

# ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LOS FORRAJES DEL CANTÓN DE SAN CARLOS. II. COMPONENTES DE LA PARED CELULAR

Jorge Ml. Sánchez<sup>1</sup>  
Henry Soto<sup>2</sup>

## Abstract

*Estimated nutritive quality of forages in the San Carlos County, Costa Rica. II. Cell wall componentes. A total of one hundred and ninety two compound samples of Cynodon nlemfuensis, Setaria anceps, Brachiaria ruziziensis, Pennisetum clandestinum and Pennisetum purpureum was taken in commercial dairy farms in the Quesada district, San Carlos county. This area is located in the Humid Tropics of Costa Rica at 200 to 1 600 masl and samples were taken during a year period, to analyze fiber or cell wall components in order to generate information for improving dairy cattle feeding practices, as well as to obtain data required by summative equations to stimate energy content of forages. Setaria anceps, Brachiaria ruziziensis and Pennisetum clandestinum were sampled during the semidry and rainy*

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) y Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

<sup>2</sup> Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica

seasons at 26 to 30 days of regrowth. Meanwhile, *Cynodon nlemfuensis* was sampled at 20 to 25, and 26 to 30 days and *Pennisetum purpureum* at 50 to 60 days of regrowth. Cell wall composition was analyzed in terms of NDF, ADF, hemicellulose, cellulose, lignin, silica and neutral and acid detergents insoluble nitrogen. Average values found for these variables in grazing species were 69.5, 38.6, 30.9, 31.3, 5.04, 2.87, 0.82 and 0.27 per cent of DM, respectively. For *Pennisetum purpureum* values were 72.5, 51.5, 21.7, 38.6, 6.89, 5.38, 0.63, and 0.26 per cent of DM. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were found among species and seasons for all variables analyzed. In general, all variables evaluated are within the typical range of well managed tropical pastures. Results suggest that if forage availability and intake are adequate, all forages in the zone satisfy NDF and ADF requirements of dairy cattle. However, high NDF contents, such those observed in *Cynodon nlemfuensis* and *Pennisetum purpureum*, may limit voluntary intake.

## INTRODUCCIÓN

La fibra o pared celular se define en nutrición animal como la fracción de los alimentos o forrajes que es indigerible o de lenta digestibilidad, y que además ocupa espacio en el tracto gastrointestinal. Está constituida por la celulosa, la hemicelulosa, la lignina, el nitrógeno lignificado, la cutina y una fracción de minerales insolubles formada, especialmente, por sílica. En la Figura 1 se indica el fraccionamiento de la fibra o pared celular propuesto por Van Soest y Robertson (1985).

# MUESTRA DE FORRAJE

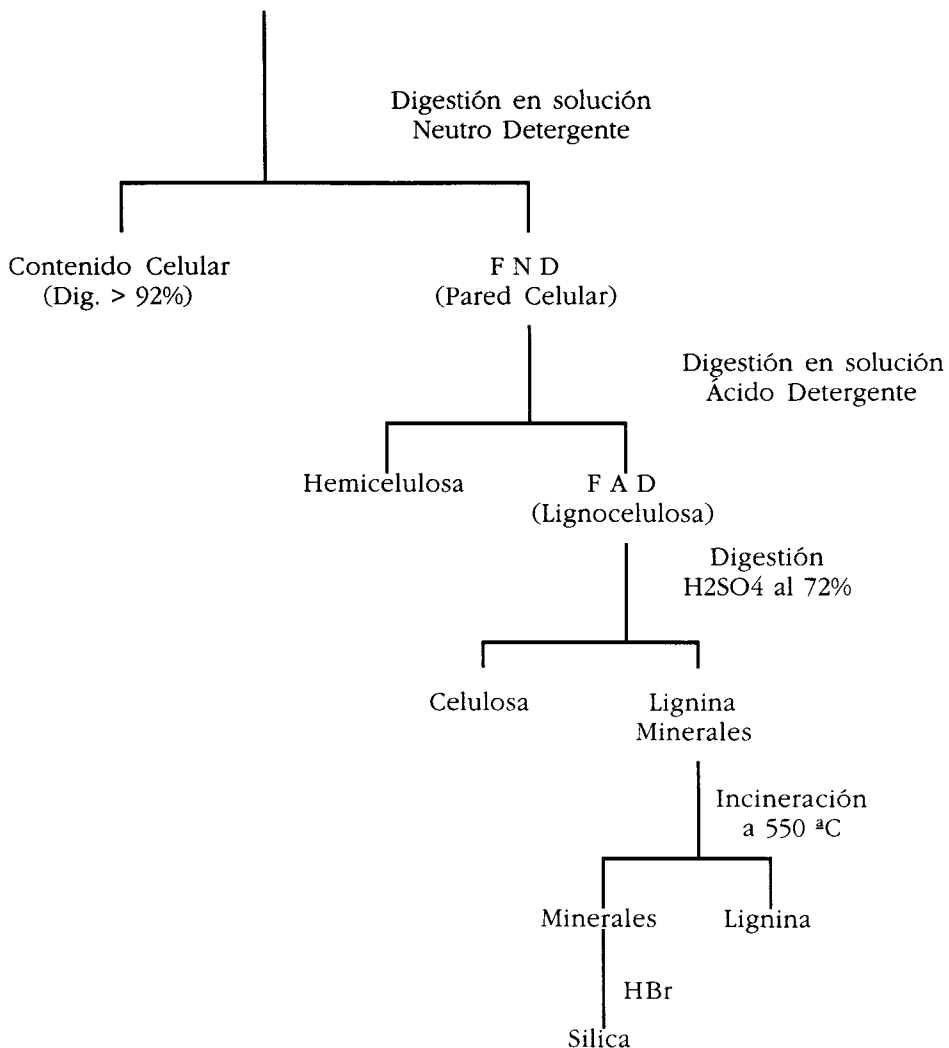


Fig. 1. Fraccionamiento de la pared celular (Van Soest y Robertson, 1985).

Los forrajes tropicales en promedio contienen entre un 65 y 72 por ciento de pared celular o fibra detergente neutro (FDN) y tan solo de un 6 a 12 por ciento de carbohidratos no fibrosos (CNF) (Sánchez y Soto, 1993). Los carbohidratos presentes en estas fracciones son fermentados por los microorganismos del rumen para producir ácidos grasos volátiles (AGV) (acético, propiónico y butírico), dióxido de carbono y metano. Estos AGV aportan entre un 60 y 70 por ciento de la energía neta utilizada por la vaca lechera para la producción, así como los precursores de la proteína, lactosa y grasa que constituyen la leche. El ácido acético es sintetizado especialmente a partir de la celulosa y la hemicelulosa y es requerido para la producción de aproximadamente un 50 por ciento de la grasa láctea, mientras que el ácido propiónico proviene de los CNF y es el precursor de la lactosa (Fahey y Berger, 1988; Mertens, 1992a; Palmquist *et al.*, 1993).

Para que la producción de leche sea óptima en cantidad y calidad, los procesos de fermentación ruminal deben producir los AGV en cantidades y proporciones adecuadas, lo cual se logra mediante el balance de las dietas por su contenido y calidad de los carbohidratos. Si las dietas contienen excesos de CNF y, por lo tanto, poca fibra, la relación entre los ácidos acético y propiónico producidos en el rumen es estrecha y la disponibilidad de energía y precursores de la grasa se reducen, deprimiéndose el contenido de grasa en la leche. Por el contrario, si las dietas aportan muy pocos CNF la síntesis de ácido propiónico es limitada, y la glucosa para la producción de lactosa y energía para la síntesis láctea se reduce y se inhibe la producción (Mertens, 1992a).

La pared celular tiene un efecto de carácter primordial sobre tres aspectos que son de mucha importancia para la nutrición de los rumiantes: a) afecta la digestibilidad de los alimentos y su valor energético, b) contribuye a mantener la estabilidad del ambiente ruminal y consecuentemente a optimizar la fermentación y, c) puede estar involucrada en la regulación del consumo (Mertens, 1992b).

La digestibilidad de la fibra es inhibida por la presencia de la lignina, la sílica y la cutina. La lignina es el compuesto que tiene la mayor correlación negativa con la digestibilidad de la MS. Los mecanismos mediante los cuales la degradación de la celulosa y hemicelulosa es reducida por este compuesto polifenólico no se conoce completamente. Se cree que la asociación física tan estrecha que existe entre la lignina y los polisacáridos de la pared celular, así como la presencia de enlaces covalentes entre estos compuestos de la pared celular son los principales factores que limitan el acceso de las hidrolasas secretadas por los microorganismos del rumen a los polisacáridos que constituyen la pared celular (Chesson, 1993). Otros mecanismos de inhibición propuestos son el efecto tóxico que tienen los compuestos polifenólicos sobre los microorganismos ruminales, así como la acción hidrofóbica de la lignina que limita el contacto del agua con los sustratos adyacentes, impidiendo el acceso de las celulasas y hemicelulasas a la pared celular. Conrad *et al.* (1984) y Weiss *et al.* (1992) han empleado las leyes físicas que se usan en física y geometría para cuantificar el efecto de la lignina sobre la digestibilidad de la pared celular. Según estos autores, el coeficiente de reducción de la digestibilidad de la pared celular es una función de la relación entre las áreas superficiales de la lignina y de la FDN, calculadas a partir de sus masas.

La sílica también se asocia con reducciones en la digestibilidad de la pared celular, aunque ha sido difícil encontrar una relación consistente (Nelson y Moser, 1994; Hoover, 1986; Varga y Hoover, 1983). Para explicar este efecto, algunos autores sugieren que la sílica promueve la síntesis de la glucosa, lo cual reduce la digestibilidad de la pared celular. Además, indican que la sílica causa deficiencias de microelementos, afectando los procesos de fermentación ruminal (Smith y Nelson, 1975). Otros factores que interfieren con la digestibilidad de la FDN son la cutina y la cutícula. La cutina es la principal fracción no fenólica de la lignina cruda, mientras que la cutícula presente en la superficie de las hojas constituye una barrera que inhibe el ataque de las bacterias a la pared celular (Van Soest, 1994).

Además de aportar la mayor parte de la energía en las raciones para el ganado lechero y contribuir a mantener los niveles de grasa láctea, la fibra es necesaria para evitar desbalances metabólicos en los rumiantes. La textura tosca de la fibra es requerida para estimular el masticado, el cual, a su vez, promueve la secreción de saliva que contiene bicarbonato y otras sustancias tampón que contribuyen a mantener estable el ambiente ruminal y a prevenir la acidosis, la cual, de ocurrir, produciría una reducción en el consumo de los alimentos, lesiones en el rumen, úlceras abomasales, paraqueratosis y abscesos hepáticos (Julien y Conrad, 1977; Nocek y Kesler, 1980); así como desórdenes metabólicos que incluyen laminitis, polioencefalomalacia y, posiblemente, cetosis y fiebre de leche (Brent, 1976; Fronk *et al.*, 1980; Sudweeks *et al.*, 1981). Además, la fibra es requerida para estimular la motilidad ruminal y mantener el tono muscular, lo cual contribuye a reducir la incidencia de desplazamiento del abomaso y degeneración del epitelio del tracto gastrointestinal (Julien y Conrad, 1977; Nocek y Kesler, 1980; Sudweeks *et al.*, 1981). En el ganado lechero estos desbalances se presentan generalmente en el inicio de la lactancia y pueden prevenirse mediante el uso de prácticas de alimentación durante el período seco que consideren la cantidad y la calidad de la fibra suministrada (Shearer y Van Horn, 1992).

Aunque el efecto que tiene la fibra sobre la digestibilidad y disponibilidad de la energía y la fermentación ruminal se conoce adecuadamente, el papel que juega la fibra sobre la regulación del consumo no es igualmente conocido. Para estimar el consumo potencial de los alimentos, el sistema ideal debe separarlos en una fracción que limita el consumo debido al llenado físico y otra que lo limita debido a su contenido energético (Sistema FDN-Consumo de Energía). Si se aplican los principios teórico-biológicos para predecir el consumo, parece ser que la FDN es la fracción más adecuada por ser esta medición de la fibra la que mide mejor la capacidad del alimento para ocupar volumen en el tracto gastrointestinal. Aunque la FDN tiene ventajas

teóricas en la estimación del consumo, se puede afirmar que un solo análisis químico no puede proveer toda la información necesaria para estimar un parámetro tan complejo como es este. El uso de la FDN en la estimación del consumo puede ser mejorado con la adición de otros análisis químicos, físicos y biocinéticos de los alimentos (Mertens, 1992b; Weiss, 1993).

Las altas temperaturas a que crecen los forrajes tropicales, así como la selección genética a que fueron sometidos para que produjeran cantidades mayores de biomasa, hacen que estos pastos sinteticen cantidades mayores de estructuras de protección, lo cual deteriora su calidad nutricional (Van Soest y Giner-Chaves, 1994). Van Soest (1975, citado por Van Soest, 1994) al analizar una población importante de forrajes obtuvo valores promedio de 69 por ciento de FDN y 8 por ciento de lignina para forrajes tropicales; mientras que para los forrajes de clima templado obtuvo niveles de 59 y 4 por ciento, respectivamente.

El objetivo de la presente investigación fue analizar los componentes de la pared celular de las principales especies forrajeras consumidas por el ganado bovino en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos, para aportar información que contribuya a formular prácticas de alimentación para el ganado lechero de la zona, así como los parámetros requeridos para estimar el contenido de energía de los forrajes, mediante el uso de modelos sumativos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante un año se tomó un total de 192 muestras compuestas de los pastos Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), San Juan blanco (*Setaria anceps*), San Juan morado (*Setaria anceps*), Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y King Grass (*Pennisetum purpureum*) en fincas comerciales de ganado lechero del distrito de Quesada, cantón de San Carlos, Costa Rica. El área en estudio está ubicada en la zona ecológica denominada Bosque Muy Húmedo Tropical, con una altitud que oscila entre los 200 y 1600 msnm, una temperatura promedio anual de 23 °C y una precipitación promedio de 4577 mm por año. La precipitación promedio mensual durante la época semiseca (enero a abril) y durante la época lluviosa (mayo a diciembre) fue de 175 y 485 mm, respectivamente<sup>3</sup>. Los suelos de la zona se clasifican como Typic humitropept. Las muestras fueron tomadas mediante simulación de pastoreo, a una edad de rebrote de 26 a 30 días en los pastos San Juan blanco, San Juan morado, Ruzi y Kikuyo. Debido a que en esta zona el pasto Estrella se pastorea a muy diversas edades de rebrote, se estableció una categoría de muestreo de 21 a 25 días y otra de 26 a 30. El pasto King Grass se tomó de los comederos antes de que este se ofreciera a los animales y su edad de cosecha fue de 50 a 60 días.

Para analizar la pared celular y sus componentes, se determinaron los contenidos de FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina y sílica, según Van Soest y Robertson (1985) y nitrógeno insoluble en soluciones detergente neutro (NISDN) y ácido (NISDA), según AOAC (1984).

---

<sup>3</sup> Costa Rica, Instituto Meteorológico.



Las fincas ganaderas de la zona son del tipo de lechería especializada, en las cuales se produce con animales de las razas Holstein, Jersey, Pardo Suizo o sus cruces. Estas lecherías tienen un alto grado de tecnología y su producción promedio es de 18 kg de leche por vaca por día. La alimentación se basa en el uso intensivo de los forrajes y en el suministro de un alimento balanceado que se ofrece en una relación leche:alimento balanceado que oscila entre 2,5:1 y 4:1.

El modelo estadístico usado para analizar las especies de piso considero los efectos de la especie forrajera, estación climática y la interacción especie X estación climática (SAS, 1985; Snedecor y Cochran, 1989). La significancia estadística ( $P < 0,05$ ) de las diferencias entre especies se determinó a través de la prueba de Scheffè. Debido a que se evaluó únicamente una especie de pasto de corte, el modelo estadístico utilizado para su evaluación consideró solamente la época climática.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se indican los contenidos de FDN de los forrajes analizados y se observa que existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las especies y entre las épocas climáticas. El pasto Estrella en sus dos categorías de muestreo presentó valores significativamente mayores que los otros pastos de piso. Las especies de piso en promedio, así como los pastos San Juan blanco y Kikuyo presentaron valores mayores ( $P < 0,05$ ) durante la época lluviosa que durante la época seca. Aunque los rumiantes tienen la capacidad de adaptarse a dietas con cantidades crecientes de fibra mediante un incremento en la capacidad de llenado del tracto gastrointestinal y a una reducción en el tiempo de retención en el rumen (Reid *et al.*, 1988), los mayores contenidos de FDN en el pasto Estrella pueden reducir su consumo voluntario.

Cuadro 1. Efecto de la estación sobre el contenido de Fibra Detergente Neutro (% de la MS) de los pastos del Distrito de Quesada, Cantón de San Carlos

Especie	Estación		x
	Semiseca	Lluviosa	
Estrella A	70,3 (12) <sup>1</sup>	71,7 (24)	71,2 <sup>a</sup>
Estrella B	71,0 (14)	72,4 (28)	71,9 <sup>a</sup>
San Juan blanco B	65,4 <sup>b</sup> (12)	69,3 <sup>a</sup> (24)	68,1 <sup>b</sup>
San Juan morado B	69,3 (4)	68,1 (8)	68,5 <sup>b</sup>
Ruzi B	65,3 (4)	68,1 (8)	67,2 <sup>b</sup>
Kikuyo B	64,6 <sup>b</sup> (10)	68,3 <sup>a</sup> (20)	67,0 <sup>b</sup>
x	68,0 <sup>b</sup>	70,3 <sup>a</sup>	69,5
King Grass C	73,6 (8)	71,9 (16)	72,5

<sup>a, b</sup> Promedios en la misma hilera o columna con diferente letra difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

A: 21-25 d; B: 26-30 días de pastoreo; C: cosechado en prefloración.

<sup>1</sup> Número de muestras en paréntesis.

El pasto King Grass presentó un valor promedio de FDN de 72,5 por ciento. Aunque no se presentaron diferencias significativas entre épocas climáticas, los mayores valores se observaron durante la época semiseca. Los valores de FDN obtenidos en este estudio están dentro de los rangos observados para los forrajes tropicales (Van Soest, 1994).

En el presente estudio se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) tanto entre especies como entre épocas climáticas para el contenido de FDA de los forrajes (Cuadro 2). Los valores de FDA encontrados coinciden con los obtenidos por Xandé *et al.* (1989) para forrajes propios del trópico húmedo. El pasto Kikuyo mostró valores menores ( $P < 0,05$ ) que los otros. Los pastos San Juan blanco, Ruzi y el promedio de las especies de piso analizadas presentaron valores ( $P < 0,05$ ) durante la época lluviosa que durante la semiseca. Estas mismas especies

Cuadro 2. Contenido de Fibra Detergente Ácido (% de la MS) de los pastos del Distrito de Quesada, Cantón de San Carlos

Especie	Estación				x
	Semiseca		Lluviosa		
Estrella A	39,3	(12) <sup>1</sup>	40,3	(24)	40,0 <sup>a</sup>
Estrella B	39,1	(14)	40,3	(28)	39,9 <sup>a</sup>
San Juan blanco B	33,7 <sup>b</sup>	(12)	41,1 <sup>a</sup>	(24)	38,6 <sup>a</sup>
San Juan morado B	37,7	( 4)	41,5	( 8)	40,2 <sup>a</sup>
Ruzi B	35,3 <sup>b</sup>	( 4)	40,4 <sup>a</sup>	( 8)	38,7 <sup>a</sup>
Kikuyo B	34,3	(10)	34,4	(20)	34,4 <sup>b</sup>
X	36,8 <sup>b</sup>		39,5 <sup>a</sup>		38,6
King Grass C	50,1	( 8)	51,7	(16)	51,1

<sup>ab</sup> Promedios en la misma hilera o columna con diferente letra difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

A: 21-25 d; B: 26-30 d de pastoreo; C: cosechado en prefloración.

<sup>1</sup> Número de muestras en paréntesis.

presentaron menores valores de energía durante la época lluviosa que en la semiseca (Sánchez *et al.*, datos no publicados), lo cual es concordante con la literatura (Donker, 1989; Minson, 1990; Van Soest, 1994), que indica que existe una correlación negativa entre el contenido de FDA y la digestibilidad de la MS, así como con el contenido de energía digestible.

Si se asume una buena disponibilidad y consumo de forrajes, los aportes de FDN y FDA de estos, más el de los alimentos balanceados, puede satisfacer las necesidades de fibra del hato promedio de la zona, los cuales, según el NRC (1989), son 28 y 21 por ciento, respectivamente. Sin embargo, el nivel óptimo de fibra en la dieta varía con el nivel de producción del hato y el tipo de forrajes que se suministre a los animales.

Según Lofgren y Warner (1970), las raciones consumidas por el ganado lechero deben contener más de 19 por ciento de FAD para mantener el porcentaje de grasa láctea. Este valor mínimo puede ser logrado con los niveles de esta fracción presentes en cualesquiera de los forrajes estudiados.

En los cuadros 3 y 4 se indican los contenidos de polisacáridos en los forrajes analizados. Tanto los valores de celulosa como de hemicelulosa difieren ( $P < 0,05$ ) entre especies y entre épocas climáticas. El análisis por especie muestra que los pastos Estrella en sus dos categorías de muestreo, San Juan blanco y San Juan morado presentaron los mayores ( $P < 0,05$ ) valores de celulosa; mientras que los mayores ( $P < 0,05$ ) niveles de hemicelulosa fueron presentados por los pastos Estrella y Kikuyo.

Cuadro 3. Contenido de Hemicelulosa (% de la MS) de los pastos del Distrito de Quesada, cantón de San Carlos

Especie	Estación		x
	Semiseca	Lluviosa	
Estrella A	31,3 (12) <sup>1</sup>	31,4 (24)	31,3 <sup>ab</sup>
Estrella B	32,0 (14)	32,0 (28)	32,1 <sup>a</sup>
San Juan blanco B	31,8 <sup>a</sup> (12)	28,3 <sup>b</sup> (24)	29,4 <sup>b</sup>
San Juan morado B	31,6 ( 4)	26,7 ( 8)	28,3 <sup>b</sup>
Ruzi B	30,1 ( 4)	27,7 ( 8)	28,5 <sup>b</sup>
Kikuyo B	30,3 <sup>b</sup> (10)	33,8 <sup>a</sup> (20)	32,7 <sup>a</sup>
x	31,3	30,7	30,9
King Grass C	23,5 ( 8)	20,3 (16)	21,7

<sup>a,b</sup> Promedios en la misma hilera o columna con diferente letra difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

A: 21-25 d; B: 26-30 d de pastoreo; C: cosechado en prefloración.

<sup>1</sup> Número de muestras en paréntesis

Cuadro 4. Efecto de la estación sobre el contenido de celulosa (% de la MS) de los pastos del Distrito de Quesada, cantón de San Carlos

Especie	Estación				x
	Semiseca		Lluviosa		
Estrella A	30,3 <sup>b</sup>	(12) <sup>1</sup>	32,7 <sup>b</sup>	(24)	31,9 <sup>a</sup>
Estrella B	30,3 <sup>b</sup>	(14)	33,1 <sup>b</sup>	(28)	32,2 <sup>a</sup>
San Juan blanco B	28,3 <sup>b</sup>	(12)	34,1 <sup>b</sup>	(24)	32,2 <sup>a</sup>
San Juan morado B	29,0	( 4)	32,9	( 8)	31,6 <sup>a</sup>
Ruzi B	26,7 <sup>b</sup>	( 4)	31,5 <sup>b</sup>	( 8)	29,9 <sup>a</sup>
Kikuyo B	27,9 <sup>b</sup>	(10)	29,5 <sup>b</sup>	(20)	29,0 <sup>a</sup>
x	29,1 <sup>b</sup>		32,5 <sup>b</sup>		31,4
King Grass C	37,1	( 8)	39,3	(16)	38,6

a, b Promedios en la misma hilera o columna con diferente letra difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

A: 21-25 d; B: 26-30 d de pastoreo; C: cosechado en prefloración.

<sup>1</sup> Número de muestras en paréntesis.

Los contenidos de celulosa fueron mayores ( $P < 0,05$ ) durante la época lluviosa. Los valores de polisacáridos obtenidos están dentro de los rangos informados en la literatura y al compararlos con los niveles en pastos de clima templado, se pone de manifiesto que el contenido de celulosa en los forrajes tropicales es similar al de los pastos de clima templado, mientras que los primeros tienen mayores contenidos de hemicelulosa (Van Soest, 1994).

Parece que en los forrajes tropicales el grado de lignificación es el principal factor que afecta la digestibilidad de la celulosa; siendo la digestibilidad de esta y la hemicelulosa similares en estos pastos. La digestibilidad de la celulosa en los forrajes tropicales varía entre 30 y 60 por ciento (Van Soest, 1994), y la de la hemicelulosa entre 47 y 73 por ciento, dependiendo de su grado de madurez y, por lo tanto, de su grado

de lignificación (Minson, 1982). Además, existen otros factores que inhiben su digestión tales como la silicificación, cutinización y propiedades intrínsecas (Van Soest, 1994).

En el presente estudio el contenido de lignina difirió ( $P < 0.05$ ) entre especies y los pastos Kikuyo y San Juan blanco fueron los que mostraron los menores ( $P < 0,05$ ) valores (Cuadro 5); a su vez, estos forrajes fueron los que presentaron los mayores valores de energía (Sánchez *et al.*, datos no publicados); lo cual es congruente con la literatura que indica que la lignina tiene una alta correlación negativa con la digestibilidad de la MS (Lapierre, 1993). El pasto San Juan blanco fue el único cuyo contenido de lignina difirió ( $P < 0,05$ ) entre épocas climáticas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Contenido de lignina (% de la MS) de los pastos del distrito de Quesada, cantón de San Carlos

Especie	Estación		x
	Semiseca	Lluviosa	
Estrella A	5,63 (12) <sup>1</sup>	5,15 (24)	5,31 <sup>a</sup>
Estrella B	5,37 (14)	5,12 (28)	5,20 <sup>a</sup>
San Juan blanco B	3,57 <sup>a</sup> (12)	4,71 <sup>b</sup> (24)	4,33 <sup>b</sup>
San Juan morado B	4,64 ( 4)	5,83 ( 8)	5,43 <sup>a</sup>
Ruzi B	5,24 ( 4)	5,20 ( 8)	5,22 <sup>a</sup>
Kikuyo B	3,64 (10)	3,68 (20)	3,66 <sup>c</sup>
x	4,67	4,83	5,04
King Grass C	6,95 ( 8)	6,86 (16)	6,89

a, b, c Promedios en la misma hilera o columna con diferente letra difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

A: 21-25 d; B: 26-30 d de pastoreo; C: cosechado en prefloración.

<sup>1</sup> Número de muestras en paréntesis.

Los valores de lignina obtenidos en esta investigación coinciden con los valores informados en la literatura para forrajes tropicales con períodos de cosecha adecuados y de buen valor nutricional (Van Soest, 1994; Van Soest y Giner-Chaves, 1994; Vicente-Chandler *et al.*, 1974).

En el Cuadro 6 se observan los contenidos de NISDN, NISDA y Sílica. El NISDN está constituido por la extensina y por proteínas del citoplasma que fueron dañadas por el calor; por lo que corresponde al nitrógeno ligado a la pared celular (Van Soest, 1994). En este estudio, esta fracción difirió ( $P < 0,05$ ) entre especies; siendo el pasto Estrella en sus dos categorías de muestreo y el Kikuyo los que presentaron los mayores ( $P < 0,05$ ) niveles. El promedio para las especies de piso fue 0.82 por ciento de la MS y para el King Grass fue 0,63. Estos valores corresponden al 35 y 43 por ciento del contenido de nitrógeno total de la planta, respectivamente.

El nivel de NISDA varió ( $P < 0,05$ ) entre especies. Los pastos Estrella y Ruzi fueron los que presentaron los mayores ( $P < 0,05$ ) valores (Cuadro 6); lo cual es una limitante para estos forrajes, ya que esta forma que se digiere no es metabolizada por el animal y aparece en la orina (Van Soest, 1994). El promedio para las especies de piso fue 0,27 por ciento de la MS, mientras que para la especie de corte fue 0,26 (Cuadro 6). Esto representa el 11 y 18 por ciento del nitrógeno total del forraje, respectivamente. Lo cual pone en evidencia que la proteína del pasto King Grass es menos aprovechable que la de los forrajes de piso evaluados.

La proteína que es insoluble en solución detergente neutro, pero soluble en solución detergente ácido, parece que tiene una alta digestibilidad, pero se digiere más lentamente que la proteína del contenido celular, condición que favorece el aporte de proteína sobrepasante a la digestión enzimática que se da a nivel del abomaso e intestino (Van Soest, 1994).

En el presente estudio se encontró que los pastos Estrella en sus dos categorías de muestreo, San Juan blanco, San Juan morado, Ruzi, Kikuyo y King Grass aportan 4, 3,3, 3,1, 2,6, 4,4 y 2,3 por ciento de esta fracción proteica, respectivamente.

Tanto los valores de NISDN como de NISDA coinciden con los reportados en la literatura para forrajes que se cultivan en zonas tropicales (Van Soest y Giner-Chaves, 1994).

El contenido de sílica difirió ( $P < 0,05$ ) entre especies y entre épocas climáticas. Los pastos Ruzi y Kikuyo mostraron valores menores que las otras especies, mientras que el análisis por épocas mostró que durante la época semiseca el contenido de este elemento fue mayor ( $P < 0,05$ ). El promedio para las especies de piso fue 2,87 por ciento de la MS y para el pasto de corte fue 5,28 (Cuadro 6).

Los valores de sílica obtenidos en esta investigación para los forrajes de piso están dentro del rango encontrado para este tipo de pastos por Vicente-Chandler *et al.* (1974) en el trópico húmedo de Puerto Rico. Sin embargo, los niveles obtenidos para el pasto King Grass son superiores a los informados por estos autores. Estas diferencias pueden deberse al contenidos de sílice en el suelo en que crecen los forrajes, ya que, según Van Soest (1994), la disponibilidad de la sílica en los suelos es el principal factor que afecta el contenido de este elemento en los forrajes.

El contenido de sílica de los forrajes analizados puede ser irrelevante para su calidad nutricional, debido a que Laredo *et al.* (1990) encontraron que la sílica no afecta la digestibilidad "in vitro" de la MS de los forrajes tropicales, lo cual sí ocurre con las gramíneas de clima templado (Van Soest y Jones, 1968).



Cuadro 6. Contenidos de N insoluble en soluciones detergente neutro y ácido y de sílica (porcentaje de la MS) de los pastos del distrito de Quesada, cantón de San Carlos

Especie	No. de muestras	N insoluble en solución DN	N insoluble en solución DA	Sílica
Estrella A	36	0,94 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	2,53 <sup>b</sup>
Estrella B	42	0,92 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	2,62 <sup>b</sup>
San Juan blanco B	36	0,75 <sup>b</sup>	0,23 <sup>b</sup>	2,40 <sup>b</sup>
San Juan morado B	12	0,74 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	3,12 <sup>a</sup>
Ruzi B	12	0,67 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	3,70 <sup>a</sup>
Kikuyo B	30	0,94 <sup>a</sup>	0,24 <sup>b</sup>	1,84 <sup>c</sup>
X		0,82	0,27	2,87
King Grass	24	0,63	0,26	5,28

a, b, c Promedios en la misma columna con diferente letra difieren significativamente ( $P < 0,05$ )

A: 21-25 d; B: 26-30 d de pastoreo; C: cosechado en prefloración.

## RESUMEN

Durante un año se tomó un total de 192 muestras compuestas de los pastos Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), San Juan blanco (*Setaria anceps*), San Juan morado (*Setaria anceps*), Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y King Grass (*Pennisetum purpureum*) en fincas comerciales de ganado lechero del distrito de Quesada, cantón de San Carlos, Costa Rica.

Esta zona está ubicada en el Trópico Húmedo a una altitud de 200 a 1.600 msnm, y las muestras fueron tomadas para analizar los componentes de la fibra o pared celular y generar información que contribuya a mejorar las prácticas de alimentación del ganado lechero de la zona, así como los parámetros requeridos por las ecuaciones sumativas utilizadas para estimar el contenido de energía de los forrajes. Las muestras de los pastos San Juan blanco, San Juan morado, Ruzi y Kikuyo fueron tomadas a una edad de rebrote de 26 a 30 días. El pasto Estrella se muestreó a edades de rebrote de 21 a 25 y de 26 a 30 días, mientras que el pasto King Grass se muestreó a una edad de 50 a 60 días. La pared celular se analizó en términos de FND, FAD, hemicelulosa, celulosa, lignina, sílica y el nitrógeno insoluble en soluciones detergente neutro y ácido. Los valores promedio encontrados para estas variables en las especies de piso fueron 69,5; 38,6; 30,9; 31,4; 5,04; 2,87; 0,82 y 0,27 por ciento de la MS, respectivamente. Para el pasto King Grass los promedios obtenidos fueron 72,5; 51,5; 21,7; 38,6; 6,89; 5,28; 0,63 y 0,26 de la MS. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies y entre épocas climáticas para todas las variables evaluadas. En general, las variables analizadas se encuentran dentro de los rangos típicos de forrajes tropicales bien manejados. Los resultados obtenidos indican que si la disponibilidad y consumo de forrajes es adecuado, todos los forrajes de la zona satisfacen las necesidades de FDN y FDA del ganado lechero. No obstante, los altos niveles de FDN observados en pastos como el Estrella Africana y el King Grass, podrían limitar su consumo voluntario.

## LITERATURA CITADA

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1984. *Official methods of analysis*. 12 ed. Washington, D. C. 1008 p.

- BRENT, B.E. 1976. "Relationship of acidosis to other feedlot ailments". Journal of Animal Science. 43:930.
- CHESSON, A. 1993. "*Mechanistic models of forage cell wall degradation*". IN: H.G. Jung; D.R. Buxton; R.D. Hatfield; J. Ralph (Eds). Forage cell wall structure and digestibility. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp. 347-376.
- CONRAD, H. R.; W.P. WEISS; W.O. ODWONGO; W.L. SHOCKEY. 1984. "Estimating net energy of lactation from components of cell solubles and cell walls". Journal of Dairy Science. 67(2):427-436.
- DONKER, J. 1989. "Improved energy prediction equations for dairy cattle rations". Journal of Dairy Science. 72:2942-2948.
- FAHEY, G.C.; L.L. BERGER. 1988. "Carbohydrate nutrition of ruminants". IN: The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition Ed. by D. C. Church. Prince Hall. New Jersey. pp. 269-297.
- FRONK, T.J.; L.H. SCHULTZ; A.R. HARDIE. 1980. "Effect of dry period over-conditioning on subsequent metabolic disorders on performance of dairy cows". Journal of Dairy Science. 63:1080.
- HOOVER, W.H. 1986. "Chemical factors involved in ruminal fiber digestion". Journal of Dairy Science. 69:2755-2766.
- JULIEN, W.E.; H.R. CONRAD. 1977. "Influence of dietary protein on susceptibility to alert downer syndrome". Journal of Dairy Science. 60:210.
- LAPIERRE, C. 1993. "Application of new methods for the investigation of ligning structure". IN: Forage cell wall structure and digestibility. Ed. by H.G. Jung; D.R. Buxton; R.D. Hatfield; J. Ralph. American Society of Agronomy. Madison, WI. U.S.A. pp. 133-166.
- LOFGREN, P.A.; R.G. WARNER. 1970. "Influence of various fiber sources and fractions on milk fat percentage". Journal of Dairy Science. 53:296.
- MERTENS, D. R. 1992b. *Analysis of fiber in fiber in feeds and its uses in feed evaluation and ration formulation*. Anais do simpósio internacional de ruminants. XXIX Reuniao anual da sociedade brasileira de zootecnia. Lavras, MG. Brasil. pp. 1-32.

- MINSON, D. 1982. "Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy". Nutrition Abstracts and Reviews. Series B. 52:592-615.
- MINSON, D. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press. San Diego, California. 483 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. "Nutrient requirements of Dairy Cattle." 6th rev. ed. Washington, D. C. National Academy Press. 157 p.
- NELSON, C.J.; L.E. MOSER. 1994. "Plant factors affecting forage quality". IN: Forage Quality Evaluation and Utilization. G.C. Fahey, Jr., et al. (Eds.). American Society of Agronomy. Madison, WI. USA. pp. 115-154.
- NOCEK, J.E.; E.M. KESLER. 1980. "Growth and rumen characteristics of Holstein steers fed pelleted or conventional diets". Journal of Dairy Science. 63:249.
- PALMQUIST, D.L.; A.D. BEAULIEU; D.M. BARBANO. 1993. "Feed and animal factors influencing milk fat composition". Journal of Dairy Science. 76:1753.
- REID, R.L.; G.A. JUNG; W.V. THAYNE. 1988. "Relationships between nutritional quality and fiber components of cool season and warm season forages: A retrospective study". Journal of Animal Science. 66:1275-1291.
- SÁNCHEZ, J. ML.; H. SOTO. 1993b. "Análisis estadístico de las fluctuaciones mensuales y estacionales del valor nutritivo de las principales especies forrajeras del trópico húmedo de Costa Rica." IN: VI Congreso Internacional de Biomatemática. San José. Costa Rica. 357-367 p.
- S. A. S. 1985. SAS/STAT. "Guide for personal Computers". VI Edition. S.A.S. Inst. Inc. U.S.A. 378 p.
- SHEARER, J.K.; H.H. VAN HORN. 1992. "Metabolic Diseases of Dairy Cattle". IN: Large Dairy Herd Management. H.H. Van Horn y C. J. Wilcox (Eds.). American Dairy Science Association. Champaign, Il. USA. pp. 358-372.
- SMITH, G.S.; A.B. NELSON. 1975. "Effect of sodium silicate added to rumen cultures on forage digestion with interactions of glucose, urea and minerals". Journal of Animal Science. 41:890-899.

- SNEDECOR, G.; G. W. COCHRAN. 1989. *"Statistical Methods"*. 8th Ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. U.S.A. 703 p.
- SUDWEEKS, E.M.; L.O. ELY; D.R. MERTENS; L.R. SISK. 1981. *"Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage Value Index System"*. Journal of Animal Science. 53:1406-1411.
- VAN SOEST, P.; J. ROBERTSON. 1985. *"Analysis of forage and fibrous foods"*. Cornell University. Ithaca, N.Y. USA. 164 p.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *"Nutritional Ecology of the Ruminant"*. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N.Y. USA. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; GINER-CHAVES. 1994. *"Nutritive value of fibrous feeds. Cornell University. Ithaca"*. IN: Beef cattle production systems in the tropics. Seminario MAG/Prograsa. Atenas, Costa Rica. 10 p.
- VARGA, G.A.; W.H. HOOVER, 1983. *"Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs in situ"*. Journal of Dairy Science. 66:2109.
- VICENTE-CHANDLER, J.; F. ABRUÑA; R. CARO-COSTAS; J. FIGARELLA; S. SILVA; R.W. PEARSON. 1974. *"Intensive grassland management in the humid tropics of Puerto Rico"*. Bulletin 233. University of Puerto Rico. Río Piedras, Puerto Rico. 164 p.
- WEISS, W.P. 1993. *"Predicting energy values of feeds"*. Journal of Dairy Science. 76(6):1802-1811.
- WEISS, W. P., H. R. CONRAD; N. R. St . PIERRE. 1992. *"A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates"*. Anim. Feed Sci. Tech. 39:95-110.
- XANDE, A.; R. GARCÍA-TRUJILLO; O. CÁCERES. 1989. *"Feeds of the Humid Tropics. (West Indies)"*. IN: Ruminant nutrition recommended allowances and feed table. Ed. by R. Jarriège. Institut National de la Recherche Agronomique. John Libbey Eurotext. Paris. France. pp. 347-363.