7.1 y 19.5% de la PC en el pasto kikuyo (Tabla 3).  El cálculo de la fracción *c* se realiza como la diferencia aritmética entre la PC total y la suma de las fracciones *a* y *b.*  Se considera que esta fracción pasa intacta al intestino delgado (NRC 2001).

***Método in vitro***

Uno de los métodos más complejos y detallados para evaluar la cinética ruminal de las proteínas de los alimentos es el Sistema de Carbohidratos y Proteínas Netas de Cornell (SCPNC) (Sniffen et al 1992). Este sistema, basado en evaluaciones *in vitro*, permite describir cinco fracciones en las proteínas que son denominadas como fracción A, B1, B2, B3 y C.

***Fracción A***

La fracción A en el SCPNC corresponde conceptualmente a la fracción A en el método *in situ* (Schwab et al 2003). Esta fracción es, sin embargo, estimada químicamente como la proporción de la PC que es soluble en una solución tampón de borato-fosfato, sin que se precipite con el ácido tricloro-acético o túngstico (Fox et al 2003, Licitra et al 1996, Sniffen et al 1992). Dicha fracción esta constituida principalmente por NNP (Licitra et al 1996, Sniffen et al 1992, Van Soest 1994). Rodríguez (1999), trabajando con muestras de pasto kikuyo y rye grass  recolectadas en los Valles de Chiquinquirá (Boyacá) y Simijaca (Cundinamarca) (altiplano cundiboyacence) y utilizando las técnicas descritas por Licitra et al (1996) encontró una mayor concentración de esta fracción en las muestras provenientes de los potreros fertilizados (Tabla 4).

***Fracción B1***

La fracción B1 de las proteínas dentro del SCPNC se calcula como el porcentaje de la PC total que es soluble en la solución tampón de borato-fosfato, pero que se precipita en la solución del ácido tricloro acético o túngstico (Fox et al 2003, Licitra et al 1996, Sniffen et al 1992). La tabla 4 indica que esta fracción representa un porcentaje menor de la PC y que su concentración se reduce con la fertilización nitrogenada (Rodríguez 1999).

***Fracción B2***

La fracción B2 de las proteínas es calculada como la diferencia entre la PC total del alimento y la suma de las demás fracciones (Sniffen et al 1992).  Rodríguez (1999) estimó que la concentración de esta fracción en mezclas de pasto kikuyo y rye grass en el altiplano cundiboyacence (tabla 4) corresponde, en promedio, al 40% de la PC total.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 4.**Contenido de proteína cruda y tres fracciones de la proteína en mezclas de pasto kikuyo y rye grass provenientes del altiplano cundi-boyacence1. | | | | |
|  | **Tratamientos** | | **EEM2** | ***p*** |
| **SF** | **F** |
| **PC,** % MS | 17.8 | 18.9 | 10.7 | 0.30 |
| **A,** % PC | 29.8 | 40.7 | 112 | 0.04 |
| **B1,** % PC | 7.41 | 1.24 | 67.2 | 0.05 |
| **B2,** % PC | 43.3 | 39.9 | 96.2 | 0.48 |
| **C,** % PC | 20.1 | 19.7 | 58.5 | 0.86 |
| *1Datos tomados de Rodríguez (1999)*  *2 Error Estándar de la Media* | | | | |

***Fracción B3***

Una porción de la proteína cruda de los forrajes se encuentra ligada a la fibra en detergente neutro (NIDN) y otra, más baja, a la fibra en detergente ácido (NIDA). En el SCPNC, la fracción B3 se calcula como la diferencia entre el NIDN y el  NIDA (Sniffen et al 1992), representando a la fracción con menor degradabilidad en el rumen dentro de las fracciones potencialmente degradables y, por lo tanto, una de las fracciones que tienen las mayores posibilidades de escapar a la degradación ruminal.

Los datos de la tabla 5 indican que la NIDN en el pasto kikuyo corresponde a aproximadamente el 21.5% de la PC y que la diferencia entre esta fracción y el NIDA, que corresponde a la fracción B3, es el 2.3% de la PC total.

***Fracción C***

El NIDA es considerado insoluble y no degradable en el rumen y representa a la fracción C en el SCPNC (Sniffen et al 1992). Contiene proteínas asociadas a la lignina o a los taninos y, en el caso de alimentos que se someten a altas temperaturas, a la proteína que forma los productos de la reacción de Maillard (Sniffen et al 1992). En las pruebas de degradación *in situ*, corresponde a la fracción *c* (NRC 2001, Sniffen et al 1992).

El contenido de NIDA en las muestras de pasto kikuyo analizadas en Antioquia, representa en promedio el 7.0% de la PC (tabla 5) contrastando con los valores reportados por Rodríguez (1999) en el altiplano cundiboyacence (tabla 4).  Como habría de esperarse, existe una alta correlación entre NIDA y la lignina. Esta es, sin embargo negativa (r = -0.92) indicando, no necesariamente un menor contenido de NIDA a medida que se incrementa la lignina en este pasto, si no, más bien la dilución de la NIDA a medida que se incrementa no solo la lignina si no, en general, las fracciones fibrosas que hacen parte de la MS.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 5.**  Contenido de proteína cruda, nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN), nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) y fracción B3 en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia | | | | |
|  | **PC** | **Porcentaje de la PC** | | |
| **NIDN** | **NIDA** | **B3** |
| Promedio | 20.5 | 21.5 | 7.00 | 2.32 |
| Máximo | 27.1 | 29.8 | 18.9 | 3.54 |
| Mínimo | 15.4 | 14.5 | 2.65 | 0.18 |
| C. V.,  % | 15.9 | 18.9 | 48.8 | 34.9 |
| n | 39 | 23 | 23 | 23 |

**Proteína degradable y no degradable en rumen.**

Como se señaló anteriormente, la fertilización nitrogenada no solo incrementa la proteína de los forrajes. También modifica la composición de esta fracción incrementando el nitrógeno no proteico y, por ende, la proteína degradable en el rumen (Carulla 1999,  Rodríguez 1999). En la tabla 6 se presenta un resumen de los valores estimados de la degradabilidad efectiva de la proteína en el rumen de 21 muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia.

En esta tabla se puede apreciar que, en promedio, el 55% de la PC se degrada en el rumen. Existe, sin embargo, una alta variabilidad en los parámetros de cinética ruminal de esta gramínea (tabla 3) lo que implica que los datos tabulados deben ser utilizados con mucha reserva para la formulación de raciones y que, para mejorar la precisión en la formulación, es necesario hacer análisis directos mediante pruebas *in situ* o *in vitro*.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 6.**  Proteína degradable (PDR) y no degradable en rumen (PNDR) en muestras de pasto kikuyo en Antioquia. | | | |
| **Alimento** | **PC** | **PDR** | **PNDR** |
| Promedio | 19.0 | 54.6 | 45.4 |
| Máximo | 21.5 | 63.2 | 57.1 |
| Mínimo | 16.6 | 42.9 | 36.8 |
| C. V., % | 10.0 | 7.20 | 8.67 |

La importancia de la PDR reside en que su destino más útil es la síntesis de proteína microbiana (Klopfenstein 1996). Sin embargo, como se discutirá más adelante, la eficiencia con la que la PDR se utilice para este fin depende de la concentración de azúcares fermentables en el rumen (Bach et al 2005).

**Digestibilidad posruminal de la proteína**

Muy pocos trabajos han reportado datos de digestibilidad posruminal de alguna fracción nutricional del pasto kikuyo no obstante la importancia que tiene este tipo de información. En la Sede de Medellín de la Universidad Nacional de Colombia se han adelantado tres trabajos para estimar la digestibilidad posruminal de la proteína cruda (DPRPC) en este pasto. En el primer trabajo, Castañeda y Duque (2005) apelaron a la técnica de los Tres Pasos (Calsamiglia y Stern 1995) utilizando las muestras evaluadas por Soto et al (2005). Estas mismas muestras también fueron utilizadas por Monsalve (2004) para estimar la DPRPC, basado, en su trabajo, en el uso de bolsas móviles de nilón suministradas oralmente a cerdos en levante como modelo biológico (Mustafa et al 2000). En la tabla 7 se presentan los resultados conjuntos de estos dos trabajos.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tabla 7.**  Digestibilidad posruminal de la PC en el pasto kikuyo evaluado mediante la técnica de las bolsas móviles de nilón y la técnica de los tres pasos | | |
| **Muestra1** | **DPRPC, %** | |
| **TP 2** | **BM** |
| Kikuyo 30SF | 52.5a | 58.0 |
| Kikuyo 60SF | 56.2a | 62.5 |
| Kikuyo 30CF | 43.4b | 56.4 |
| Kikuyo 60CF | 45.4b | 57.5 |
| Promedio | 49.4 | 58.5 |
| *p* | 0.014 | 0.54 |
| CME | 26.5 | 39.0 |
| C. V | 10.4 | 10.6 |
| *1 30SF = 30 días de rebrote sin fertilización nitrogenada; 60SF = 60 días de rebrote sin fertilización nitrogenada; 30CF = 30 días de rebrote con fertilización nitrogenada; 60SF = 60 días de rebrote con fertilización nitrogenada;       2 TP = Técnica de los tres pasos (Castañeda y Duque 2005); BM = Técnica de la bolsa móvil (Monsalve 2004)* | | |

En estos trabajos, las muestras del pasto kikuyo se recolectaron a los 30 ó 60 días de rebrote en parcelas que habían sido sometidas a fertilización con el equivalente a 0 ó 50 kg de N/ha/corte a partir de urea. Antes de la evaluación de la digestibilidad posruminal, las muestras fueron incubadas en el rumen durante 16 horas y luego, los residuos fueron sometidos a las pruebas de digestibilidad posruminal. En el caso de Castañeda y Duque (2005), los residuos fueron incubados en una solución de HCl / Pepsina durante una hora para, posteriormente, ser incubados en una solución de Pancreatina / Buffer durante 24 horas a 38oC.

En el caso de la evaluación adelantada por Monsalve (2004), los residuos de la incubación ruminal fueron empacados en bolsas de nilón de 1.5 x 2.5 cm, selladas al calor y posteriormente, introducidas oralmente y al azar en cuatro cerdos machos castrados de 60 Kg de peso. Las bolsas fueron recuperadas en las heces, lavadas, secadas y evaluadas para estimar la DPRPC.

Como se puede apreciar en la tabla 7, con la técnica de los tres pasos se observaron diferencias entre las muestras sin fertilizar y aquellas que fueron fertilizadas con  nitrógeno  (p<0.05) no obstante que en ningún otro parámetro, excepto en el contenido de cenizas y EE, se observaran diferencias entre la edad de corte y el nivel de fertilización nitrogenada (Soto et al 2005).

Los resultados obtenidos por Monsalve (2004) son más coherentes con los otros resultados observados en estas mismas muestras del pasto kikuyo analizadas por Soto et al (2005) ya que estos últimos autores no encontraron diferencias en el contenido ni en la cinética de la degradación ruminal de este pasto, debidas a la edad de corte o al nivel de fertilización nitrogenada. Por tal razón, no habría de esperarse diferencias en la DPRPC. El promedio obtenido por este autor para esta variable (58.6%) fue muy similar a la hallada por Caro y Correa (2006) en un experimento llevado a cabo posteriormente. Estos últimos autores utilizaron dos vacas holstein canuladas en el duodeno para estimar la DPRPC en muestras de pasto kikuyo cosechadas a dos edades de rebrote y cuyo promedio fue 57.6%.

Los valores encontrados por estos últimos autores (Monsalve 2004, Caro y Correa 2006), fueron ligeramente más bajos que los sugeridos por el NRC (2001) para henos de gramíneas con contenidos de FDN similares a los hallados en las muestras de pasto kikuyo evaluadas en estos trabajos. Igualmente, estos valores son más bajos que el asumido por varios sistemas de valoración de la proteína para rumiantes (80%) (Van der Honing y Alderman 1988). Este dato de 80% para la DPRPC fue el que se utilizó en la publicación del NRC para ganado lechero de 1989 y para ganado de carne en 1996. El sistema nórdico (NKJ-NJF 1985) asumía un valor de 53% para forrajes en tanto que para los alimentos concentrados era de 70%. Vérité et al (1987), por su parte, asignaron valores dependiendo del tipo de alimento los que oscilaban entre 50 y 90%. En otra publicación francesa (Jarrige 1989) estos valores fueron mucho más variables oscilando entre 25 y 95%, dependiendo, así mismo, del alimento evaluado, mientras que el sistema inglés (ARC 1984) asumía el dato de 80%, similar al que utilizaba el NRC (1989, 1996). Según Erasmus et al (1990) estos últimos datos son demasiado altos para forrajes, pero quizás más consistentes con lo que se pudiera esperar en concentrados.

La digestibilidad posruminal de la PC en los rye grasses (*Lolium perenne*) parece ser más alta que en el pasto kikuyo. Así lo muestran los resultados de Van Straalen et al (1993) quienes estimaron que la digestibilidad posruminal de la PNDR medida con bolsas móviles, fue del 84.3% para una digestibilidad total de la PC del 93%. Las muestras de rye grass evaluadas por estos autores, sin embargo, presentaron un menor contenido de FDN (51.3% de la MS) indicando que se trata de un pasto de mejor calidad que el kikuyo evaluado en este trabajo. Cone et al (2006), así mismo, encontraron que la digestibilidad posruminal de la PNDR en pasto rye grass, fue del 83% para una digestibilidad total de la PC de 90.8%. La DPRPC en el pasto kikuyo, por otro lado, parece ser más alta que en pastos tropicales tal y como lo muestran los resultados hallados por Mgheni et al (1996). Estos autores estimaron la digestibilidad intestinal de la PNDR de siete pastos tropicales mediante el sistema  finlandés de evaluación de proteínas, encontrando que esta osciló entre 0% para *Panicum maximun* y 36.5% para  *Chloris gayana*.

La digestibilidad promedio total de la PC del pasto kikuyo calculada a partir de la suma de la PDR y DPRPC, oscila entre 80 y 82% de la PC (Monsalve 2004, Caro y Correa 2006).

**Extracto etéreo**

El EE en los forrajes está compuesto por triacilglicéridos en las semillas, y galactolípidos y fosfolípidos en las hojas (Van Soest 1994). El contenido de EE en el pasto kikuyo encontrado en las muestras recolectadas en Antioquia (tabla 1) se encuentra dentro de los valores esperados para pastos tropicales (Van Soest 1994). En el caso particular del pasto kikuyo, Miles et al (2000) reportan valores que oscilan entre 0.56 y 5.81% de la MS.

El contenido de EE, sin embargo, no es un parámetro suficiente para establecer al valor nutricional de los alimentos para rumiantes, debido a la relación que se ha evidenciado entre el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados en la leche y la carne bovina y la salud de los consumidores (Bauman et al 1999). En el caso particular del ganado lechero, se ha establecido una relación directa entre su contenido de ácidos grasos saturados e insaturados en la leche y la cantidad de forraje consumido por las vacas (Dhiman et al 1999). Esto se debe, en buena medida, a la composición de ácidos grasos en los forrajes.

**Ácidos grasos saturados**

En general, el contenido de ácidos grasos saturados en los forrajes representa un porcentaje bajo del EE total (Bauchart et al 1984, Czerkawski 1967). De estos, los más abundantes son el ácido palmítico (C16:0) y el ácido esteárico (C18:0) (Bauchart et al 1984). El pasto kikuyo no parece ser la excepción, como lo muestran los datos obtenidos por Carulla (Comunicación personal) en muestras tomadas en la Sábana de Bogotá (tabla 8). El mayor contenido de C16:0 en el pasto kikuyo en comparación con C18:0 concuerda con los datos reportados por Czerkawski (1967) y Elgersma et al (2003) para el pasto rye grass. Estos autores encontraron que una mayor proporción de los ácidos grasos saturados correspondió a C16:0 siendo más bajo el contenido de C18:0. Una tendencia similar fue reportada por Wyss et al (2006) en mezclas de gramíneas solas o de gramíneas con trébol rojo y por Clapham et al (2005) en trece gramíneas forrajeras diferentes.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 8.**  Contenido de ácidos grasos en muestras de pasto kikuyo tomadas en la Sábana de Bogotá1 | | | | | |
| **Ácidos grasos, % del EE** | | | | | |
| **14:00** | **16:00** | **18:00** | **18:01** | **18:02** | **18:03** |
| - | 15.1 | 4.80 | 3.80 | 22.5 | 53.8 |
| *1 Carulla (Comunicación personal)* | | | | | |

**Ácidos grasos insaturados**

Los principales ácidos grasos insaturados presentes en el EE en las hojas de las gramíneas son el ácido linolénico (18:3) y ácido linoléico (18:2) (Dewhurst et al 2001, French et al 2000). Esta misma es la tendencia hallada en las muestras de pasto kikuyo analizadas por Carulla et al (Comunicación personal) (tabla 8). Czerkawski (1967), Elgersma et al (2003), Wyss et al (2006)  y Clapham et al (2005) también hallaron un mayor contenido de C18:3 en las diferentes especies de gramíneas que fueron evaluadas.

El contenido de los ácidos grasos insaturados en las gramíneas forrajeras y los factores que lo afectan, se ha convertido en el eje central de muchas investigaciones en la nutrición de los rumiantes en los últimos años (Loor et al 2003, Ward et al 2003, White et al 2001). Esto se debe al hecho de que estos son los precursores de los ácidos grasos linoléico conjugados (AGLC) w-3 y w-6 que se encuentran en los productos de los rumiantes (Dewhurst et al 2001, French et al 2000, Lawson et al 2001). Así, al incrementar el contenido de estos ácidos grasos en los pasto y el consumo de los mismos por los animales, mayor va a ser el contenido de AGLC en la leche (Lawson et al 2001) y en la carne de los rumiantes (Palmquist et al 2004). Esta es un área de investigación que apenas comienza en el país y que, seguramente reorientará mucha de la investigación y de las recomendaciones para el manejo nutricional de ganado lechero en Colombia.

**Fibra en detergente neutro**

El residuo que resulta de someter una muestra de alimento a la digestión con una solución neutra (pH 7.0) de lauril sulfato de sodio y EDTA, es denominada la fibra en detergente neutro (FDN) y está conformada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, presentando cantidades bajas de nitrógeno, minerales y cutina (Van Soest 1994). Aunque para algunos autores la determinación de la FDN es la forma más completa de medir el contenido de fibra total de los alimentos (Harris 1993),  debido a que la mayor parte de las pectinas se solubilizan en el detergente neutro, se considera que este método subestima la fibra total en el caso de los forrajes con alto contenido de pectinas (Van Soest 1994). Así mismo, en el caso de alimentos que son sometidos a altas temperaturas, una fracción de las proteínas son retenidas en la FDN sobreestimando la fibra total. Por estas razones, la FDN debe ser concebida más como la porción menos digerible de los alimentos (Van Soest 1994) que como una entidad biológica.

El contenido de FDN en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia (tabla 1) se encuentran dentro del rango reportado por Laredo y Mendoza (1982) en Cundinamarca y por Apráez y Moncayo (2000) en el departamento de Nariño. Marais (2001) reporta, así mismo, contenidos de FD en pasto kikuyo similares a los mostrados en la tabla 1. Miles et al (2000), por su parte, señalan que el contenido de FDN en este pasto se encuentra en un rango que va desde 42.3 hasta 84% de la MS.  El pasto kikuyo presenta, sin embargo, valores más altos de FDN que los rye grasses (Lee et al 2002, Smit et al 2005, Taweel et al 2005). Gaitán y Pabón (2002), trabajando en un hato lechero de Antioquia, reportaron igualmente una menor concentración de FDN en pasto rye grass (46.4% de la MS) en comparación con el que encontraron en pasto kikuyo cosechados a la misma edad y sometidos al mismo manejo agronómico (52.5% de la MS).

Para Marais (2001) el alto contenido de FDN del pasto kikuyo es uno de los factores más limitantes para la producción de leche por su relación negativa con la digestibilidad de la MS y, por lo tanto, con la energía disponible.

**Hemicelulosa**

La hemicelulosa constituye un grupo heterogéneo de polisacáridos cuya composición varía marcadamente entre especies vegetales. Esta es estimada como la diferencia entre la FDN y el residuo resultante de la digestión de la muestra en una solución ácida de detergentes cuaternarios, denominada fibra en detergente ácido (FDA) (Van Soest 1994). Durante este proceso, sin embargo, también se solubilizan algunas proteínas de la pared celular sobreestimando el contenido de hemicelulosa.

En la tabla 9 se indica que, en promedio, el contenido de hemicelulosa en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia asciende a 26.2% de la MS variando en un rango que va entre 21.5 y 29.4% de la MS. Estos valores son más bajos que los estimados por Apráez y Moncayo (2000) en el departamento de Nariño, quienes reportaron valores que oscilan entre 30.9 y 35.7% de la MS. Kamstra et al (1966), por su parte, encontraron que el contenido de hemicelulosa del pasto kikuyo varió en función de la edad de rebrote, oscilando entre 29.6 y 39.2% de la MS. Estos autores estimaron, además que un porcentaje significativo de la hemicelulosa en el pasto kikuyo esta constituido por xilosa y arabinosa. La glucosa y la galactosa representan un porcentaje más bajo de la hemicelulosa en este pasto.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 9.**   Contenido de fibra en detergente neutro, celulosa, hemicelulosa y lignina (% de la MS ) en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia. | | | | |
| **Fracción química** | **FDN** | **Hemicelulosa** | **Celulosa** | **Lignina** |
| Promedio | 58.1 | 26.2 | 26.9 | 5.88 |
| Máximo | 66.9 | 29.4 | 32.8 | 7.49 |
| Mínimo | 51.7 | 21.5 | 20.2 | 4.47 |
| C. V., % | 6.73 | 8.04 | 15.9 | 20.8 |
| n | 36 | 16 | 6 | 6 |

Soto et al (1980) estimaron que la digestibilidad de la hemicelulosa es más alta que el de la celulosa y que, además, se incrementa con la fertilización nitrogenada y con la edad de rebrote.

**Celulosa**

Al contrario que en la hemicelulosa, la celulosa presenta un bajo contenido de pentosas  estando constituida principalmente por glucosa en enlaces b 1–3 y b 1–4.   Es estimada como la diferencia entre la FDA y la lignina en detergente ácido (LDA) (Van Soest 1994).

Como se puede apreciar en la tabla 8, el contenido de celulosa encontrado en las muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia es muy similar al de la hemicelulosa, correspondiendo cada una de estas fracciones a cerca del 47% de la FDN. Resultados similares son reportados por Marais (2001) y Kamstra et al (1966). Laredo y Mendoza (1982) y Soto et al (1980), por el contrario, reportan un contenido más alto de hemicelulosa con relación a la celulosa en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Cundinamarca. Estos resultados coinciden con los hallados por Brand et al (1999) en Sudáfrica quienes reportan valores más altos de hemicelulosa en pasto kikuyo manejado bajo pastoreo continuo. En pastos tropicales tales como el *Pennisetum purpureum* Schum, el contenido de celulosa es invariablemente superior al de la hemicelulosa (Braga et al 2001). Correa et al (2004) trabajando con pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) también encontraron que la hemicelulosa representa un porcentaje mucho menor de la FDN que la celulosa.

**Lignina**

La lignina es un polifenol con una estructura no definida, que no presenta secuencias repetidas y cuyo tamaño no está bien definido (Ralph 1996). Se considera que la lignina es el factor más limitante en la digestibilidad de los forrajes (Jung y Vogel 1986, Jung et al 1997, Van Soest 1994). La manera en que la lignina afecta la digestibilidad de otras fracciones no está completamente comprendida (Van Soest 1994), sin embargo, parece estar asociada a tipos de enlaces entre la fracción fibrosa y la lignina tales como enlaces cruzados mono y diferulatos,  ciclodimeros de p-coumarato y posiblemente enlaces cruzados bencil éster y éter (Casler 2001, Casler y Jung 2006, Grabber et al 2004).

Existen diversos métodos para determinar el contenido de lignina (Kamstra et al 1966, Van Soest 1994, Hatfield y Fukushima 2005), cada uno de los cuales puede rendir cantidades diferentes. Así, normalmente la determinación mediante ácido sulfúrico al 72% (método Klason) rinde una mayor concentración que con el método del detergente ácido (Lignina en Detergente Ácido, LDA) de Van Soest (1963), siendo este último el más popular (Van Soest 1994).

El contenido de lignina hallado en las muestras de pasto kikuyo recolectadas es Antioquia utilizando el método LDA, oscila entre 4.5 y 7.5% de la MS (tabla 9), un rango que ligeramente más alto que el reporta Marais (2001) y que va desde 2.9 hasta 6% de la MS. Apraez y Moncayo (2000) reportaron valores entre 5.77 y 8.80% de lignina en muestras de kikuyo recolectadas en el departamento de Nariño. Kamstra et al (1966), por su parte, reportan un rango que oscila entre 3.4 y 5.9%. Estos últimos autores compararon el método LDA con el método Klason y encontraron que este último rinde hasta 4.2  veces más lignina.

Aunque ha sido reportado que el contenido de lignina en el pasto kikuyo se incrementa con la edad de rebrote (Kamstra et al 1966), trabajos más recientes indican que esta fracción no se modifica significativamente (Caro y Correa 2006, Soto et al 2005) o, por el contrario, se reduce con la edad de rebrote (Soto et al 1980). Esto podría deberse a que el hábito de crecimiento de esta forrajera favorece la relación hoja: tallo, y esta no se modifica substancialmente con la edad impidiendo, así, que la composición química del pasto cambie marcadamente (Caro y Correa 2006, Zapata 2000). Esto explicaría, así mismo, la reducción en la concentración de la lignina en este pasto a medida que se incrementa la fertilización nitrogenada (Soto et al 1980).

En la tabla 9 también se puede apreciar que la lignina representa aproximadamente el 10% de la FDN, un valor similar al hallado por Laredo y Mendoza (1982) en muestras de pasto kikuyo en la Sabana de Bogotá.

**Carbohidratos no estructurales**

Los CNE son la energía de reserva para el rebrote de las plantas (Tejos 1996) y se localizan preferentemente en las raíces y tallos basales de las gramíneas (Botrel y Gomide 1981). Sin embargo, además de cumplir con esta función de reserva, se ha demostrado que juegan un papel muy importante en la tolerancia de los pastos al congelamiento (Dionne  et al 2001, Shahba et al 2003). El valor nutricional de estos carbohidratos reside en que son la fuente de energía de rápida disponibilidad para el crecimiento de los microorganismos ruminales (Lee et al 2002, Miller et al 1999) de tal manera, que su contenido esta relacionado con la eficiencia en la utilización de la PDR para la síntesis de proteína microbiana (Marais 2001, Montoya et al 2004).

Los CNE están conformados por azúcares solubles e insolubles. Los azúcares solubles, a su vez, consisten principalmente en monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (sacarosa y maltosa) y polisacáridos como almidones y fructosanas (Smith 1973). Marais (2001) y Muscolo et al (2003) coinciden en señalar que en el pasto kikuyo los azúcares solubles consisten principalmente en sacarosa con pequeñas cantidades de glucosa y fructosa. Fulkerson et al (1999), por su parte, reportan que un poco más del 50% de los CNE en el pasto kikuyo están representados por almidones y el restante por azúcares solubles. Kaiser et al (2001) por el contrario, encontraron que cerca del 55% de los CNE en el pasto kikuyo correspondieron a los carbohidratos solubles, cuya concentración era más alta en las horas de la tarde.

En general, el contenido de CNE en el pasto kikuyo es inferior al reportado en otros pastos utilizados en la producción de leche como son los rye grasses (*Lollium perenne*) e, incluso, es inferior a los valores reportados en pastos tropicales. Así, Marais (2001) reporta que la concentración de CNE en pasto kikuyo puede oscilar entre 2.74 y 11.3% de la MS mientras que Kaiser et al (2001)  reportan valores  que oscilan entre 8.7 y 12.4% de la MS. Miles et al (2000), por su parte, reportan valores más bajos que van desde 1.04 hasta 9.18% de la MS. Por el contrario, Watts (2005) encontró que en *Lolium perenne*, var. Blend 4-5, las concentraciones de CNE oscilaron entre 27.3 y 33.1% de la MS. Juárez et al (1999), por su parte, trabajando con pastos tropicales en la costa del Golfo de México encontraron que el contenido de CNE puede alcanzar valores de 15.4% en *Digitaria decumbens* y en *Andropogon gayanus*, hasta valores tan altos como el hallado en *Panicum maximum* var. Vencedor, que fue de 22.3% de la MS.

La tabla 1 muestra que el promedio de CNE de esta gramínea en las muestras recolectadas en Antioquia es de 13.4% con un máximo de 17.2 y un mínimo de 8.93% de la MS. Estos valores son inferiores a las recomendaciones de CNE para ganado lechero y que oscilan entre 35 y 40% de la MS (NRC 2001, Stokes 1997) lo que se constituye en una de las principales limitaciones nutricionales del pasto kikuyo (Kaiser et al 2001, Marais 2001, Miles et al 2000).

La relación entre los CNE y la PDR necesaria para un óptimo crecimiento microbiano se ha estimado en un rango entre 3.2 y 3.5:1.0 (Rueda et al 2006). Sin embargo, en el pasto kikuyo esta relación es muy baja (tabla 10), con un promedio de 1.28 g/g.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 10.**   Relación CNE : PDR en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia | | | | |
|  | **PC** | **PDR** | **CNE** | **CNE : PDR** |
| Promedio | 19.1 | 10.6 | 13.4 | 1.28 |
| Máximo | 22.7 | 13.5 | 17.2 | 1.70 |
| Mínimo | 15.4 | 8.35 | 8.93 | 0.89 |
| C. V., % | 9.79 | 12.0 | 18.7 | 19.2 |

Esta baja relación entre los CNE y la PDR es lo que estaría explicando la menor síntesis de proteína microbiana estimada por Rueda et al (2006) y por Vargas y Mejía (2004) en vacas holstein alimentadas con pasto kikuyo.

La baja relación CNE : PDR se hace más dramática en la medida en que se intensifica la fertilización nitrogenada ya que, como se mencionó anteriormente, esta conduce al incremento en el contenido de la fracción soluble de la PC y, por ende, de la PDR, pero, por otro lado, reduce la concentración de CNE (Binnie et al 2001, Reid y Strachan 1974, Tas 2006).

Así, y en consonancia con lo señalado por Marais (2001), se puede señalar que el deficiente balance entre proteína y energía en el pasto kikuyo, se constituye en una de las principales limitaciones de este gramínea para la producción de leche.

**Cenizas y macrominerales**

El contenido de cenizas del pasto kikuyo presentado en la tabla 1 se encuentra en el rango estimado a partir de los datos reportados por Brand et al (1999). Estos autores hallaron que la materia orgánica del pasto kikuyo oscila entre 75.4 y 88.9% de la MS. Por lo tanto, por diferencia, se puede calcular que el contenido de cenizas varía entre 11.1 y 24.6% de la MS, que es un rango mucho más amplio que el hallado en las muestras recolectadas en Antioquia.

El contenido de cenizas totales no solo es importante por su relación directa con la concentración de ciertos minerales en particular, si no, además, por su relación con el contenido de energía de los forrajes. Dado que los minerales no aportan energía, en la medida en que su concentración se incremente, en esa medida se reduce la cantidad de energía disponible en los alimentos (NRC 2001).

En la tabla 11 se muestra el contenido de algunos minerales en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia y suministrados por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional, sede Medellín. En esta tabla se puede apreciar que bajo las condiciones de producción que predominan en Antioquia, el pasto kikuyo presenta contenidos promedio de P, Cu y Zn ligeramente más altos que los requerimientos para vacas holstein en producción mientras que muestra marcadas deficiencias en Ca y, particularmente, en Na. Al respecto, Marais (2001) señala que el pasto kikuyo tiene muy poca capacidad de absorber y transportar el Na hacia las hojas suministrando niveles limitantes de este mineral a los animales que lo consumen. Aunque el contenido promedio de S es similar a los requerimientos, la variación en los datos implica que un porcentaje importante de muestras pueden ser deficitarias en este elemento. Por el contrario, los contenidos de Mg, Fe, Mn y K, son mucho más altos que los requerimientos. Es de señalar que los altos contenidos de K en esta gramínea se han resaltado como una causa potencial de hipomagnesemia (Correa 2006b, Meeske et al 2006).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 11.**  Contenido de minerales en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia | | | | | | | | | | |
|  | **P** | **Ca** | **Mg** | **K** | **S** | **Fe** | **Mn** | **Cu** | **Zn** | **Na** |
| **% de la MS** | | | | | **ppm** | | | | |
| Promedio | 0.46 | 0.32 | 0.30 | 3.69 | 0.20 | 193 | 108 | 13.9 | 59.5 | 0.02 |
| Máximo | 0.58 | 0.42 | 0.36 | 5.12 | 0.35 | 554 | 357 | 29.0 | 117 | 0.04 |
| Mínimo | 0.28 | 0.21 | 0.22 | 1.68 | 0.08 | 63.0 | 49.0 | 7.00 | 30.00 | 0.01 |
| D. E. | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.77 | 0.07 | 140 | 85.1 | 5.00 | 25.70 | 0.01 |
| C. V., % | 18.1 | 15.5 | 12.5 | 20.9 | 36.5 | 72.9 | 78.8 | 36.3 | 43.2 | 40.2 |
| NRC 20011 | 0.32 | 0.62 | 0.18 | 1.00 | 0.20 | 12.3 | 14.0 | 11.0 | 43.0 | 0.22 |
| *1Requerimientos para vacas holstein con 90 días en lactancia y produciendo 25 litros de leche según el NRC (2001) (Tabla 14-7, pg 266).* | | | | | | | | | | |

Los valores promedio mostrados en la tabla 10 son muy similares a los reportados por Meeske et al (2006) y a los presentados por Dugmore (1998) en Sudáfrica para esta misma gramínea.

**Referencias**

**ARC (Agricultural Research Council) 1984** The nutrient requirements of ruminant livestock Supply; 1. Report of the protein group of the ARC working Party. Agricultural Bureau, Fambam Royal, UK

**Apráez E y Moncayo O A 2000** Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral; <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote14.htm>

**Bach A, Calsamiglia S and Stern M D 2005** Nitrogen Metabolism in the Rumen. Journal of Dairy Science. Volume 88 (E. Suppl.): E9–E21. Retrieved October 3, 2006, from <http://jds.fass.org/cgi/reprint/88/e_suppl_1/E9.pdf>

**Bach A, Stern M D, Merchen N R y Drackley J K 1998** Evaluation of selected mathematical approaches to the kinetics of protein degradation *in situ;* Journal of Animal Science. 76: 2885-2893 <http://jas.fass.org/cgi/reprint/76/11/2885.pdf>

**Bauchart D, Verité R and Rémond B 1984** Long-chain fatty acid digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn; Canadian Journal of Animal Science. 64 (Suppl.): 330 – 331.

**Bauman D E, Baumgard L H, Corl B A and Griinari J M 1999** Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants; Proceedings of the American Society of Animal Science. Indianapolis, Indiana. 15 p. <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf>

**Bauman D E, Mather I H, Wall R J and Lock A L 2006** Major Advances Associated with the Biosynthesis of Milk. Journal of Dairy Science. Volume 89: 1235 - 1243. Retrieved November 3, 2006, from <http://jds.fass.org/cgi/reprint/89/4/1235.pdf>

**Beede D K 2005** Formulating diets with optimum cation-anion difference for lactating dairy cows. In: Florida Ruminant Nutrition Symposium. 22 p. Retrieved October 3, 2006, from <http://dairy.ifas.ufl.edu/files/rns/2005/Beede.pdf>

**Binnie R C, Mayne C S and Laidlaw A S 2001** The effects of rate and timing of application of fertilizer nitrogen in late summer on herbage mass and chemical composition of perennial ryegrass swards over the winter period in Northern Ireland; Grass and Forage Science. 56: 46-56

**Botrel M A e Gomide J A 1981** Importancia do teor dos carbohidratos dos meristemas apicais para rebrote do capim Jaragua (*Hyparrhenis rufa* [Ness] Stapf); Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 10 (3): 411 - 426

**Braga A P, Ribeiro H U, Batista P, Batista P, Batista S, Lopes S H e Alves Z C 2001** Composição químico-bromatológica das silagens de capim-elefante cv. Cameron em cinco idades de corte; Caatinga, Mossoró-RN, 14 (1/2): 17-23. <http://www.ufersa.edu.br/caatinga/artigos/Caa1403.pdf>

**Brand T S, Franck F and Coetzee J 1999** Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture for sheep. 1. Pasture quality and nutrient intake of ewes; New Zealand Journal of  Agricultural Research. 42: 459 - 465. [www.rsnz.org/publish/nzjar/1999/50.pdf](http://www.rsnz.org/publish/nzjar/1999/50.pdf)

**Butler W R 1998** Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology; Journal of Dairy Science. 81: 2533 - 2539. http://jds.fass.org/cgi/reprint/81/9/2533

**Calsamiglia S and Stern MD 1995** A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants; Journal of Animal Science. 73: 1459-1465. http://jas.fass.org/cgi/reprint/73/5/1459

**Caro F y Correa H J 2006** Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macrominerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article # 10 Retrieved November 4, 2006, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/caro18143.htm>

**Carulla J E 1999** Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la proteína del forraje; En: Simposio Internacional sobre la Proteína en la Leche, Medellín. 7 p

**Carulla J E, Cárdenas E, Sánchez N y Riveros C 2004**  Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana; En: Eventos y Asesorías Agropecuarias EU (ed.), Seminario Nacional de  Lechería Especializada: “Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad”. Medellín, septiembre 1 y 2: 21 – 38.

**Carulla J E (Comunicación personal)** [jecarullaf@unal.edu.co](mailto:jecarullaf@unal.edu.co)

**Casler M D 2001** Breeding forage crops for increased nutritional value; Advances in Agronomy. 71: 51–107

**Casler M D and Jung H J 2006** Relationships of fibre, lignin, and phenolics to in vitro fibre digestibility in three perennial grasses. United States Department of Agriculture, Agriculture Research service. Retrieved 30 january 2007, from <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=173895>

**Castañeda M y Duque M 2005** Estimación de la digestibilidad intestinal de la proteína del pasto kikuyo (*Penissetum clandestinum*) sometido a dos niveles de fertilización nitrogenada y a dos edades de corte. Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.  20 p

**Castillo A R 2004** Impacto ambiental de los sistemas intensivos de producción de leche en los países desarrollados, problemas, soluciones y posibles escenarios futuros. XXXII Jornadas Uruguayas de Buitria, Paysandú Uruguay, Jun 10-12. 3 p. Retrieved October 3, 2006, from <http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/1529/21215.pdf>

**Čerešňáková Z, Fl'ak P, Poláčiková M and Chrenková M 2005** *In sacco* NDF degradability and mineral release from selected forages in the rumen. Czech Journal of Animal Science. Volume 7: 320 - 328 Retrieved November 4, 2006, from <http://www.cazv.cz/attachments/4-Ceresnakova.pdf>

**Clapham W M, Foster J G, Neel J P and Fedders J M 2005** Fatty acid composition of traditional and novel forages. Journal of Agricultural and Food Chemistry Volume 53 (26): 10068 - 10073

**Clark H, Klusmeyer T H and Cameron M R 1992** Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows; Journal of Dairy Science. (75): 2304 - 2323. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/75/8/2304>

**Cone J W, Van Gelder AH, Mathijssen-Kamman A A and Hindle V A 2006** Post-ruminal digestibility of crude protein from grass and grass silages in cows. Animal Feed Science and Technology Volume 128: 42–52

**Consejo Regional de la Cadena Láctea de Antioquia 2001** Acuerdo de competitividad de la cadena láctea de Antioquia; Medellín. 75 p [www.agrocadenas.gov.co/documentos/documentos\_iica/No%2020.pdf](http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/documentos_iica/No%2020.pdf)

**Corbellini C N 1998** Etiopatogenia e controle da hipocalcemia e hipomagnesemia em vacas leiteiras; Traduzido por González FHD. En: González F H D, Ospina H P e Barcellos J O J (eds) Anais do seminário internacional sobre deficiências minearis em rumiantes; Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS. Brasil. 28 p  <http://www6.ufrgs.br/bioquimica/extensao/defminrum.pdf>

**Correa H J 2002** El metabolismo del nitrógeno y su relación con las alteraciones reproductivas en vacas de alta producción; En: II Curso de Actualización en Reproducción Animal, Grupo de Investigación en Biotecnología Aplicada, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, 3 y 4 de octubre. 34 p

**Correa H J 2006a** Posibles factores nutricionales, alimenticios y metabólicos que limitan el uso del nitrógeno en la síntesis de proteínas lácteas en hatos lecheros de Antioquia Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article #43  Retrieved junio 17, 2006, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/3/corr18043.htm>

**Correa H J 2006b** Cinética de la liberación ruminal de macrominerales en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article # 31  Retrieved junio 17, 2006, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/2/corr18031.htm>

**Correa H J, Ceron J M, Arroyave H, Henao Y y López A 2004** Pasto Maralfalfa: mitos y realidades. En: IV seminario internacional Competitividad en carne y leche. Cooperativa Colanta, Hotel Intercontinental de Medellín, Noviembre 10 y 11: 231 - 274

**Correa L y Marín M 2002** Balance energético y proteico en vacas peri parturientas y la relación con su estado metabólico; Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 50 p

**Czerkawski J W 1967** Effect of storage on the fatty acids of dried ryegrass; British Journal of Nutrition. 21: 599 - 599

**Dalgleish D G 1992** Bovine milk protein properties and the manufacturing quality of milk; Livestock Production Science. 35: 75-93

**Dennison C and Phillips A M 1983** Estimation of the duodenal amino acids supply in ruminants by amino acid analysis of the productos of digestion *in vitro*; South African Journal of Animal Science. 13: 120 – 126

**Dewhurst R J, Scollan N D, Youell S J, Tweed J K S and Humphreys M O 2001** Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses; Grass and Forage Science. 56: 68-74

**Dhiman T R, Anand G R, Satter L D and Pariza M W 1999** Conjugated Linoleic Acid Content of milk from cows fed Different Diets; Journal of Dairy Science. 82: 2146-2156. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/82/10/2146.pdf>

**Dhingra A, Portis A R and Daniel H 2004** Enhanced translation of a chloroplast-expressed RbcS gene restores small subunit levels and photosynthesis in nuclear RbcS antisense plants. Proceedings of National Academic Sciences U S A. Volume 101 (16): 6315 – 6320. Retrieved noember 16, 2006, from <http://www.pubmedcentral.gov/articlerender.fcgi?tool=pubmed&pubmedid=15067115>

**Dionne J, Castonguay Y, Nadeau P and Desjardins Y 2001** Freezing Tolerance and Carbohydrate Changes during Cold Acclimation of Green-Type Annual Bluegrass (*Poa annua* L.) Ecotypes; Crop Science 41:443–451. <http://crop.scijournals.org/cgi/reprint/41/2/443.pdf>

**Dugmore T J 1998** Energy and mineral content of kikuyu; In: Bartholomew P E (Editor) Proceedings of a Kikuyu Technology Day, held at Cedara on 25 November, KwaZulu-Natal Department of Agriculture 16 <http://agriculture.kzntl.gov.za/portal/publications/books/kikuyu_technology_day/kikuyu_page4.htm>

**Dugmore T J, van Ryssen J B J and Stielau W J 1986** Effect of fibre and nitrogen on the digestibility of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*); South African Journal of Animal Science 16: 197

**Elgersma A, Ellen G, van der Horst H, Muuse B G, Boer H and Tamminga S  2003** Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), affected by cultivar and regrowth interval; Animal Feed Science and Technology 108: 191–205

**Emmanuele S M and Staples C R 1988** Effect of forage particle size on *in situ* digestion kinetics; Journal of Dairy Science. 71: 1947-1954. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/71/7/1947.pdf>

**Emanuele S M, Staples C R and Wilcox C J 1991** Extent and site of mineral release from six forage species incubated in mobile dacron bags; Journal of Animal Science. 69: 801 – 810. <http://jas.fass.org/cgi/reprint/69/2/801.pdf>

**Erasmus L J, Botha P M Lebzien P and Meissner H 1990** Composition and intestinal duodenal digesta in cows digestibility of rumen fermented feeds and using bag techniques; Journal of Dairy Science. 73: 3494 - 3501. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/73/12/3494.pdf>

**Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) 1999** La utopía de un modelo de desarrollo agropecuario; En: La ganadería bovina en Colombia 1997 – 1998: 45 – 64

**Federación Internacional de Lechería y de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FIL/ONUAA) 2004** Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. Roma, Italia. 38 p. Retrieved june 23, 2005, from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5224s/y5224s00.pdf>

**Fox D G, Tylutki T P, Tedeschi L O, Van Amburgh M E, Chase L E, Pell A N, Overton T R, and Russell J B 2003** The Net Carbohydrate And Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. CNCPS version 5.0. Model Documentation; The Cornell University Nutrient Management Planning System. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, New York. 292 p <http://www.cncps.cornell.edu/download/CNCPSManual.pdf>

**French P, Stanton C, Lawless F, O’Riordan E G , Monahan F J , Caffrey P J, and  Moloney A P 2000** Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets; Journal of Animal Science 78: 2849–2855 <http://jas.fass.org/cgi/reprint/78/11/2849.pdf>

**Fukumoto G K and Lee C N 2003** Kikuyugrass for Forage; College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. LM-5. 4 pg. [www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/LM-5.pdf](http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/LM-5.pdf)

**Fulkerson W J, Slack K and Havilah E 1999** The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*); Tropical Grasslands. 33: 138 – 145 <http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_33_1999/Vol_33_03_99_pp138_145.pdf>

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

**Gloser V 2002** Seasonal changes of nitrogen storage compoundsin a rhizomatous grass *Calamagrostis epigeios*; Biologia Plantarum 45: 563-568

**Goff J P, Sánchez J M, Horst R L 2005** Hypocalcemia: biological effects and strategies for prevention. Nutrition Conference,  University of Tennessee, Department of Animal Science, UT Extension and University Professional and Personal Development. 6 p. Retrieved September 18, 2006, from  [www.tennesseenutritionconference.org/pdf/Proceedings2005/JeffGoff.pdf](http://www.tennesseenutritionconference.org/pdf/Proceedings2005/JeffGoff.pdf)

**Grabber J H, Ralph J, Lapierre C and Barrière Y 2004** Genetic and molecular basis of grass cell-wall degradability. I. Lignin–cell wall matrix interactions. Comptes  Rendus Biologies Volume 327: 455–465. Retrieved October 3, 2006, from [www.dfrc.wisc.edu/DFRCWebPDFs/2004-Grabber-CR-327-455.pdf](http://www.dfrc.wisc.edu/DFRCWebPDFs/2004-Grabber-CR-327-455.pdf)

**Hanigan M D 2005** Quantitative aspects of ruminant splanchnic metabolism as related to predicting animal performance. Animal Science Volume 80: 23 - 32. Retrieved October 3, 2006, from <http://www.bsas.org.uk/Publications/Animal_Science/2005/Volume_80_Part_1/23/AS.pdf>

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

**Hart J M, Marx E S, Christensen N W and Moore J A 1997** Nutrient management strategies; Journal of Dairy Science 80: 2659 – 2666 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/80/10/2659?ck=nck>

**Hatfield R and Fukushima R S 2005** Can Lignin Be Accurately Measured? Crop Science. Volume 45: 832–839. Retrieved October 3, 2006, from <http://crop.scijournals.org/cgi/reprint/45/3/832.pdf>

**Hedqvist H 2004** Metabolism of soluble proteins by rumen microorganisms and the influence of condensed tannins on nitrogen solubility and degradation.  Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 40 p. Retrieved May  13, 2005, from <http://diss-epsilon.slu.se/archive/00000684/01/HH_kappa_final_version.pdf>

**Holmann F, Rivas L, Carulla J, Giraldo L, Guzmán S, Martínez M, Rivera B, Medina A y Farrow A 2003** 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. 53 p. <http://www.ciat.cgiar.org/tropileche/articulos.pdf/ArtCol_Esp_May_2003.pdf>

**Huth P J, DiRienzo D B and Miller G D 2006** Major Scientific Advances with Dairy Foods in Nutrition and Health. Journal of Dairy Science Volume 89: 1207-1221. Retrieved January 22, 2007, from <http://jds.fass.org/cgi/reprint/89/4/1207.pdf>

**Jarrige R 1989** Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables; Institut National de la Recherche Agronomique, Libbey, Eurotext, Paris, France. 400 p

**Juárez F I, Fox D G, Blake R W, and Pell A N 1999** Evaluation of tropical grasses for milk productionby dual-purpose cows in tropical Mexico; Journal of Dairy Science. 82:2136–2145 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/82/10/2136.pdf>

**Jung H G, Mertens D R and Payne A J 1997** Correlation of Acid Detergent Lignin and Klason Lignin with Digestibility of Forage Dry Matter and Neutral Detergent Fiber; Journal of Dairy Science 80: 1622 – 1628 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/80/8/1622.pdf>

**Jung H G and Vogel K P 1986** Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material; Journal of Animal Science 62:1703 - 1712 <http://jas.fass.org/cgi/reprint/62/6/1703.pdf>

**Kaiser A G, Piltz J W, Hamilton J F and Havilah E J 2001**  Effect of time of day on the water soluble carbohydrate content of kikuyu grass; FAO, Electronic Conference on Tropical Silage. Roma, Italy. Pg 65. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gp/SILAGE/HTML/8P3.htm>

**Kamstra L D, Stanley R W and Ishizaki S M 1966** Seasonal and Growth Period Changes of Some Nutritive Components of Kikuyu Grass; The Journal of Range Management 19: 288 – 291  <http://jrm.library.arizona.edu/data/1966/195/12kams.pdf>

**Kiviste A, Álvarez J G, Rojo A y Ruíz A D 2002** Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal; INIA. Madrid, España. 190 p

**Klopfenstein T 1996** Need for escape protein by grazing cattle; Animal Feed Science and Technology 60: 191- 199

**Knowlton K F 1998** Environmental implications of nutrition and feeding management; Department of Dairy Science, Virginia Tech. <http://www.dascvt.edu/nutritioncc/%20knowlton98.pdf>

**Lapierre H, Berthiaume R, Raggio G, Thivierge M C, Doepel L, Pacheco D, Dubreuil P and Lobley G E 2005** The route of absorbed nitrogen into milk protein. Animal Science Volume 80: 11 - 22. Retrieved January 23, 2007, from [http://www.bsas.org.uk/Publications/Animal\_Science/%3Fprint%3D1/Volume\_80\_Part\_1/11/AS.pdf](http://www.bsas.org.uk/Publications/Animal_Science/?print=1/Volume_80_Part_1/11/AS.pdf)

**Laredo M A 1988** Tabla de contenido nutricional en pastos y forrajes de Colombia; Medellín: ICA – Colanta. 40 pg.

**Laredo M A y Mendoza P E 1982** Valor nutritivo de pastos de zonas frías. I pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst). Anual y estacional; Revista ICA (Bogotá) 17: 157 – 167

**Lawson R E, Moss A R and Givens D I 2001** The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man’s diet: a review; Nutrition Research Reviews 14: 153–172

**Lee M R F, Brooks A E, J M Moorby, Humphreys M O, Theodorou M K, MacRae J C and Scollan N D 2002** *In vitro* investigation into the nutritive value of *Lolium perenne* bred for an elevated concentration of water-soluble carbohydrate and the added effect of sample processing: freeze-dried and ground vs. frozen and thawed; Animal Research 51: 269 – 277 <http://www.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2002/04/01.pdf?access=ok>

**León J, Mojica J E, Castro E, Cárdenas E, Pabón M L y Carulla J E 2007** Balance de nitrógeno y fósforo de vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Trabajos presentados: Nutrición y alimentación animal (monogástricos) Volume 20 (4): 615 <http://rccp.udea.edu.co/v_actual/>

**Licitra G, Hernandez T M and Van Soest P J 1996** Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds; Animal Feed Science and Technology 57: 347-358

**Loor J J, Soriano F D, Lin X, Herbein J H and C E Polan 2003** Grazing allowance after the morning or afternoon milking for lactating cows fed a total mixed ration (TMR) enhances trans11-18:1 and cis9,trans11-18:2 (rumenic acid) in milk fat to different  extents; Animal Feed Science and Technology 109: 105–119

**Lyons R K, Machen R, and Forbes T D A 1997** Why Range Forage Quality Changes; Texas Agricultural Extension Service, document B-6036. 8 p. <http://animalscience.tamu.edu/ansc/publications/beefpubs/B6036-rangeforage.pdf>

**Mackle T R, Bryant A M, Petch S F, Hooper R J and M J Auldist 1999** Variation in the composition of milk protein from pasture-fed dairy cows in late lactation and the effect of grain and silage supplementation; New Zealand Journal of Agricultural Research  42: 147-154  <http://www.rsnz.org/publish/nzjar/1999/18.pdf>

**MacRae J, O’Reilly L and Morgan P 2005** Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. Livestock Production Science Volume 94: 95–103 Retrieved October 3, 2006, from <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=IssueURL&_tockey=%23TOC%235110%232005%23999059998%23597772%23FLA%23&_auth=y&view=c&_acct=C000055778&_version=1&_urlVersion=0&_userid=1998314&md5=67f89194e02ad6827021e75b998e16e9>

**Marais J P 1997** Nitrate and oxalates; In: D’Mello J P F (editor) Plant and fungal toxicants. CRC Press, New Cork. pp. 205 – 218

**Marais J P 2001** Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) - a review; Tropical grasslands 35: 65 – 84 <http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_35_2001/Vol_35_02_01_pp65_84.pdf>

**Marais J P, Therion J J, Mackie R I, Kistner A,  and Dennison C 1988** Effect of nitrate and its reduction products on the growth and activity of the rumen microbial population; British Journal of Nutrition 59: 301-313

**Marschner H 1990** Functions of mineral nutrients: macronutrients; In: Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego, CA. Chapter 8: 195 – 267

**Meeske R, Rothauge A, van der Merwe G D and Greyling J F 2006** The effect of concentrate supplementation on the productivity of grazing Jersey cows on a pasture based system. South African Journal of Animal Science Volume 36 (2): 105 – 110. Retrieved February 14, 2007, from <http://www.sasas.co.za/publications/meesker36issue2.pdf?sID>=

**Messman M A, Weiss W P and Erickson D O 1992** Effects of nitrogen fertilization and maturity of bromegrass on nitrogen and amino acids utilization by cows; Journal of Animal Science 70: 566 – 575  <http://jas.fass.org/cgi/reprint/70/2/566.pdf>

**Messman M A, Weiss W P and Koch M E 1994** Changes in total and individual proteins during drying, ensiling, and ruminal fermentation of forages; Journal of Dairy Science 77: 492-500  <http://jds.fass.org/cgi/reprint/77/2/492.pdf>

**Mghen D M, Hvelplund T and Weisbejerg M R 1996** Rumen degradability of dry matter and protein in tropical grass and legume forages and their protein values expressed in the AAT-PBV protein evaluation system; In: Ndikumana J and de Leeuw P (editors) Sustainable Feed Production and Utilization for smallholder Livestock Enterprises in Sub-Saharan Africa. Proceedings of the Second African Feed Resources Network (AFRNET), Harare, Zimbabwe, 6–10 December. Nairobi, Kenya: AFRNET (African Feed Resources Network) <http://www.ilri.org/InfoServ/Webpub/Fulldocs/Afrnet/Rumen.htm#TopOfPage>

**Michalet-Doreau B and Nozière P 1999** Intérêts et limites de l’utilisation de la technique des sachets pour l’étude de la digestion ruminale ; INRA Production Animale 12 (3): 195-206  <http://www.inra.fr/internet/Produits/PA/an1999/num993/michal/bm993.htm>

**Mila A y Corredor G 2004** Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost; Revista Corpoica 5 (1): 70 – 75 <http://www.corpoica.org.co/Archivos/Revista/11RecuperacionPraderas_pp70-75_RevCorpo_v5n1.pdf>

**Miles N, Thurtell L and Riekert S 2000** Quality of Kikuyu herbage from pastures in the Eastern Cape coastal belt of South Africa. South African Journal of Animal Science 30 (Supplement 1): 85 – 86

**Miller L A, Theodorou M K, MacRae J C, Evans R T, Adesogan A T, Humphreys M O, Scollan N D and Moorby J M 1999** Milk production and N partitioning responses in dairy cows offered perennial ryegrass selected for high water soluble carbohydrate concentrations. South African Journal of Animal Science 29 (ISRP): 321-322

**Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) 2007** Resolución 0012, Sistema de pago de la leche cruda al productor. Retrieved October 26, 2007, from <http://www.minagricultura.gov.co/archivos/resolucion_012_2007.pdf>

**Ministerio de la Protección Social (MPS) 2006** Decreto 616 del 2006. 32 p. Retrieved October 26, 2007, from <http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2006103010449_decreto_616_28_02_06.pdf>

**Minson D J 1990** Forage in ruminant nutrition; Academic Press, San Diego, Cal. 483 p.

**Monsalve F 2004** Comparación de dos métodos para estimar la digestibilidad posruminal de la proteína cruda del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Trabajo de grado de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 18 p.

**Montoya N F, Pino I D y Correa H J 2004** Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volume 17: 241 - 249. Retrieved December 2, 2004, from <http://kogi.udea.edu.co/revista/17/17-3-4.pdf>

**Muscolo A, Panuccio MR and Sidari M 2003** Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst); Plant Science 164: 1103-1110

**Mustafa A F, Qiao S Y, Thacker P A, Mckinnon J J, Christensen D A and Chaplin R K 2000** Assessmentrof the value of cannulated pigs for measuring intestinal protein digetibility of ruminal undegrade protein of canola meal; Canadian Journal of Animal Science (80) 519 - 522

**Naranjo H 2002** Evaluación nutricional del pasto kikuyu a diferentes edades de corte; Despertar Lechero (Colombia) 20: 149 – 167

**National Dairy Council 2006** Emerging health benefits of dairy proteins. The Dairy Council Digest. Volume 77 (4): 19-24. Retrieved December 2, 2006, from <http://www.nationaldairycouncil.org/NationalDairyCouncil/Health/Digest/dcd77-4Page3.htm>

**NRC (National Research Council) 1989** Nutrient requirements of dairy cattle; 6th revision. edition. Update 1989. National Academic Press. Washington, DC.

**NRC (National Research Council) 1996** Nutrient requeriments of beef cattle. Seventh revised edition; National Academy Press, Washington, D.C. 233 p

**NRC (National Research Council) 2001** The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh edition; National Academy Press, Washington, D. C. 381 p.

**Nielsen A H and Kristensen I S 2005** Nitrogen and phosphorus surpluses on Danish dairy and pig farms in relation to farm characteristics. Livestock Production Science. Volume 96: 97–107

**NKJ-NJF (Norsdisk Kontaktorgan For Jordbrugsforskning/Nordikse Jordbrugsforskeres Forening) 1985** Introduction of the Nordic protein evaluation system for ruminants into practice and future research requirements. Proposals by the NKJ-NJF protein group. Acta Agriculturæ Scandinavia 25 (Suppl.): 216 – 220

**Orozco F H 1992** Valor fertilizante del estiércol líquido porcino (ELP) “porquinaza”en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Hoechst). Despertar Lechero (Colombia). 8: 46 – 56

**Ørskov E R and McDonald I 1979** The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage; Journal of Agriculture Science 92: 499 - 503

**Osorio F 1999** Efecto de la dieta sobre la composición de la leche; En: Memorias, I Seminario Internacional sobre avances en nutrición y alimentación animal, Medellín, marzo 18 - 19

**Palmquist D L, St-Pierre N, and McClure K E 2004** Tissue fatty acid profiles can be used to quantify endogenous rumenic acid synthesis in lambs. Journal of Nutrition. Volume 134: 2407–2414. Retrieved August 7, 2006, from <http://jn.nutrition.org/cgi/reprint/134/9/2407.pdf>

**Parodi P W 1999** Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat; Journal of Dairy Science 82: 1339–1349 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/82/6/1339.pdf>

**Parra J E 2000** Evaluación de la proteína del pasto kikuyo a diferentes edades de crecimiento; Informe de Pasantía de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 24p.

**Pérez J 2000** Cooperativa COLANTA exportadora; Cooperativa COLANTA, Informe y balance 1999

**Peyraud J L 2000** Fertilisation azotée des prairies et nutrition des vaches laitières. Conséquences sur les rejets d’azote ; INRA Production Animale 13: 61-72 <http://www.inra.fr/internet/Produits/PA/an2000/num201/peyraud/jp201.htm>

**Ralph J 1996** Cell Wall Cross-linking in Grasses; Informational Conference with Dairy and Forage Industries, US Dairy Forage Research Center. 8 p.

**Read J W and Fulkerson W J 2003** Managing kikuyu for milk production; Agfact P2.5.3, third edition. State of New South Wales, NSW Agriculture. 4 p. <http://www.agric.nsw.gov.au/reader/past-management/p253.pdf>

**Reeves M, Fulkerson WJ and Kellaway RC 1996** Forage quality of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*): the effect of time of defoliation and nitrogen fertiliser application and in comparison with perennial ryegrass (*Lolium perenne*); Australian Journal of Agricultural Research 47(8): 1349 – 1359

**Reid D and Strachan N H 1974** The effects of a wide range of nitrogen rates on some chemical constituents of herbage from perennial ryegrass swards with and without white clover; Journal of Agricultural Science, Cambridge 83: 393-401

**Rodríguez D 1999** Caracterización de la respuesta a la fertilización en producción y calidad forrajera en los valles de Chiquinquirá y Simijaca (Estudio de caso); Trabajo de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Carrera de Zootecnia. 105 p.

**Rueda S, Taborda L, Correa H J  2006** Relación entre el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno y algunos parámetros metabólicos y productivos en vacas lactantes de un hato lechero del Oriente Antioqueño. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volume 19: 27 – 38. Retrieved September 19, 2006, from <http://rccp.udea.edu.co/v_anteriores/19-1/pdf/v19n1a04.pdf>

**Rulquin H, Rigout S, Lemosquet S and Bach A 2004** Infusion of glucose directs circulating amino acids to the mammary gland in well-fed dairy cows. Journal of Dairy Science Volume 87: 340 -349. Retrieved June 14, 2005, from <http://jds.fass.org/cgi/reprint/87/2/340>

**Schwab C G, Tylutki T P, Ordway R S, Sheaffer C and Stern M D 2003** Characterization of Proteins in Feeds; Journal of Dairy Science 86:(E. Suppl.): E88–E103 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/86/13_suppl/E88.pdf>

**Shahba M A, Qian Y L, Hughes H G, Koski A J and Christensen D 2003** Relationships of Soluble Carbohydrates and Freeze Tolerance in Saltgrass; Crop Science 43:2148–2153 <http://crop.scijournals.org/cgi/reprint/43/6/2148.pdf>

**Smit H J, Tas B M, Taweel H Z, Tamminga S and Elgersma A 2005** Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivar effects on grass productivity, nutritive quality and herbage intake under grazing. In: Smit H J. Perennial ryegrass for dairy cows: Effects of cultivar on herbage intake during grazing. Ph. D. Thesis, Wageningen University, the C.T. de Wit Graduate School for Production Ecology and Resource Conservation (PE&RC), Wageningen, The Netherlands. Ch 4. pp 53 – 68. Retrieved June 14, 2006, from <http://library.wur.nl/wda/dissertations/dis3735.pdf>

**Smith D 1973** Influence of drying and storage conditions on non-structural carbohydrates of herbages tissue; a review. Journal of British Grassland Society 28 (3): 129- 134

**Sniffen C J, O’Connor J D, Van Soest P J, Fox D G and Russell J B 1992** A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability; Journal of Animal Science 70: 3562 – 3577 <http://jas.fass.org/cgi/reprint/70/11/3562.pdf>

**Soto L, Laredo M A y Alarcón E 1980** Digestibilidad y consumo voluntario del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst) en ovinos bajo fertilización nitrógenada; Revista ICA, 15 (2): 79 – 90

**Soto C P y Valencia A 2004** Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre la valoración nutricional y la degradación de la proteína del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hochst). Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 30 p.

**Soto C, Valencia A, Galvis R D y Correa H J 2005** Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volume 18 (1): 17 - 26. Retrieved December 10, 2005, from <http://rccp.udea.edu.co/v_anteriores/18-3/pdf/18-1-3.pdf>.

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

**Strickland G, Selk G, Zhang H and Step DL 1996** Nitrate toxicity in livestock; Oklahoma Cooperative Extension. Fact Sheet F-2903. 8 p. <http://osuextra.okstate.edu/pdfs/F-2903web.pdf>

**Sukkar S G and Bounous G 2004** The role of whey protein in antioxidant defence. Rivista Italiana di Nutrizione Parenterale ed Enterale. Volume 22 (4): 193-200. Retrieved June 5, 2006, from <http://www.wichtig-publisher.com/ntm/subs%202004/vol.22no.4/04%20Sukkar.pdf>

**Taiz L and Zeiger E 2006**  Plant Physiology. Ch 8. Photosynthesis: Carbon Reactions. Sinauer Associates, USA. 705p.

**Tas B M 2006** Nitrogen utilization of perennial ryegrass in dairy cows. In: Elgersma A., Dijkstra J. and Tamminga S. (editors.), Fresh Herbage for Dairy Cattle. Pp: 125-140. Retrieved March 16, 2007, from <http://library.wur.nl/frontis/perennial_ryegrass/07_tas.pdf>

**Taweel H Z, Tas B M, Smit H J, Elgersma A, Dijkstra J and Tamminga S 2005** Effects of feeding perennial ryegrass with an elevated concentration of water-soluble carbohydrates on intake, rumen function and performance of dairy cows. Animal Feed Science and Technology Volume 121: 243–256

**Tedeschi L O, Pell A N, Fox D G, and Llames C R 2001** The amino acid profiles of the whole plant and of four plant residues from temperate and tropical forages; Journal of Animal Science 79: 525 – 532 <http://jas.fass.org/cgi/reprint/79/2/525.pdf>

**Tejos R 1996** Carbohidratos no estructurales totales en dos gramíneas nativas de sabanas bien drenadas; Archivos Latinoamericanos de Producción. Animal 4 (2): 134

**Thuen E and Vik-Mo L 1985** Protein evaluation for ruminants; NKJ-NJF Seminar No. 72. Copenhagen. Acta Agriculturæ Scandinavia (Suppl. 25)

**Underwood E J and Suttle N F 1999** The mineral nutrition of livestock; 3rd Edition. CABI publishing, Wallingford, UK. 600 p.

**Urbano D 1997** Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales; Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ).  14: 129-139. <http://www.revfacagronluz.org.ve/v14_1/v141z011.html>

**US Food and Drug Administration (US FDA) 2003** Questions and answers about trans fat nutrition labeling. Retrieved June 22, 2006, from [www.cfsan.fda.gov/~dms/qatrans2.html](http://www.cfsan.fda.gov/~dms/qatrans2.html)

**Van der Honing Y and Alderman G 1988** Feed evaluation and nutritional requirements. III. 2. Ruminants; In: Livestock Feed Resources and Feed Evaluation in Europe (Eds. F. De Boer and H. Bikel). Livestock Production Science 19: 217-278

**Van Horn H H, Wilkie A C, Powers W J and Nordstedt R A 1994** Components of dairy manure management systems; Journal of Dairy Science 77: 2008 - 2030 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/77/7/2008>

**Van Soest P J 1963** Use of detergents in the analysis of fibrous foods. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin; Association of Official Agricultural Chemists 46:829–835

**Van Soest P J 1994** Nutritional ecology of the ruminant; Cornell University Press, Cornell University, Ithaca, New York.  476 p.

**Van Straalen W M, Dooper F M H, Antoniewicz A M, Kosmala I and Van Vuuren A M. 1993** Intestinal digestibility in dairy cows of protein from grass and clover measured with mobile nylon bag and other methods; Journal of Dairy Science 76: 2970–2981 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/76/10/2970.pdf>

**Vandehaar M J 1998** Efficiency on nutrient use and relationship to profitability on dairy farms; Journal of Dairy Science (81) 272 - 282 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/81/1/272>

**Vargas E A y Mejía D C 2004** Efecto de diferentes regímenes de alimentación en vacas holstein lactantes sobre el flujo de proteína microbiana al duodeno; Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 31 p.

**Vérité R, Michalet-Doreau  B, Chapoutof P, Peyraacz J L and Pomt C 1987** Révision du system des protéines digestibles dans 1' intestin P.D.I ; Bulletin Technique Centre de Recherches Zootechniques et  Vétérinaires,  Theix, Institut National de la Recherche Agronomique 79:19 - 34

**Ward A T, Wittenberg K M, Froebe H M, Przybylski R and Malconlmson L 2003** Fresh forage and solin supplementation on conjugated linoleic acid levels in plasma and milk; Journal of Dairy Science 86: 1742-1750 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/86/5/1742.pdf>

**Watts K 2005** Water soluble carbohydrate content of forages in autumn. Poster abstract, proceedings: Countermeasures to Laminitis, Waltham Nutritional Symposium, Washington, DC. Retrieved September 2, 2007, from <http://safergrass.org/pdf/WalthamFallgrass.pdf>

**White S L, Bertrand J A, Wade M R, Washburn S P, Green Jr J T and Jenkins T C 2001** Comparison of fatty acid content of milk from jersey and holstein cows consuming pasture or a total mixed ration; Journal of Dairy Science 84: 2295–2301 <http://jds.fass.org/cgi/content/abstract/84/10/2295>

**Wyss U, Morel I and Collomb M 2006** Fatty acid content of three grass/clover mixtures. Grass Science in Europe. Volume 11: 348 – 350. Retrieved April 10, 2007, from <http://www.db-alp.admin.ch/de/publikationen/docs/pub_WyssU_2006_16192.pdf>

**Youngner V B, Wright W W and Zimmerman E 1971** Kikuyugrass-Its management and control; California Turfgrass Culture 21: 1 – 3. <http://ohric.ucdavis.edu/Newsltr/CTC/ctcv21_1.pdf>

**Zapata F 2000** Kikuyo; Especies Forrajeras Versión 1.0. Colombia: Agrosoft Ltda