

NITRÓGENO ORGÁNICO Y QUÍMICO EN SORGO NEGRO CON COBERTURA PERMANENTE DE MANÍ FORRAJERO. II. FRACCIONAMIENTO DE LA PROTEÍNA^{1/}

Rodolfo WingChing-Jones^{2/*}, Augusto Rojas-Bourrillón*

Palabras clave: Fertilización química de nitrógeno, fertilización orgánica de nitrógeno, producción orgánica de sorgo, sorgo forrajero, fraccionamiento de proteína, *Sorghum almun*.
Keywords: Chemical nitrogen fertilization, organic nitrogen fertilization, organic sorghum production, crude protein fractions, *Sorghum almun*.

Recibido: 26/04/06

Aceptado: 09/08/06

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la fuente y cantidad de nitrógeno (N) aplicado sobre las fracciones proteicas del sorgo Negro (*Sorghum almun*) cosechado a 54 días con cobertura permanente de maní forrajero (*Arachis pintoi* CIAT 18744). Para la fracción A se obtuvo de 5,76 a 9,14 (% PC), en la fracción B₁ 4,03-6,09, la fracción B₂ 23,61-28,24; la fracción B₃ fue la de mayor concentración en el sorgo con 40,66-43,91, y la fracción C 18,48-18,96. El número de corte fue significativo para todas las fracciones analizadas, y solo para la fracción B₂ el nivel de N aplicado al suelo fue significativo, causando la fertilización un incremento en esta fracción. Con relación a los contenidos de la proteína soluble (10,38-14%), proteína insoluble aprovechable (67,52- 70,65%) y proteína indigestible (18,48-18,96%) de la PC total del sorgo, este forraje presenta un comportamiento insoluble aprovechable, el cual podría limitar el crecimiento microbiano en los rumiantes, en sistemas de alimentación como única fuente de alimento.

INTRODUCCIÓN

Desde el desarrollo del Modelo de Cornell (Sniffen *et al.* 1992), el cual toma en consideración

ABSTRACT

Organical and chemical nitrogen in Black sorghum with a permanent cover of perennial peanut. II. Protein fractioning. The objective of this work was to determine the effect of the source and amount of nitrogen applied on the protein fractions of Black sorghum (*Sorghum almun*) harvested at 54 days with permanent cover of perennial peanut. Fraction A varied from 5.76 to 9.14 (% CP), fraction B₁ 4.03-6.09, fraction B₂ 23.61-28.24; fraction B₃ was the one with the greater concentration in the sorghum 40.66-43.91, and fraction C was 18.48-18.96. The effect of harvesting date was significant for all fractions and only fraction B₂ was affected by the soil-application treatment: this fraction was increased by the fertilizers applied. As for the soluble protein (10.38-14% of CP), bypass protein (67.52-70.65%), and unavailable protein fraction (18.48-18.96%) of the total CP content, this forage shows a by pass protein characteristic, which could limit the microbial growth in the rumen, when used as the only feed source.

la interacción de las proteínas con los carbohidratos y viceversa, conocer las características del N que compone la proteína de los alimentos o del forraje, es importante para el desarrollo de

1/ Proyecto de Investigación: UDLP NCSU-UCR-UNA.

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: rwingchi@cariari.ucr.ac.cr

* Centro de Investigación en Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

programas de suplementación en rumiantes. La utilización de la proteína cruda presente en los alimentos y en los pastos está afectada, en parte, por la degradabilidad que tenga y la cantidad de carbohidratos solubles y estructurales presentes en el rumen, ambas características relacionadas con el tipo de material o forraje y el desarrollo fenológico de la planta. Este conocimiento es necesario si se busca maximizar la producción microbiana, reducir las pérdidas de N por el animal (menor impacto ambiental) y estimar la cantidad de N que logra sobrepasar el rumen, fracción que puede satisfacer los requerimientos de N de animales de alto rendimiento productivo (leche o carne).

Este modelo separa la proteína en 5 fracciones (A, B₁, B₂, B₃ y C). La fracción A la conforman el N no proteico (amoníaco, urea, nitritos, aminas, aminoácidos y péptidos menores a 10 aminoácidos), la degradabilidad y digestibilidad de esta fracción es instantánea. Las fracciones B₁, B₂ y B₃ es N proteico, la fracción B₁ se caracteriza por tener una degradabilidad ruminal (DR) de 200-300% h⁻¹, estar constituida por globulinas y algunas albúminas y una digestibilidad intestinal (DI) del 100%. La fracción B₂ la conforman la mayoría de las albúminas y todas las glutelinas, presenta una DR de 5-15% h⁻¹ y una DI del 100%, la fracción B₃ la componen prolaminas y proteínas desnaturalizadas, presenta una DR de 0,1-1,5% h⁻¹ y una DI del 80%. En el caso de la fracción C, es el producto de reacciones Maillard, N-ligado a la lignina y N-ligado a taninos, es completamente indegradable en el rumen e indigestible a nivel intestinal (Licitra *et al.* 1996).

Con relación al N en las plantas, según Bertsch (1995), es el elemento que con mayor frecuencia limita los rendimientos en los trópicos y está compuesto por 3 fracciones: el N-orgánico (85-95% N total), N-inorgánico (5-15%) y N-atmosférico (2%), y que por procesos de mineralización, amonificación y nitrificación se transforman en compuestos asimilables por las raíces de las plantas (flujo de masas). Dentro de estos compuestos se citan el amonio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻), urea, amidas y aminoácidos, aunque

Bertsch (1995) considera como formas metabólicas activas las 2 primeras y la forma básica del grupo amino (NH₂OH).

Las investigaciones en Costa Rica sobre fertilización nitrogenada en pastos, toman como indicadores de respuesta la concentración de la proteína cruda (PC), la eficiencia en el uso del N y la producción de biomasa, pero no han considerado la influencia de este nutrimento sobre las distintas fracciones que componen la proteína. Esto posiblemente debido a que investigaciones en otros países, consideran que la planta puede tomar directamente formas orgánicas de N presentes en el suelo (Reeve *et al.* 2005, Larsen *et al.* 2005). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la fuente y cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado, sobre el fraccionamiento de la proteína cruda del sorgo Negro (*Sorghum almun*) con cobertura permanente de maní forrajero (*Arachis pintoi* CIAT 18744).

MATERIALES Y MÉTODOS

El detalle de la ubicación, diseño experimental tratamientos y análisis se encuentra en WingChing *et al.* (2005). Básicamente, en los tratamientos, se utilizó abono orgánico elaborado con desechos avícolas y pulpa de café como fuente de N y Nutrán® (33,5% N) como fuente química. De las 5 parcelas experimentales, la parcela química (Tq) se fertilizó con 300 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, a las 3 parcelas con fertilización orgánica se les aplicó dosis equivalentes al 50% (150 kg ha⁻¹ N), 75% (225 kg ha⁻¹ N) y 100% (300 kg ha⁻¹ N) de la fertilización química, denominadas Tor₁, Tor₂ y Tor₃, con 8,6, 12,8 y 17,1 t ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. Además, se estableció la parcela testigo (To) a la cual no se le aplicó ningún tipo de fertilizante.

El contenido de proteína cruda (PC) se cuantificó por medio de la metodología de la AOAC (1984), mientras que el fraccionamiento de la proteína (A, B₁, B₂, B₃ y C) se realizó por medio de la metodología descrita por Licitra *et al.* (1996) y Chalupa y Sniffen (1996).

La información de las fracciones proteicas se presenta en forma porcentual como contenido de proteína cruda y como porcentaje del contenido total de PC, en cambio las relaciones entre fracciones (A+B₁, B₂+B₃ y C) solo se presentan en forma porcentual con relación al contenido total de PC.

El modelo estadístico utilizado toma en consideración los efectos de tratamiento, época de corta y las interacciones existentes, cuando en las variables analizadas se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$), se realizó la prueba de Waller-Duncan para estimar las diferencias entre medias (SAS 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nitrógeno no proteico (Fracción A)

La dosis de N aplicada así como su fuente no causó efectos significativos en esta fracción ($p > 0,05$) (Cuadro 1), lo que concuerda con Zhang *et al.* (1995) quienes no encontraron efectos sobre el contenido de N-soluble en *Lolium multiflorum* (Pasto Raigrás) con 3 niveles de fertilización nitrogenada (112, 224 y 336 kg N ha⁻¹) y 3 periodos de cosecha (2, 4 y 6 semanas). En cambio Rogers *et al.* (1996), al duplicar la dosis de 448 a 896 N ha⁻¹ año⁻¹, proveniente de los efluentes de lagunas de oxidación de explotaciones

porcícolas, encontraron diferencias significativas con relación al N no proteico, pasando de 30,5 a 34,4% N del N-total, en pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*).

En la presente investigación, la fracción A se mantuvo entre 5,76-9,14% de la PC total, por su parte Balsalobre *et al.* (2003) en pasto Tanzania (*Panicum maximum* var Tanzania) cosechado a 33 días, mencionan rangos de 18,23-28,77% de la PC total, un resultado similar (11,58-32,28% de la PC total) informan Malafaia *et al.* (1997) trabajando en 4 pastos tropicales (pasto Bermuda, pasto Elefante (*Pennisetum clandestinum*), pasto Brizantha (*Brachiaria brizantha*) y pasto Decumbens (*Brachiaria decumbens*)).

Johnson *et al.* (2001), informan de incrementos porcentuales en la fracción A para los pastos *Paspalum notatum* (pasto Gengibrillo) (21,2% de la PC total), *C. dactylon* (31% de la PC total) y *Cynodon nlemfluensis* (pasto Estrella) (27,9% de la PC total) de 34,43%, 29,03% y 50,89%, respectivamente, al aplicar 157 kg de N ha⁻¹ corte⁻¹. Los resultados tan bajos en la fracción A, de la presente investigación, pueden estar relacionados con el tipo de material vegetativo evaluado y a una merma en la fracción soluble de los forrajes (materiales henificados y ensilados) por efecto de la molienda; esto ultimo en concordancia con las observaciones de Agbossamey *et al.* (1998).

Alzuela *et al.* (2001) describen en la leguminosa *Vicia sativa* L. una reducción en el

Cuadro 1. Distribución de las fracciones de la proteína del sorgo Negro con respecto a la fuente y dosis de fertilizante nitrogenado.

TRATAMIENTO	CONTENIDO DE PC (%)	FRACCIONAMIENTO DE LA PROTEINA				
		Unidades de PC (%)				
		A	B ₁ *	B ₂	B ₃	C*
Sin fertilización	9,36	0,74 _{ab}	0,57	2,21 _c	4,11 _a	1,73
300 kg N-químico ha ⁻¹ año ⁻¹	10,17	0,93 _a	0,41	2,74 _a	4,17 _a	1,92
150 kg N-químico ha ⁻¹ año ⁻¹	9,1	0,73 _{ab}	0,41	2,57 _{ab}	3,70 _a	1,69
225 kg N-químico ha ⁻¹ año ⁻¹	9,07	0,76 _{ab}	0,42	2,35 _{bc}	3,82 _a	1,72
330 kg N-químico ha ⁻¹ año ⁻¹	8,86	0,51 _b	0,41	2,53 _{ab}	3,73 _a	1,68

*Valor de F es muy pequeña, no se detectan diferencias.

contenido de la fracción A por procesos formativos de semillas, en la presente investigación el sorgo se cosechó a los 54 días, mucho antes de que se forme la inflorescencia, valga aclarar que esta edad de cosecha fue superior a la utilizada en las investigaciones de Balsalobre *et al.* (2003). Por otro lado, Newman *et al.* (2002) informan de reducciones en la fracción A del pasto *Hemarthria altissima*, conforme aumenta la altura del forraje (20 a 60 cm), lo cual se relaciona con la edad del material vegetativo.

Aunque no se determinó diferencias estadísticas entre el tipo de fuente de nitrógeno aplicado (N-orgánico vs. N-químico), la fertilización convencional produce en promedio 0,26% más de PC para la fracción A que las parcelas fertilizadas con el compost. Esto debido a la disponibilidad,

forma química y cantidad del N en la solución del suelo (Chadwick *et al.* 2000), ya que la materia orgánica sufre un proceso de mineralización para liberar el N.

La época de corte fue altamente significativa ($p < 0,001$) (Cuadro 2), se presentó un rango para esta fracción de 1,24-18,12% (% PC total), la menor concentración se encontró en los meses con los niveles de precipitación más bajos (WingChing-Jones *et al.* 2005) lo cual se relaciona con la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

El cuadro 3 describe la ecuación que predice el contenido de la fracción A dependiendo de la fuente y de la cantidad de fertilizante que se aplique. Aunque el valor de R^2 para esta fracción no fue significativo, se considera como una

Cuadro 2. Distribución de las fracciones de la proteína del sorgo Negro con respecto al corte.

CORTE	CONTENIDO DE PC (%)	FRACCIONAMIENTO DE LA PROTEINA				
		Unidades de PC (%)				
		A	B ₁	B ₂	B ₃	C
I	9,39	0,48 _c	1,24 _a	3,22 _a	2,46 _d	1,99 _b
II	10,54	1,91 _a	0,27 _c	2,98 _a	3,95 _{bc}	1,43 _c
III	8,68	0,58 _c	0,06 _d	1,33 _c	4,16 _b	2,55 _a
IV	9,68	0,12 _d	0,29 _c	2,52 _b	5,47 _a	1,28 _c
V	8,47	0,36 _{cd}	0,51 _b	2,59 _b	3,60 _c	1,41 _c
VI	9,38	0,95 _b	0,29 _c	2,54 _b	3,79 _{bc}	1,81 _b

Cuadro 3. Ecuaciones de predicción de las fracciones de la proteína del sorgo Negro dependiendo del tipo de fertilización nitrogenada aplicada.

VARIABLE	FERTILIZACIÓN			
	QUÍMICA		ORGÁNICA	
	ECUACIÓN*	R ²	ECUACIÓN**	R ²
A	Y= 0,0006x + 0,7404	1	Y= 8E ⁻⁶ x ² - 0,0024x + 0,7822	0,53
B ₁	Y= -0,0005x + 0,5728	1	Y= -8E ⁻⁶ x ² + 0,0037x + 0,0194	0,99
B ₂	Y= 0,0018x + 2,2139	1	Y= -2E ⁻⁵ x ² + 0,0109x + 1,2523	0,94
B ₃	Y= 0,0002x + 4,1183	1	Y= 1E ⁻⁵ x ² - 0,0061x + 4,443	0,95
C	Y= 0,0006x + 1,7306	1	Y= 2E ⁻⁵ x ² - 0,0069x + 2,4333	0,97

*Regresiones realizadas con 2 datos **Regresiones realizadas con 4 datos.

herramienta de predicción de cada fracción, lo que favorece el entendimiento del comportamiento del material a nivel ruminal.

Proteína verdadera (Fracciones B₁, B₂ y B₃)

Fracción B₁. Al igual que la fracción A, la dosis de N como su fuente no causó efecto significativo sobre la fracción B₁ (Cuadro 1), mientras que la época de corta ($p < 0,001$), y la interacción tratamiento por corta ($p < 0,05$) fueron significativos (Cuadro 2). La fracción B₁ osciló de 4,03-6,09% de la PC total, Malafaia *et al.* (1997) informan de rangos similares en pastos tropicales (0,58-4,54% de la PC total); en cambio Balsalobre *et al.* (2003), para el pasto Tanzania encontraron un rango mayor para esta fracción (3,92-8,03%). Estos mismos autores describen que esta fracción es poco importante en los forrajes tropicales, porque normalmente su concentración es menor al 10% del total de la proteína. Johnson *et al.* (2001) informan de respuestas lineales en esta fracción cuando se incrementa la aplicación de fertilizante nitrogenado (39, 78, 118 y 157 kg ha⁻¹ corte⁻¹). En alfalfa y el pasto Timote, por efecto de la maceración de la muestra, esta fracción se reduce (Agbossamey *et al.* 1998).

El tratamiento testigo produjo en promedio 0,16% PC de más de esta fracción que los tratamientos. La ecuación de predicción de esta fracción descrita en el cuadro 3, presenta un comportamiento cuadrático cuando se fertiliza con fuentes de origen orgánico.

Fracción B₂. Se encontró significancia en el tratamiento ($p < 0,05$) (Cuadro 1) y época de corta ($p < 0,001$) (Cuadro 2), para la interacción tratamiento por época de corta, la probabilidad fue de 90%. Malafaia *et al.* (1997), informan de rangos para la fracción B₂ de 32,97-43,62% de la PC total para pasturas tropicales, lo que concuerda con Elizalde *et al.* (1999) para el pasto *Bromus biebersteinii* con un valor de 43,9% de la PC total. En esta investigación los datos fluctuaron de 23,61-28,24% de la PC total, los cuales concuerdan con los informados por Balsalobre *et al.* (2003) para

pasto Tanzania (14,96-25,16% de la PC total). En contradicción con este estudio, Valenciaga *et al.* (2002) informan que las glutelinas (Fracción B₂), son la fracción proteica de mayor proporción en el *Pennisetum* CUBA CT-115, con valores promedio de 34%, en comparación con esta investigación donde la fracción B₃ es la de mayor concentración. Al respecto, Johnson *et al.* (2001) indican una relación cuadrática entre el día de cosecha y la fracción B₂ en pastos tropicales, mientras que Alzuela *et al.* (2001) informan que la fracción B₂ varía muy poco durante los procesos de madurez de la planta.

En la presente investigación, el solo hecho de aplicar una enmienda incrementa en promedio la fracción en 0,33% de PC. Si el fertilizante aplicado es de origen orgánico el incremento promedio encontrado es de 0,27% de la PC. Al comparar el efecto del N proveniente de una fuente química con la orgánica, la fertilización convencional produce en promedio 0,25% PC de más en el contenido de esta fracción. En el cuadro 3 se describe la ecuación de predicción de esta fracción según el origen y nivel de fertilizante aplicado.

Fracción B₃. Esta fracción fluctúa entre 40,66-43,91% de la % PC total (Cuadro 1), correspondiendo a la de mayor contenido en el sorgo Negro. Para este parámetro, se detectaron diferencias significativas a nivel de número de corte ($p < 0,05$) (Cuadro 2) y una tendencia ($p < 0,1$) para el efecto de tratamiento. Malafaia *et al.* (1997), mencionan rangos de 17,55-34,17% de la PC total, para pastos tropicales, muy por debajo de los encontrados en esta investigación, mientras que Balsalobre *et al.* (2003) informan que en el pasto Tanzania la fracción B₃ es la de mayor proporción, con un valor promedio de 40% (% PC total). La fracción B₃ en los pastos *P. notatum*, *C. dactylon* y *C. nlemfluensis* incrementa linealmente conforme aumenta la aplicación de N (Johnson *et al.* 2001); un comportamiento, diferente se obtuvo en esta investigación en donde no se encontraron diferencias significativas en ningún tratamiento. Según Agbossamey *et al.* (1998), la maceración en el pasto Timote incrementó la fracción B₃

en 9 unidades porcentuales, mientras que en la alfalfa el incremento fue de 4%, los valores altos obtenidos en condiciones tropicales de la fracción B₃ pueden relacionarse con la edad de corta y el efecto de molienda descrito por Agbossamey *et al.* (1998).

Proteína insoluble (Fracción C)

En esta fracción no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 1) pero sí entre cortes ($p < 0,0001$) (Cuadro 2). Roger *et al.* (1996), informaron que la aplicación de N (448 y 896 kg de N ha⁻¹) no afectó la cantidad de N insoluble en solución ácido detergente en pasto Bermuda (13,6-12,6% NISDA, respectivamente). En esta investigación, esta fracción osciló entre 18,48-18,96% de la PC total. Malafaia *et al.* (1997), informan de rangos para la fracción indigerible de la proteína en pastos tropicales de

11,66-27,73% de la PC total, lo cual concuerda con la información generada, ya que se encuentra dentro del rango informado, resultados similares informan para el pasto Tanzania Balsalobre *et al.* (2003) con oscilaciones entre 6,48-11,94% de la PC total en la fracción C.

Relación entre fracciones

La proporción soluble de la proteína en el rumen (Fracción A+B₁), fluctúa de 10,38-14% de la PC total (Figura 1), mientras que la fracción insoluble aprovechable (Fracción B₂+B₃) oscila entre 67,52-70,65% de la PC total y por último la fracción C 18,48-18,96% de la PC total. Los rangos informados por Malafaia *et al.* (1997) y Álvarez *et al.* (2003) en pastos tropicales para las fracciones solubles, insoluble aprovechable e indigerible, concuerdan con los encontrados en esta investigación, los valores informados de

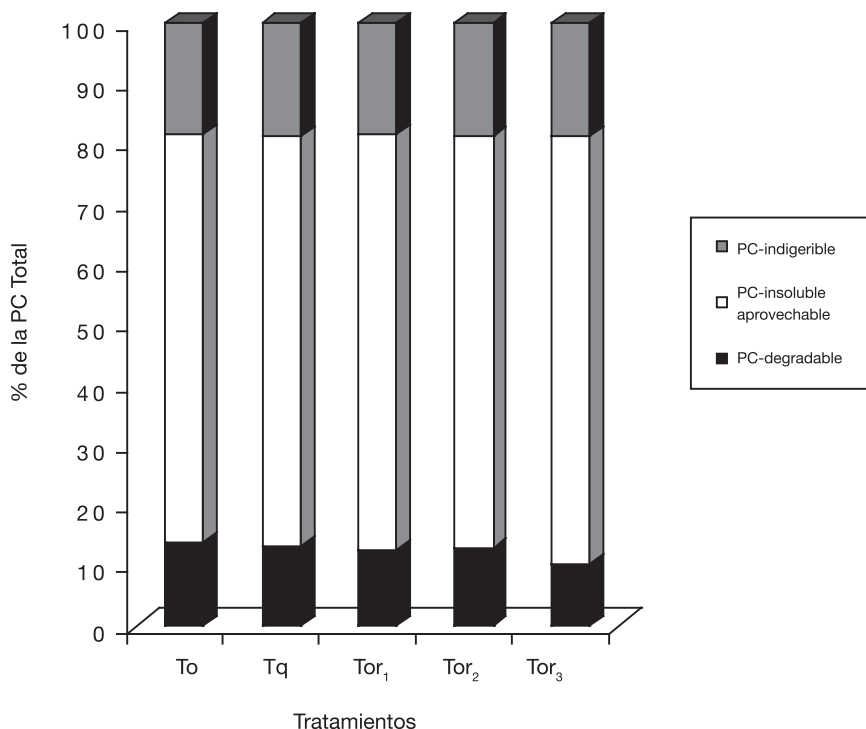


Fig. 1. Caracterización de las fracciones de la proteína del sorgo Negro con comportamiento degradable, insoluble aprovechable e indigerible a nivel ruminal con respecto a la fuente y dosis de fertilizante nitrogenado aplicado.

Cuadro 4. Ecuaciones de predicción sobre la cantidad de proteína degradable, insoluble aprovechable e indigerible del sorgo Negro a nivel ruminal dependiendo del origen de la fuente nitrogenada.

VARIABLE	FERTILIZACIÓN			
	QUÍMICA		ORGÁNICA	
	ECUACIÓN*	R ²	ECUACIÓN**	R ²
A + B ₁	Y = 0,0504x + 16,502	1	Y = 0,0002x ² - 0,0462x + 19,26	0,34
B ₂ + B ₃	Y = 0,0041x + 12,711	1	Y = -0,0002x ² + 0,0997x + 0,2995	0,98
C	Y = 0,089x + 38,579	1	Y = 0,0004x ² - 0,142x + 60,204	0,46

*Regresiones realizadas con 2 datos **Regresiones realizadas con 3 datos.

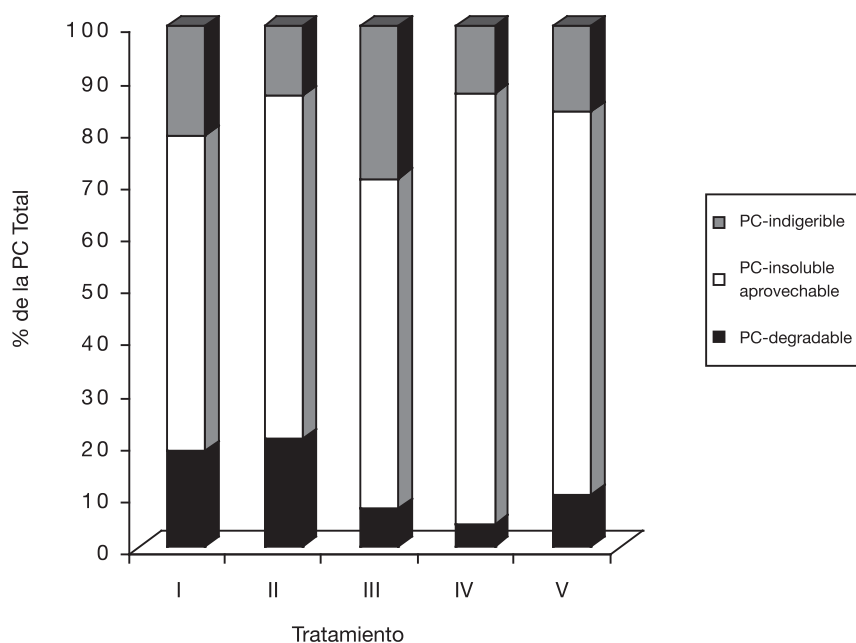


Fig. 2. Caracterización de las fracciones de la proteína del sorgo Negro con comportamiento degradable, insoluble aprovechable e indigerible a nivel ruminal con respecto al corte.

12,16-36,82% o 22,15-36,8% para la fracción soluble de la PC, 50,3-77,79% o 60,65-77,59% insoluble aprovechable y de 11,66-27,73% o 6,48-11,94% para la parte no aprovechable, respectivamente, fortalecen los datos generados por este trabajo. Los estudios en pastos tropicales, sobre caracterización de la proteína presentan la tendencia de una mayor proporción de PC insoluble aprovechable que PC degradable. Rogert *et al.* (1996), en pasto Bermuda, mencionan una

relación de 37,2 contra 47,1%, respectivamente; mientras que en *Bromus biebersteini* Elizalde *et al.* (1999) informan de 35,1% de la PC degradable y 63% de la PC insoluble aprovechable. En *P. notatum* y *H. altissima*, Brown y Pitman (1991) informan de contenidos de PC degradable e insoluble aprovechable de 35,2 y 54,1% y de 39 y 54,4%, respectivamente. En el cuadro 4 se describen las ecuaciones de predicción para cada fracción de la proteína, relacionadas con la fuente

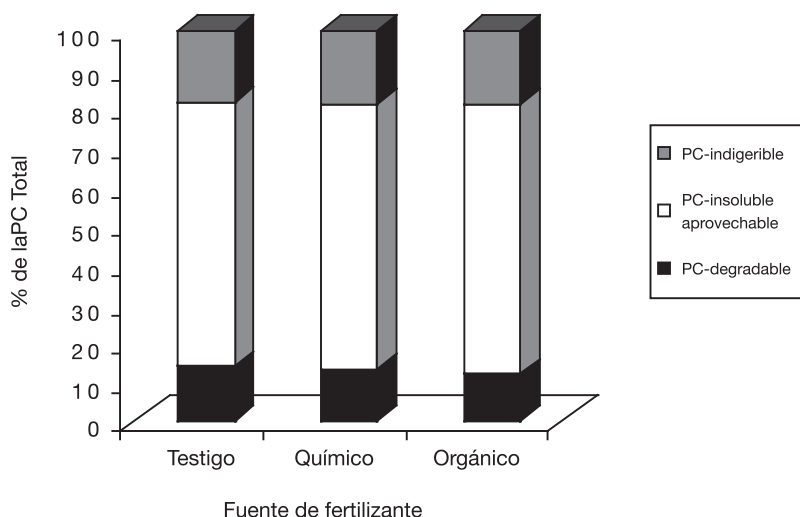


Fig. 3. Caracterización de las fracciones de la proteína del sorgo Negro con comportamiento degradable, insoluble aprovechable e indigerible con respecto a la fuente de nitrógeno aplicada.

de fertilizante y la cantidad de N aplicada. En las figuras 2 y 3 se describe el efecto del corte y el tratamiento ($p < 0,05$) sobre la caracterización de la proteína del sorgo Negro. Así, si esta se utiliza como única fuente forrajera, puede producir una deficiencia de N a nivel ruminal, debido a su bajo contenido de proteína degradable. Esta deficiencia se puede suplementar con materiales que aporten PC degradable o carbohidratos de lenta degradación, pues el 68,5% de la proteína del sorgo tiene un comportamiento insoluble aprovechable, debido a que la proporción de B_3 es mayor que la B_2 .

CONCLUSIONES

Las fracciones de la proteína del sorgo Negro cosechado a 54 días no fueron afectadas por la fuente de N (N-orgánico o N-químico) ni por el nivel de fertilización aplicado.

Los valores de proteína con comportamiento insoluble aprovechable del sorgo Negro pueden limitar una adecuada síntesis ruminal por déficit de N soluble, pero en sistemas con un adecuado aporte de N soluble, el sorgo, al contener una alta proporción de la fracción insoluble aprovechable,

aportaría proteína metabolizable lo que se asociaría a una mejoría en la respuesta animal.

AGRADECIMIENTOS

Al señor Agustín Rojas propietario de la Finca Paraná por la colaboración brindada en la realización de esta investigación y al Dr. Henry Soto Ph.D. por el análisis de los datos.

LITERATURA CITADA

- AGBOSSAMEY Y.R., SAVOIE P., SEOANE J.R., 1998. Effect of maceration on nitrogen fractions in hay and silage. *Can. J. Anim. Sci.* 78: 399-405.
- ALZUELA C., CABALLERO R., REBOLE A., TREVINO J., GIL A. 2001. Crude protein fractions in common vetch (*Vicia sativa* L) fresh forage during pod filling. *J. Anim. Sci.* 79: 2449-2455.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1984. Official Methods of analysis. 12th ed. Washington D.C. 1008 p.
- BALSALOBRE M.A., CORSI M., MENEZES P., VIEIRA I., RUIZ R. 2003. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do

- capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32 (3): 519-528.
- BERTSCH F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica: ACCS, 157 p.
- BROWN W.F., PITMAN W.D. 1991. Concentration and degradation of nitrogen and fiber fractions in selected tropical grasses and legumes. *Tropical Grassland* 25: 305-312.
- CHADWICK D.R., JOHN F., PAIN B.F., CHAMBERS B.J., WILLIAMS J. 2000. Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *Journal of Agricultural Science* 134: 159-168.
- CHALUPA W., SNIFFEN C. 1996. Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle today and tomorrow. *Animal Feed Science and Technology* 58: 65-75.
- ELIZALDE J.C., MERCHEN N.R., FAULKNER D.B. 1999. Fractionation of fiber and crude protein in fresh forage during the spring growth. *J. Anim. Sci.* 77: 476-484.
- JOHNSON C.R., REILLING B.A., MISLEVY P., HALL B. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *J. Anim. Sci.* 79: 2439-2448.
- LARSEN T., MAGID J., KROGH P., GORISEEN A. 2005. Very low uptake of organic N from dual-labelled (^{13}C and ^{15}N) green manure by wheat. *Soil Biology and Biochemistry* (In Press).
- LICITRA G., HERNADEZ T.M., VAN SOEST P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57: 347-358.
- MALAFAIA P.A.M., VALADARES FILHO S.C., VIEIRA R.A.M. 1997. Determinação da cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia* 26(6): 1243-1251.
- NEWMAN Y.C., SOLLENBERGER L.E., KUNKLE W.E., BATES D.B. 2002. Crude protein fractionation and degradation parameters of limpograss herbage. *Agrom. J.* 94: 1381-1386.
- REEVE J., SMITH J., CARPENTER-BOGGS L., REGANOLD J. 2005. Plant uptake of soluble organic molecules as N source. International Scientific Conference on Organic Agriculture, Adelaide, Australia. September 21-23.
- ROGERS J.R., HARVEY R.W., POORE J.P., MUELER J.P., BARKER J.C. 1996. Application of nitrogen from swine lagoon effluent to bermudagrass pasture: seasonal changes in forage nitrogenous constituents and effects of energy and escape protein supplementation on beef cattle performance. *J. Anim. Sci.* 74: 1126-1133.
- S.A.S. 1985. SAS/SAT. "Guide for personal Computers". 5th Ed. S.A.S. Inst. Inc. USA. 378 p.
- SNIFFEN C.F., O'CONNOR J.D., VAN SOEST P.J., FOX D.G., RUSSELL J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70: 3562-3577.
- VALENCIAGA D., CHONGO B., SCULL I. 2002. Caracterización del clon *Pennisetum* CUBA CT-115. Fraccionamiento proteico y degradabilidad ruminal del nitrógeno. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 36 (3): 259-264.
- WINGCHING-JONES R., ROJAS-BOURRILLÓN A., QUAN-ANKERMAN A. 2005. Nitrógeno orgánico y químico en sorgo negro forrajero con cobertura permanente de maní forrajero. I Características nutritivas y de producción. *Agronomía Costarricense* 29(1): 29-39.
- ZHANG Y., BUNTING L., KAPPEL L.C., HAFLEY J.L. 1995. Influence of nitrogen fertilization and defoliation frequency on nitrogen constituents and feeding value of annual ryegrass. *J. Anim. Sci.* 73: 2474-2482.

