

Capítulo LXXVI

Fisiología digestiva y comportamiento de consumo del búfalo

Dervin B. Dean

Durante muchos años se han valorado las potencialidades del búfalo (*Bubalus bubalis*) como productor de leche, carne y de su empleo como animal de trabajo, especialmente en la India, Asia, Africa y América. Su adaptabilidad a zonas marginales, donde solo se cultivan especies forrajeras de bajo valor nutricional, amerita que se analicen las razones fisiológicas por las cuales esta especie aventaja al vacuno. Los búfalos han sido por muchas décadas alimentados con productos fibrosos y de baja calidad y con niveles bajos de proteína y energía (Angulo *et al.*, 2005). Adicionalmente han sido explotados bajo sistemas de pastoreo extensivo en donde predominan gramíneas nativas, razón por la cual han desarrollado adaptaciones del sistema digestivo que les permite utilizar con más eficiencia los forrajes fibrosos, obteniendo así la energía necesaria para sobrevivir (Ranjhan, 1992). El objetivo de este capítulo es describir las características digestivas de los búfalos, su comportamiento ingestivo y el potencial que estos representan para ser criados en condiciones agroecológicas desfavorables.

ANATOMÍA DIGESTIVA DEL BÚFALO

Como cualquier rumiante, el aparato digestivo del búfalo es anatómicamente similar al de los vacunos, el cual consta de rumen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grueso. Los búfalos son rumiantes mayores y las variaciones morfológicas y fisiológicas de su sistema digestivo, unidas a las diferencias en las poblaciones microbianas, les permite una mejor adaptación a variados sistemas productivos (Cockrill, 1974). Ranjhan (1992) determinó que el contenido del retículo-rumen puede variar entre 40 a 100 kg, lo que depende del tamaño y peso del animal, la velocidad de pasaje del bolo alimenticio a través del tracto gastrointestinal y la naturaleza del alimento. Investigaciones de Leao *et al.* (1985) comparando el tracto digestivo del búfalo con el del vacuno, revelan que el complejo retículo-rumen de los búfalos es significativamente mayor que el de los vacunos (Cuadro 1). Esta característica le permite mayor capacidad en esta cámara de fermentación y por ende, mayor capacidad para degradar los elementos fibrosos de la dieta en esta especie.

Cuadro 1
Biometría del tracto digestivo de búfalos y vacunos

Tramo digestivo	Búfalo	Nellore	1/2 HZ	3/4 HZ	5/8 HZ	Holstein
Rumen-retículo, kg	7,38 ^a	4,96 ^b	5,17 ^b	5,09 ^b	5,10 ^b	5,72 ^b
Omaso-abomaso, kg	3,56 ^a	2,74 ^b	2,94 ^b	2,78 ^b	2,68 ^b	2,91 ^{ab}
Intestino delgado, m	26,5 ^c	33,7 ^b	37,9 ^{ab}	37,8 ^{ab}	39,4 ^{ab}	39,5 ^{ab}
Intestino grueso, kg	2,84 ^a	3,2 ^a	3,4 ^a	3,05 ^a	2,75 ^a	3,41 ^a

Letras diferentes en las filas, indican diferencia estadística ($P < 0.05$) (Fuente: Leao *et al.* (1985).

Por otra parte, Sideney & Lyfor (1993) observaron que los búfalos poseen papilas ruminales más desarrolladas, aspecto que incrementa la superficie de absorción de los productos de la fermentación ruminal, especialmente de los ácidos grasos volátiles (AGV). La importancia fisiológica de esto, se basa en que la absorción de los productos finales de la fermentación depende del correcto desarrollo de las papilas del epitelio retículo-ruminal y de una abundante circulación capilar. El contacto continuo de los AGV, especialmente del butírico y en menor medida el propiónico, con el epitelio estratificado del rumen estimula el desarrollo de las papilas y junto con la presencia del dióxido de carbono, estimulan el flujo sanguíneo hacia el epitelio retículo-ruminal (Booth & McDonald, 1988).

MICROBIOLOGÍA RUMINAL

En un estudio llevado a cabo por Wanapat *et al.* (2000) comparando las poblaciones microbianas del rumen del búfalo de río con las de vacunos mestizos de Brahmán, observaron que los conteos bacterianos fueron superiores en los búfalos ($1,6$ vs. $1,36 \times 10^8$ células/mL) al igual que el de hongos ($7,30$ vs. $3,78 \times 10^6$, respectivamente). Paul & Lal (2010) detectaron que las bacterias *Fibrobacter succinogenes*, *Streptococcus bovis* y *Ruminobacter amylophylus* son las especies proteolíticas más frecuentes en los búfalos, mientras que *S. bovis* y *Prevotella ruminicola* predominan en bovinos.

En el mismo estudio (Wanapat *et al.*, 2000) se observó una menor población de protozoarios, especialmente de Holotrichos y Entodiniomorfos en búfalos que en vacunos. Esto coincide con los resultados de Franzolin & Tieghi (2000) quienes también observaron que la concentración total de protozoarios fue mayor en ganado Brahman ($4,85 \times 10^5$ /mL) que en búfalos ($3,82 \times 10^5$ /mL) y que la composición porcentual para los géneros de *Entodinium* y la subfamilia *Diplodiniinae* fue 79,2 y 6,2% en Brahman y 32,0 y 54,9% en búfalos, respectivamente. También se ha determinado que los géneros de *Anaeromyces*, una variedad de hongos con propiedades fibrolíticas predominan en el licor ruminal de los búfalos. De acuerdo a los autores, estas diferencias en las poblaciones microbianas entre especies, arroja más luces sobre el porqué los búfalos se mantienen en mejores condiciones durante los periodos de sequías prolongadas, al tener mayor capacidad de digerir la fibra (Wanapat *et al.*, 2000).

Bornemann & Akin (1990) describen la acción de los hongos como los primeros organismos en invadir y digerir el componente estructural no digestible de las plantas y que mantienen una relación estrecha con las bacterias, permitiendo que estas pene-

tren al compartimiento intracelular y colonicen el material vegetal, iniciando el proceso de degradación de las fracciones insolubles del alimento. Por su parte, las bacterias, son los principales microorganismos que actúan en la fermentación de los carbohidratos estructurales y la proteína de las plantas (Stewart 1991). La función de los protozoarios ciliados se centra en la digestión de carbohidratos no estructurales, interviniendo en el fraccionamiento físico del alimento y jugando un importante papel como reguladores del pH ruminal (Prins, 1991). De acuerdo a Ranjhan (1992) el mayor conteo de bacterias y hongos en el rumen de los búfalos, ha sido considerado como uno de los factores por lo cual esta especie tiene una mayor capacidad de transformar los forrajes de baja calidad en energía disponible en forma de ácidos grasos volátiles (AGV).

Según Paul & Lal (2010) la degradación de la fibra es mayor en búfalos sometidos a dietas con contenido bajos en proteína al compararlos con los bovinos, porque las especies bacterianas celulolíticas predominantes en su rumen (*Fibrobacter succinogenes*) no necesitan de nitrógeno amoniacal para su crecimiento. Por otra parte, las especies celulolíticas, predominantes en el rumen bovino (*R. albus*), necesitan de nitrógeno amoniacal para su crecimiento. Ello difiere con los trabajos de Franzolin & Tieghi (2000) quienes no observaron que las diferencias en las poblaciones de protozoarios entre ambas especies tuviera influencia en la degradabilidad efectiva de los componentes de la ración.

Naga & El-Shazly (1969) al comparar la eficiencia en la producción de AGV en búfalos y vacunos tipo Cebú, alimentados con dietas con altos contenidos de fibra, observaron mayor producción de AGV en los búfalos (5,3 a 11,2 meq/100 mL de líquido ruminal) que en los cebuinos (4,8 a 10,4 meq/100 mL de líquido ruminal), atribuyendo esos resultados a una fermentación más eficiente por parte de los bufalinos. Los AGV son los productos finales de la fermentación de la materia orgánica del alimento que ocurre en el rumen y representan la mayor fuente de energía para los rumiantes, la cual se estima que representa entre 50 a 70% de la energía digestible total (Sutton, 1980). La producción de AGV determina en gran medida la eficiencia en la utilización de los alimentos por los rumiantes, ya que está estrechamente relacionada con su digestibilidad (France *et al.*, 1991).

Un estudio realizado por Franzolin (1994) sobre el metabolismo ruminal de búfalos y vacunos, mostró que los búfalos presentan mayores concentraciones de AGV y de amonio en el líquido ruminal, lo que sugiere una mayor tasa y extensión de la degradación del alimento por parte de los búfalos. André-Mendes & de Lima-Francisco (2011) afirman que la prevalencia de las bacterias productoras de gas son menores en el búfalo (10%) que en el ganado bovino (20%), y por lo tanto, se esperaría una menor producción de metano (CH_4) en los búfalos. Esto significa que esta especie tendría menor impacto sobre la contaminación ambiental, ya que el CH_4 ha sido señalado como uno de los gases responsables de la destrucción de la capa de ozono y su síntesis en el rumen representa una gran pérdida de la energía consumida.

CONSUMO VOLUNTARIO Y DIGESTIBILIDAD DE FORRAJES

La cantidad de forraje consumido es el factor más importante que regula la producción de rumiantes a partir de forrajes, habiéndose afirmado que el valor de un fo-

rraje en la producción animal depende más de la cantidad consumida que de su composición química (Allison, 1985). En consecuencia, la velocidad de pasaje del alimento por el sistema digestivo del animal determina en cierta medida su eficiencia, la cual se ve afectada por factores como la calidad y el tipo de dieta, la especie de animal, el tamaño de las partículas, la concentración de fibra neutro detergente y la temperatura ambiental (Bartocci *et al.*, 1997).

Diversos estudios han mostrado comportamientos variables entre los vacunos y los búfalos en términos del consumo voluntario de materia seca. Los resultados de la mayoría de los experimentos de nutrición realizados en bovinos y bufalinos lecheros en la India, indican que el consumo voluntario (expresado en porcentaje del peso corporal) es significativamente menor en búfalos que en vacas, con niveles similares de producción láctea (Paul *et al.*, 2003). El consumo de materia seca de bovinos y búfalos se presenta en el Cuadro 2 expresado tanto en porcentaje del peso corporal, como en gramos por kilogramos de peso metabólico, observándose que el consumo fue significativamente menor ($P < 0,01$) en las hembras bufalinas que en bovinas, en todos los niveles de producción de leche.

Algunas características de la fisiología digestiva de los búfalos, tales como las contracciones ruminales, fermentación ruminal, digestibilidad y degradación de nutrientes, se han considerado como elementos que podrían influir en el comportamiento de la especie y parecen ser las causas fundamentales de las diferencias con los vacunos (Wanapat *et al.*, 2000). Otros factores que pudieran contribuir con la mayor digestibilidad observada en los búfalos son, un menor consumo relativo de materia seca, el hábito de ingerir más lentamente y la menor tasa de pasaje del alimento a través del rumen de los búfalos (Paul & Lal, 2010).

Cuadro 2
Consumo voluntario de materia seca (CMS) en bovinos y bufalinos en lactación con diferentes niveles de producción

Producción de leche kg/día	CMS		P	CMS		P
	% peso corporal			g/kg PM		
	Bovinos	Bufalinos		Bovinos	Bufalinos	
Menos de 9	2,79	2,32	<0,001	119,00	107,03	<0,05
Entre 9-11	3,67	2,67	<0,001	151,84	122,65	<0,01
Más de 11	3,29	2,67	<0,0001	143,94	125,37	<0,001
Promedio	3,09	2,57	<0,001	131,98	119,10	<0001

PM: peso metabólico = Peso vivo^{0,75} Adaptado: Paul *et al.*, 2003.

Entre los factores que determinan la tasa de pasaje del alimento por el tracto digestivo de los rumiantes se pueden mencionar, la especie animal, calidad y tipo de dieta, gravedad específica y tamaño de las partículas, la concentración de fibra en detergente neutro (FDN) y la temperatura ambiental (Ruckebusch, 1993; Bartocci *et al.*, 1997). Comparaciones realizadas entre búfalos, vacunos y ovejas, han permitido establecer que los búfalos tienen una tasa de pasaje de sólidos y de líquidos más lenta (Bartocci *et al.*, 1997). Sin embargo, se ha observado que el tiempo medio de retención (TMR) del alimento en el tracto gastrointestinal es menor en el búfalo (Cuadro 3).

Cuadro 3
Parámetros relativos a la tasa de pasaje en búfalos, vacunos y ovejas

Indicadores	Bufalo	Vacuno	Oveja
k_1 (% h) ¹	2,46 ^b	2,99 ^a	2,48 ^{ab}
k_2 (%h) ²	11,37 ^a	10,02 ^b	10,76 ^{ab}
TMR (h) ³	57,73 ^b	64,55 ^b	58,42 ^b

¹ k_1 (%/h): Tasa de paso por el retículo-rumen. ² k_2 (%/h): Tasa de paso por el ciego-colon. ³TMR (h): tiempo medio de retención en el tracto gastrointestinal. Letras diferentes en las filas indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

Fuente: Bartocci *et al.*, 1997.

Los estudios de Bartocci *et al.* (1997) mostraron que el búfalo retiene la digesta en el retículo-rumen por más tiempo que el bovino (40,65 *vs*, 33,44 horas, respectivamente). Este mayor tiempo de retención ruminal le permitiría a los microorganismos ruminales atacar y degradar más extensivamente la fibra de los forrajes toscos. Estos investigadores también observaron que el bovino presenta un mayor tiempo de retención al tomar en cuenta todo el tracto digestivo (64,55 \times 57,73 h, $P < 0,05$). Esto puede ser debido a un mayor tiempo de permanencia de los alimentos en el tracto post-ruminal en el vacuno, producto de que estos poseen un intestino delgado más largo (Leao *et al.*, 1985), el cual no tiene ningún efecto sobre la degradación de la fibra; sin embargo, esto prolonga el tránsito de la digesta a lo largo de todo el tracto digestivo. Se presume que el TMR menor que se observa en los búfalos, se debe principalmente a una masticación más eficiente y a una mayor degradación de la fracción fibrosa en el rumen (Singh *et al.*, 1992).

André-Mendes & de Lima-Francisco (2011) detectaron que las especies de bacterias predominantes en el rumen de los búfalos poseen mayor actividad celulolítica que la de las observadas en vacunos, lo cual explicaría la mayor eficiencia del búfalo para digerir eficientemente los alimentos fibrosos y apoyarían los resultados obtenidos por Souza (1999), quien evaluando niveles crecientes de fibra detergente neutro (FDN) en la dieta de búfalos y vacunos, encontraron que la degradabilidad efectiva de la materia seca (MS), la FDN y la proteína bruta (PB) del heno del pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) fue mayor para los búfalos.

Por su parte, Grant *et al.* (1974) evaluaron la digestibilidad de los componentes de la pared celular del pasto napier (*Pennisetum purpureum*) a dos edades de corte, sin observar las diferencias significativas a los 45 días de edad en la digestibilidad de las diferentes fracciones, aun cuando numéricamente los búfalos digirieron de manera más eficiente todos los componentes fibrosos. Sin embargo, a los 60 días de rebrote observaron que esta última especie digirió en mayor proporción ($P < 0,05$) la fibra del forraje (Cuadro 4). Esto parece indicar que los búfalos son más eficientes digiriendo materiales con altos contenidos de pared celular que los vacunos, concordando estos resultados con las aseveraciones de Paul & Lal (2010).

Cuadro 4
Digestibilidad (%) de los componentes de la pared celular y sus componentes del pasto Napier (*Pennisetum purpureum*) a dos edades de corte

Edad, corte	Componente	Vacunos (%)	Búfalos (%)
60 días	Fibra neutro detergente	50,3 ^a	52,3 ^b
	Celulosa	60,6 ^a	62,6 ^b
	Hemicelulosa	60,5 ^a	63,2 ^b
45 días	Fibra neutro detergente	55,7 ^a	59,3 ^a
	Celulosa	66,1 ^a	68,6 ^a
	Hemicelulosa	65,8 ^a	69,9 ^a

Fuente: Grant *et al.* (1974).

El tiempo que tardan los microorganismos en colonizar la fibra e iniciar la degradación de la misma se ha determinado que oscila entre 5,5 y 6,4 h para búfalos y toros Cebú, respectivamente (Delgado *et al.*, 2005). Por su parte el mismo parámetro, pero medido en la fracción de FDN, fue mucho más rápido ($P < 0,05$) en los búfalos que en los cebú, coincidiendo estos resultados a los obtenidos sobre las mismas variables por Delgado *et al.* (2001). Además, Delgado *et al.* (2005) observaron que la velocidad de degradación proteica fue mucho mayor en los búfalos, concluyendo que estos resultados indican que los microorganismos ruminales de los búfalos colonizan la fibra con más rapidez, logrando una mayor degradabilidad efectiva de la fracción nitrogenada que los vacunos, por lo que puede ser posible que se usen con más eficiencia los nutrientes presentes en el forraje. Estos hechos podrían explicarse si se considera que en los búfalos se han detectado poblaciones de bacterias ruminales más numerosas que en vacunos (Wanapat *et al.*, 2000). Por esa razón, la colonización del material fibroso debe ocurrir más rápidamente y, por tanto, es de esperar una mayor degradación del forraje en las primeras horas de fermentación en el rumen.

Alimentando búfalos y vacunos con forrajes de buena calidad (25 días de madurez), Shultz *et al.* (1977) observaron que la concentración de amoníaco en el búfalo fue 10,21 mg N/mL y la cantidad de proteína microbiana de 68,08 mg N/100 mL, a diferencia del vacuno que solamente mostraron una concentración de proteína microbiana de 62,25 mg N/100 mL con 12,96 mg N/mL de amoníaco, lo que indica una mayor eficiencia del metabolismo ruminal de las proteínas en los búfalos, lo cual corrobora lo expresado por Kennedy *et al.* (1992), cuando plantea que para los forrajes tropicales, las tasas ideales de digestión microbiana se obtienen con un nivel óptimo de concentración de 10 mg N/100 mL de amoníaco en el rumen. Se ha demostrado que la adición de urea y melaza en la dieta, incrementa la población total de protozoos y de bacterias, ya que estos nutrientes favorecen la síntesis de proteína para crecimiento microbiano (Nguyen, 1999).

Es probable que esta sea la causa que justifique los resultados precios de López-Maduro *et al.* (2001) quienes observaron a los 120 días que la producción de leche diaria y total y la ganancia de peso corporal diaria y total fueron significativamente mayores ($P < 0,01$) en las búfalas que recibieron bloques multinutricionales en compara-

ción con las no suplementadas. Los autores concluyeron que esta fuente de nutrientes constituye una práctica recomendable para las búfalas en lactancia.

HÁBITOS DE PASTOREO

En un estudio realizado por Fundora *et al.* (2007) se compararon los hábitos de consumo entre búfalos y vacunos, utilizando búfalos de río de la raza Bufalipso y vacunos mestizos (5/8 Holstein-3/8 Cebú) de 16 meses de edad y 300 kg de peso vivo promedio, en potreros de pasto guinea (*Panicum maximum*). El análisis de las actividades de los búfalos (Cuadro 5) mostró que 99,5% del tiempo, lo invirtieron en la ingestión de alimento, rumia, descanso e ingestión de agua; el resto, en caminar y realizar otras actividades. En los búfalos, tanto en el horario diurno como en el nocturno, la proporción del tiempo dedicado a la rumia fue superior ($P < 0,01$) con respecto al resto de las actividades evaluadas.

Cuadro 5
Proporción del tiempo por sesión (%) dedicado por los búfalos y los vacunos a las diferentes actividades

Especie	Sesión	Consumo de alimentos	Rumia	Descanso	Consumo de agua
Búfalos	Diurna	34,9 ^b	37,9 ^a	24,8 ^c	1,9 ^d
	Nocturna	10,9 ^c	52,7 ^a	34,3 ^b	1,6 ^d
Vacunos	Diurna	53,1 ^a	27,2 ^b	17,0 ^c	1,9 ^d
	Nocturna	13,6 ^c	49,2 ^a	35,8 ^b	0,7 ^d

Fuente: Fundora *et al.*, 2007.

Según Ruckebush (1993) un proceso importante para el mantenimiento del ecosistema ruminal es la rumia, fenómeno que envuelve la regurgitación del alimento del retículo-rumen, remasticación, insalivación y mezclado del bolo. El estudio de Kennedy *et al.* (1992) demostró un menor tiempo de rumia en búfalos (425 min/día) que en los vacunos (635 min/día) consumiendo dietas ricas en fibra. Estas diferencias han sido atribuidas a la mayor fuerza de contracción en el rumen, a la baja tasa de contracciones secundarias y a una menor velocidad de tránsito del alimento por el rumen que presentan los búfalos (Bartocci *et al.*, 1997).

El hecho de que los búfalos dediquen menos tiempo a pastorear que los vacunos (Fundora *et al.*, 2007), observaciones que coinciden con los reportados por Fundora *et al.* (2003), contribuiría a la economía energética del animal. Sin embargo, a diferencia de lo observado por Kennedy *et al.* (1992), el tiempo destinado a la rumia observado por Fundora *et al.* (2007) fue superior en los búfalos, a pesar de que el consumo voluntario de forraje reportado por Paul *et al.* (2003) fue menor. Según Youssef & Khattab (1997) este fenómeno podría ser una de las causas que contribuye a las mejores respuestas productivas en los búfalos, al compararlas con las de los vacunos en iguales condiciones de alimentación y manejo, como resultado de un mejor aprovechamiento de los alimentos fibrosos.

CONCLUSIONES

El búfalo es una especie de gran rusticidad, que se adapta a condiciones ambientales desfavorables, situación que ha favorecido que pueda subsistir consumiendo forrajes de muy baja calidad nutricional. Esto es posible gracias a que poseen un rumen de mayor capacidad que los vacunos, lo cual les permite fermentar los recursos fibrosos propios de su dieta, por periodos más prolongados. Todo ello aunado a la presencia de microorganismos ruminales más eficientes para digerir la fibra, que los observados en vacunos. A su vez poseen papilas ruminales más desarrolladas que les permiten absorber con mayor eficiencia los productos de la fermentación. Las observaciones sobre los hábitos de consumo demuestran que las labores de pastoreo las realizan los búfalos, principalmente durante el día, dedicando gran parte del tiempo a rumiar, lo cual explica parcialmente porque es más eficiente para digerir los forrajes. De acuerdo a lo observado, en las diferentes evaluaciones, se deduce que la especie bufalina presenta grandes oportunidades para ser utilizada para la producción exitosa de carne y leche, en especial, en aquellas zonas agroecológicas donde los vacunos tengan más dificultades para adaptarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allison CD. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *J Range Manag* 38: 305-317.
- André-Mendes J, de Lima-Francisco C. 2011. Aspectos nutricionales del búfalo. *Tecnología en Marcha, Revista Especial* 24: 105-120.
- Angulo RA, Noguera RR, Berdugo JA. 2005. El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) un eficiente utilizador de nutrientes: aspectos sobre fermentación y digestión ruminal. *Livest Res Rural Develop* 17: 67-75.
- Bartocci S, Amici A, Verna M, Terramocchia F, Martillotti F. 1997. Solid and fluid passage rate in buffalo, cattle and sheep fed diets with different forage to concentrate ratios. *Livest Prod Sci* 52: 201-208.
- Booth NH, McDonald LE. 1988. Drug and chemical residues in the edible tissues of animals. In: Booth NH, McDonald LE (eds). *Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 6th edit, Ames, Iowa State University Press pp 1149-1205.
- Bornemann WS, Akin DE. 1990. Lignocellulose degradation by rumen fungi and bacteria: Ultrastructure and cell wall degrading enzymes. In, DE Akin, LG Ljungdahl, JR Wilson, PJ Harris (eds). *Microbial plant opportunities to improve lignocelluloses by ruminants*. Elsevier, New York pp 325-339.
- Cockrill WR. 1974. *The Husbandry and health of the domestic buffalo*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations pp 993-999.
- Delgado DC, Valenciaga D, Santos Y, Fundora O. 2001. Efecto del nivel energético de la dieta en la degradabilidad ruminal *in situ* del *Pennisetum purpureum* (CUBA CT-115) en búfalos de río. VI Congreso Mundial del Búfalo. Maracay, Venezuela.
- Delgado DC, Rosabal Y, Cairo J. 2005. Degradabilidad ruminal *in situ* de *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 en búfalos de río y Cebú comerciales. *Rev Cub Ciencia Agríc* 39: 187-192.

- France J, Siddons RC, Dhanoa MS, Thornley JHM. 1991. A unifying mathematical analysis of methods to estimate rumen volume using digesta markers and intraruminal sampling. *J Theor Biol* 150: 145-155.
- Franzolin R. 1994. Feed efficiency: a comparison between cattle and buffalo. *Buffalo J* 2: 39-50.
- Franzolin R, Tieghi MH. 2000. População Protozoários Ciliados e Degradabilidade Ruminal em Búfalos e Bovinos Zebuínos sob Dieta à Base de Cana-de-Açúcar. *Rev Bra Zoot* 29: 1853-1861.
- Fundora O, Gonzalez ME, Tuero O, Vera AM. 2003. Comparación del comportamiento productivo y la conducta de búfalos de río y vacunos acebuados en pastoreo en etapa de crecimiento ceba. *Rev Cub Ciencias Agríc* 37: 157-162.
- Fundora O, Tuero O, González ME, Rivadineira W, Alonso F, Vera AM. 2007. Estudio comparativo de la conducta alimentaria de búfalos de río y vacunos de la raza Siboney de Cuba en la etapa de ceba. *Rev Cub Ciencias Agríc* 41: 243-247.
- Grant RJ, Van Soest PJ, McDowell RE, Perez CB. 1974. Intake, digestibility and metabolic loss of napier grass by cattle and buffaloes when fed wilted, chopped and whole. *J Anim Sci* 39: 423-434.
- Kennedy PM, Boniface AN, Liang ZJ, Muller D, Murray RM. 1992. Intake and digestion in swamp buffaloes and cattle. II. The comparative response to urea supplements in animals fed tropical grasses. *J Agric Sci* 119: 243-254.
- Leao MI, Valadares RF, Coelho da Silva JF, Valadares Filho SC, Torres RA. 1985. Biotricia do trato digestivo de bubalinos e bovinos. *Rev Soc Bras Zoot* 14: 559-564.
- López-Maduro R, Miranda-López S, Dean D, Montiel N, Zuleta J, Rojas N, Nava Y. 2001. Producción láctea, ganancia de peso corporal y porcentaje de preñez en búfalas mestizas suplementadas con bloque multinutricionales. *Rev Fac Agron (LUZ)* 18: 266-276.
- Naga MA, El-Shazly K. 1969. Activities of rumen microorganisms in water buffalo and zebu cattle. *J Dairy Res* 36: 169-173.
- Nguyen T. 1999. A study of feed degradability and rumen environment of swamp buffaloes in Mekong Delta of Vietnam. *Proc V World Buffalo Cong, Caserta, Italy* pp 337-341.
- Paul SS, Mandal AB, Kannan A, Mandal GP, Pathak NN. 2003. Comparative dry matter intake and nutrient utilization efficiency in lactating cattle and buffaloes. *J Sci Food Agric* 83: 258-267.
- Paul SS, Lal D. 2010. *Nutrient Requirements of Buffaloes*. Azadpur, Delhi, India. Satish Serial Publishing House 138 pp.
- Prins RA. 1991. The rumen ciliates and their functions. In: JP Jouany (ed). *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*. INRA, Francia. pp. 39-52.
- Ranjhan SK. 1992. Nutrition of river buffaloes in Southern Asia. In: Tulloh JHG, Holmes HD (eds). *Buffalo Production*. Elsevier, Amsterdam pp 111-134.
- Ruckebusch Y. 1993. Motilidad del conducto gastrointestinal. In: Church DC (ed). *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. Edit Acribia SA, Zaragoza, España pp 69-116.
- Sideney J, Lyford J. 1993. Crecimiento y desarrollo del aparato digestivo de los rumiantes. In: El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Church DC (ed). Edit Acribia S.A. Zaragoza, España pp: 47-68.
- Singh S, Pradhan K, Bathia SK. 1992. Relative ruminal microbial profile of cattle and buffalo fed wheat straw-concentrate diet. *Indian J Anim Sci* 62: 1197-1202.

Souza NH. 1999. Efeitos do níveis crescentes de fibra em detergente neutro na dieta sobre a fermentação e digestão ruminal em bubalinos e bovinos. Tese Mestrado, Faculdade Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade São Paulo, São Paulo, Brasil. 115pp.

Stewart CS.1991. The rumen bacteria. In: Jouany JP (ed.). Rumen microbial Metabolism and Ruminant Digestion. INRA, Francia pp 15-26.

Sutton JD.1980. Digestion and end product formation in the rumen from production rations. In: Ruckebusch Y, Thivend P (eds). Digestive physiology and metabolism in ruminants. MTP Press pp 271-290.

Wanapat M, Ngarmsang A, Korkhantot S, Nontaso N, Wachirapakorn C, Beakes G, Rowlinson P. 2000. A comparative study on the rumen microbial population of cattle and swamp buffalo raised under traditional village conditions in the northeast of Thailand. *Asian-Australasian J Anim Sci* 13: 918-921.

Youssef M, Khattab RM 1997. Prospect of buffalo production under the prevailing agricultural systems in Egypt. *Bubalus bubalis* 1: 2-18.