

EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DE LA FIBRA EN LA DIETA SOBRE LA CONDUCTA INGESTIVA, DIGESTIÓN DE NUTRIENTES Y SUMINISTRO DE PROTEÍNA MICROBIAL AL DUODENO DE BOVINOS.

Effect of Fiber Particle Size on Cattle Ingestive Behaviour, Nutrients Digestion and Duodenal Microbial-N Supply.

Francis Genovez Chanona, Armín Javier Ayala Burgos, Carlos Alfredo Sandoval Castro *, Rubén Cetina Góngora y Raúl Reyes Ramírez

Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Nutrición Animal
Km 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil, Mérida, Yucatán, México. * Tel: +52 (999) 9 42 32 00, Fax: +52 (999) 9 42 32 05.
E-mail: ccastro@tunku.uady.mx

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del tamaño de la partícula de la fuente de fibra sobre la digestibilidad aparente (DA) de la MS, MO y PC, conducta ingestiva (CI) y aporte de proteína microbial (APM). Se utilizaron 6 vacas ($450 \pm 60,7$ kg PV) *Bos indicus* x *Bos taurus* canuladas en el rumen distribuidas de acuerdo con un diseño experimental doble conmutativo 2 x 2. El experimento se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. La dieta fue mixta forraje:concentrado (40:60). El forraje consistió en un heno con predominancia de zacate Jonson (*Sorghum halapense*). La diferencia en las dietas fue el tamaño de partícula del heno (36 g PC/kgMS) que fue molido con criba de 3 mm (pequeña, FP) y de 25 mm (grande, FG). El contenido de PC de la dieta fue 150 g/kg MS. La Energía Metabolizable (9,3 MJ/kg MS) fue estimada a 1,5 veces el requerimiento de mantenimiento. Se midió la DA de la MS, MO y PC; la producción de saliva se estimó mediante la colecta de bolos. Se utilizó Polietilenglicol para determinar la cinética de líquidos. Se determinó el balance de nitrógeno (N) y la excreción de derivados de purinas (DP) en orina. El efecto de la FP y FG sobre la DA de la MS, MO, PC, el balance de nitrógeno y la APM fue similar ($P>0,05$). La CI presentó mayor actividad de rumia (233 vs 159 min/d) y producción de saliva (74,17 vs 55,77 L/d) para la dieta con FG ($P<0,05$). No hubo efecto sobre la tasa de flujo y de recambio de líquidos. En conclusión,

el tamaño de partícula afectó el tiempo de rumia. La digestibilidad de la MS, MO, PC, así como el APM al duodeno no mostró diferencias significativas entre las dietas.

Palabras clave: Tamaño de partícula heno, conducta ingestiva, aporte de proteína microbial, digestibilidad.

ABSTRACT

The effect of fibre particle size on apparent digestibility, ingestive behaviour and microbial-N supply was investigated. Six *Bos indicus* x *B. taurus* cows (450 ± 60.7 kg LW) fitted with ruminal canulas were used in a 2 x 2 cross-over design. The diet was made of 40% roughage and 60% concentrate. The difference amongst them was the particle size of hay (36 g CP/kg DM) which was reduced to 3 mm (small particle) and 25 mm (large particle). Diets had 150g CP and 9.3 MJ /kg DM. Apparent digestibility of DM, OM and CP and N balance were measured. Saliva production was estimated via bolus collection at the rumen. PEG was used to measure rumen liquid kinetics. Microbial-N supply was assessed with the urinary purine derivatives technique. No effects were found due to particle size on DM, OM, CP and Microbial-N supply ($P>0.05$). Large particle size caused an increase on the time devoted for rumia (233 vs 159 min/d) and saliva production (74.17 vs 55.77 L/d) ($P<0.05$). However, liquid outflow rate and rumen turnover rate were not affected ($P>0.05$). It was concluded that fiber particle size can increase time devoted to rumia. However, apparent DM, OM and CP digestibility, as well as microbial-N supply are not affected.

Key words: Hay particle size, ingestive behaviour, microbial-N supply, purine derivatives, digestibility.

INTRODUCCIÓN

La síntesis de proteína microbial en rumiantes alimentados a base de forrajes (e.g. trópicos) aporta hasta el 75% del total de aminoácidos (AA) que llegan al intestino [21]. Esto permite al animal disponer de un aporte de proteína de mejor calidad que el observado en la ración. Existen una serie de factores que pueden afectar el metabolismo bacteriano y el aporte de proteína microbial (APM). De éstos, los más importantes son la disponibilidad y el flujo de los alimentos en el rumen. El tamaño de partícula del alimento puede jugar un papel importante en la tasa de pasaje a nivel ruminal [3,15], lo que afecta la conducta ingestiva (CI) (principalmente la rumia y producción de saliva) en animales alimentados con forrajes tropicales debido a su alto contenido de fibra.

Existen reportes que indican que el cambio en la tasa de pasaje ruminal influye en el APM [5]. La tasa de flujo es a su vez influenciada por el nivel de consumo. No existen reportes de animales alimentados con una misma cantidad de alimento para diferenciar de manera clara los efectos del tamaño de partícula sobre tasa de flujo, APM, CI y APM. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del tamaño de partícula de la fuente de fibra (heno de pastos tropicales) usado en dietas mixtas sobre la CI, digestibilidad aparente de la MS, MO y PC, así como el APM al duodeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en instalaciones del Departamento Nutrición Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. El estado de Yucatán se localiza entre Latitudes 19° y 21° Norte, con clima predominante AWO (sub-trópico seco), con temperaturas máximas y mínimas de 32 y 19°C, respectivamente.

Animales y dietas

Se utilizaron 6 vacas *Bos indicus* x *Bos taurus* canuladas en el rumen, con peso vivo promedio de $450 \pm 60,68$ kg alojadas en jaulas metabólicas adaptadas para recolectar las muestras de

orina y heces. El alimento se proporcionó en dos partes iguales diariamente a las 8:00 y 16:00 h, ambas dietas tuvieron como única variante el tamaño de la partícula de la fuente de fibra. La dieta con contenido de 150g PC/kg MS se diseñó para cubrir 1,5 veces el requerimiento de mantenimiento de Energía Metabolizable (EM) [1]. En ambos periodos experimentales, la oferta de la dieta con partícula pequeña (FP) y grande (FG) fue de 8,27 y 8,36 kg de MS al día en promedio, respectivamente. La cantidad suministrada fue restringida para poder evaluar las variables de respuesta sin efecto confundido por el nivel de consumo. No existió rechazo de la dieta debido al volumen ofertado. El agua fue disponible *ad libitum*. En la TABLA I se presenta el análisis proximal de los ingredientes utilizados.

Obtención y caracterización de la fuente de la fibra empleada en las dietas experimentales

La fuente de fibra utilizada se obtuvo a partir de pacas comerciales de heno (pastos maduros de diversas especies, con predominancia de *Sorghum halapense*). Las pacas fueron homogenizadas moliéndolas, primero en un molino de martillo (Azteca # 16, hecho en México) con una criba de 25 mm de diámetro. Esta criba definió el tamaño de FG, el segundo tamaño de partícula (FP) fue elaborada moliendo la FG con una criba de 3 mm de diámetro.

Se caracterizó el heno molido a través del cernido de 5 muestras por cada tamaño de partícula. Se colocó una cantidad de muestra representativa (400 g en BF) que fue pesada antes del proceso de tamizado. La muestra se agitó durante 3 minutos con cada malla. Al término del agitado correspondiente se pesó la cantidad de muestra que fue retenida por la malla y el material que no fue retenido por las mallas. En la TABLA II se presentan los resultados obtenidos del tamizado para cada tamaño de partícula. La clasificación del tamaño de partícula se basa en el número de la malla, la cual corresponde al número de poros o aperturas de la malla contenidos en una pulgada cuadrada.

El experimento constó de 2 periodos de 21 días. Los primeros 15 días de cada periodo fueron de adaptación a la dieta y los restantes 6 días para muestreo. Durante los 6 días de muestreo se realizaron las siguientes mediciones.

TABLE I
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS INGREDIENTES Y PORCENTAJE DE INCLUSIÓN DE LOS INGREDIENTES EN LA DIETA EXPERIMENTAL/ CHEMICAL COMPOSITION AND INCLUSION LEVEL IN EXPERIMENTAL DIET.

	Inclusión (g/kg BF)	MS (g/kg)	PC (g/kg)	EE (g/kg)	FND (g/kg)	FAD (g/kg)
Heno *	390	920	0,36	1,34	78,4	53,1
Sorgo**	550	890	114	2,95	24,39	5,19
Melaza*	42	800	0,35	0	0	0
Urea***	23	460	2800	0	0	0
Minerales	0,4	980	0	0	0	0

* Valores de laboratorio FMVZ-UADY. **Sorgo dulce bajo en tanino. *** valores tomados de AFRC (1996). MS: Materia Seca; PC: Proteína Cruda; EE: Extracto Etéreo; FND: Fibra Detergente Neutro; FAD: Fibra Detergente Ácido.

TABLA II
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA FUENTE DE FIBRA
UTILIZADA EN LAS DOS DIETAS/
PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE FIBRE USED
IN EXPERIMENTAL DIET.**

Tamaño de mallas*	% partícula pequeña**	% partícula grande
# 4	0	16,71
# 6	0	16,58
# 8	0	17,17
# 10	2,01	19,98
# 30	40,80	21,58
# 40	18,40	0
# 60	6,80	0
Fondo	30,30	4,84

* El # indica la cantidad de círculos/aperturas por pulgada².
** El % indica la proporción del peso (400 g) retenido en cada malla.

Digestibilidad aparente de la MS, MO y PC y conducta ingestiva (CI)

La digestibilidad aparente (DA) de la MS, MO y PC se midieron por la técnica de colección total de heces [23, 27] durante 5 días. Los valores derivados de la MO fueron empleados para estimar la MO digestible [2] y la concentración de la EM de las dietas (MJ/kg MS) [1].

En cada período de muestreo se realizó observación continua (24 h), para registrar los minutos empleados para cada actividad (consumo, rumia, descanso). La observación se realizó dos días (48h). Los datos obtenidos permitieron calcular el tiempo dedicado (minutos/día) en dichas actividades para cada tratamiento. Se calculó una tasa de consumo efectivo (g MS/minuto consumo) a partir del promedio del consumo (kg MS/día) y el tiempo dedicado a esta actividad (minutos/día), la cantidad de saliva producida fue estimada asumiendo una producción similar por minuto de consumo y rumia [4, 16]. Se colectaron bolos directamente del cardias del animal para estimar la saliva adicionada (g) por g de MS consumida. Para estimar la producción de saliva al día, se utilizó la siguiente fórmula:

$$LSd = (TE * MSm) * min$$

Donde: LSd = Saliva producida al día.
TE = Saliva adicionada (g)/g MS.
MSm = (g) MS consumida/minuto.
min = minutos de masticación al día.

Los bolos se recolectaron (previo vaciado ruminal) durante la alimentación de la mañana (08:00h), el lugar de colecta fue el cardias, se tuvo cuidado de evitar presionarlo para evitar el estímulo de producción de saliva [14]. Se extrajeron 10 bolos de cada animal, se pesaron y se metieron a estufa

para determinar contenido de MS. La producción de saliva se calculó mediante un factor de insalivación (FE).

$$FE \text{ (g saliva /g MS)} = \frac{BFB - (BSB / MSA)}{BSB}$$

Donde: FE = Saliva adicionada (g)/g MS.
BFB = peso fresco del bolo (g).
BSB = peso seco del bolo (g).
MSA = MS del alimento (g).

El día 6 del periodo de muestreo, se utilizó polietilenglicol (PEG 4000, Sigma Co.) como marcador de fase líquida para determinar la tasa de pasaje de líquidos en los animales. Se preparó una dilución de PEG (150 g) y agua caliente (150 ml), la cual se mezcló con 5 kg de contenido ruminal que se colectaron a través de la cánula ruminal de varias regiones del rumen. El marcador se administró en la mañana y se tomaron muestras a 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16 y 24 horas pos-administración del PEG. Para obtener la muestra de líquido se extrajo contenido ruminal de todas las regiones del rumen (5 kg aproximadamente). El líquido extraído se almacenó a -20°C hasta su análisis. Se vació totalmente el rumen al final del muestreo para estimar el volumen.

Balance de nitrógeno y síntesis de proteína microbial

Para el balance de nitrógeno (N) se utilizaron muestras de orina, heces y el alimento. El balance de N fue calculado con base a lo consumido menos lo excretado (heces, orina). La determinación del APM al duodeno se realizó mediante la determinación de los derivados de purina (DP), (alantoína y ácido úrico) [8]. Las determinaciones de alantoína y ácido úrico se hicieron por colorimetría, empleando un espectrofotómetro (Modelo DU-650, Beckman Instruments, E.U.A) de acuerdo a la metodología descrita por Chen y Gomez [8]. Los DP excretados (mmol/d) corresponden a la cantidad de purinas microbiales absorbidas (mmol/d) y se encuentran relacionados de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$DPM = 0,385 \text{ mmol/kg PV}^{0,75} + 0,85 * X$$

donde:
DPM = derivados de purina microbial excretados (mmol/d).
0,385 = excreción de los DP endógena.
0,85 = la proporción de excreción de DP por orina (mmol/d).

Para estimar el aporte de N microbial:

$$70 * X / 0,83 * 0,116 * 1000 = 0,727 * X$$

donde:

0,727 = contenido de N de las purinas (70 mg/mmol).

0,83 = coeficiente de digestibilidad de las purinas microbiales.

0,116 = proporción de N de las purinas con respecto al N total en la mezcla de la biomasa microbiana [8].

La eficiencia en la síntesis de proteína microbiana (EPCM) se calculó a partir del APM (gN/d) dividido entre la cantidad (kg/d) de materia orgánica digestible aparentemente fermentable en el rumen (MODAFR). Para calcular la MODAFR se utilizó el valor de la MOD multiplicado por el factor 0,65 que es el valor correspondiente de digestibilidad a nivel ruminal [2].

Colecta y manejo de muestras

Se tomaron muestras de cada periodo de muestreo para el análisis proximal del alimento. No se tomaron muestras de rechazo debido a que se consumió el total ofertado. Las heces totales se colectaron 5 días durante el periodo de muestreo y se registró su peso. Se tomó una sub-muestra del 2% en base fresca (BF) para almacenar en congelación a -20°C hasta al final de cada periodo. Se homogenizaron todas las muestras para obtener una sola muestra representativa por animal en cada periodo.

Durante 5 días del periodo de muestreo, el total de orina fue colectado y se registró su peso [20]. Se colectó la orina diariamente en recipientes que contenían 300 ml de ácido sulfúrico al 10%, para mantener un pH menor a 3 y evitar que se perdiera N por volatilización. Se tomó una submuestra correspondiente al 3% del volumen diario. La orina se diluyó con agua corriente en relación 1:4. Las muestras fueron almacenadas a -20°C en frascos de plásticos para cada día de muestreo y posteriormente homogenizadas para obtener una muestra por animal por periodo.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los animales se distribuyeron en dos grupos en un diseño doble conmutativo 2 x 2 (2 periodos x 2 tratamientos por periodo), con 6 animales por tratamiento. Cada periodo tuvo una duración total de 21 días, 15 días de adaptación y 6 días de muestreo. Las variables medidas fueron analizadas em-

pleando el programa SAS [26] de acuerdo al diseño experimental descrito. El modelo considera los efectos del *i*-ésimo animal en el *j*-ésimo periodo experimental durante el cual recibe el *k*-ésimo tratamiento: $Y_{ij} = \mu + A_i + P_j + T_{k(ij)} + \varepsilon_{ij}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aún cuando se siguieron las recomendaciones de no utilizar menos de 21% BS de FAD en la ración [12], el animal con mayor capacidad ruminal, al alimentarse con la dieta de partículas pequeñas presentó problemas de acidosis durante el periodo de adaptación, motivo por el cual fue retirado de la prueba durante el periodo 1 (contando con 5 animales (réplicas) para este periodo. En el periodo 2, se contaron con las 6 réplicas planeadas) y no fue empleado más en el experimento.

Los valores promedio de la digestibilidad aparente de la MS, PC, y MO en la MS (DMOMS) se reportan en la TABLA III. No se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos.

La digestibilidad aparente de la MS, MO y PC del presente trabajo fue similar entre dietas ($P > 0,05$). Contrario a reportes previos que señalan una disminución de la digestibilidad ruminal de la fibra conforme se reduce el tamaño de partícula del forraje [29]. Quizá no se presentó diferencia significativa debido a que el consumo de alimento fue fijo y similar para ambas dietas, por lo que el efecto de la tasa de dilución fue minimizado.

Los datos de CI se presentan en la TABLA IV. Se pudo observar una mayor actividad de rumia al día (31%) para la FG ($P < 0,05$). Los valores reportados para minutos de rumia por kg de MS, MO, FDN y FDA fueron mayores ($P < 0,05$) para la dieta que tuvo la FG (incremento en tiempo de 28; 28; 30 y 25%, respectivamente). El tiempo de masticación total al día fue un 25% mayor para FG ($P < 0,05$).

Aunque generalmente el tiempo de consumo está relacionado con el tamaño de partícula de la dieta [4, 25, 31], en el presente estudio no hubo efecto significativo quizás debido a la oferta restringida de alimento. En el caso del tiempo empleado para la rumia puede observarse un efecto del tamaño de partícula independientemente del consumo [11]. Por lo tan-

TABLA III
DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA, MATERIA ORGÁNICA Y PROTEÍNA CRUDA (g/kg MS) EN VACAS
ALIMENTADAS CON DOS TAMAÑOS DE PARTÍCULA DEL HENO/ DRY MATTER, ORGANIC MATER AND CRUDE PROTEIN
APPARENT DIGESTIBILITY (g/kg DM) IN COWS FED WITH TWO DIFFERENT HAY PARTICLE SIZE.

	Tamaño de partícula		EEM	P
	Pequeña	Grande		
DMS	680	676	1,24	0,78
DMOMS	666	669	1,09	0,85
DPC	851	837	0,12	0,58

EEM: error estándar de las medias. DMS: Digestibilidad de la Materia Seca; DMOMS: Digestibilidad de la Materia Orgánica en la Materia Seca; DPC: Digestibilidad de la Proteína Cruda.

TABLA IV
CONDUCTA INGESTIVA EN VACAS ALIMENTADAS CON DOS TAMAÑOS DE PARTÍCULA DEL HENO/
COW INGESTIVE BEHAVIOUR WHEN FED DIETS WITH DIFFERENT HAY PARTICLE SIZE

Actividad	Tamaño de partícula		EEM	P
	Pequeña	Grande		
Consumo (min/d)	131,8	155,45	32,67	0,35
Rumia				
Min/d	159,02	233,6	35,51	0,02
Min/kg MS	19,12	27,94	4,38	0,04
Min/kg MO	20,06	29,31	4,60	0,04
Min/kg FDN	41,48	63,29	9,82	0,03
Min/kg FDA	74,57	108,33	16,88	0,04
Masticación (min/d)	290,82	389,05	45,73	0,02

EEM: error estándar de las medias. MS: Materia Seca; MO: Materia Orgánica; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácida.

to, dentro del rango de tamaños de partícula empleados, la rumia parece ser el proceso determinante para la reducción del tamaño de la partícula.

Se presentó una mayor producción de saliva para la dieta FG (74,17 L/d) ($P<0,01$) en comparación con la dieta de FP (55,77 L/d) (TABLA V). La cinética de líquidos mostró que la tasa de dilución fue de 0,10 y 0,07 ($P>0,05$), y la tasa de recambio fue 2,4 y 1,7 ($P>0,05$) para las dietas de FP y FG respectivamente. El flujo de líquidos fue de 101,98 y 80 L/d ($P>0,05$) para FP y FG, respectivamente. El volumen de líquido estimado a través del vaciado ruminal fue de 44,58 y 47,53 kg para la dieta de FP y FG ($P>0,05$), respectivamente.

La colecta de bolos demuestra que el tipo de dieta influye en la respuesta de la producción salival [14] y que al aumentar la fracción de heno grueso en la dieta aumenta la producción de saliva [10,16] ya que la producción estimada de saliva fue de 55,7 y 74,17 L/d para la dieta FP y FG respectivamente ($P<0,02$).

El consumo de N fue de 208,63 y 211,43 g/d, para FP y FG, respectivamente ($P>0,05$). La excreción de N por heces fue mayor para la dieta con FG (52,4) con respecto a la FP (46,81 g/d) ($P<0,05$). En el caso de la orina se presentó una mayor excreción de N en la dieta con FP en comparación con la dieta FG (115,56 y 103,41 g/d respectivamente) ($P<0,05$). Sin embargo, el balance de N de ambas dietas fue similar (46,25 y 55,62 g/d para FP y FG, respectivamente) ($P>0,05$).

La alta excreción de N en ambas dietas era de esperarse por la alta solubilidad de la urea y la cantidad consumida. El consumo de N de ambas dietas fue similar ($P>0,05$). La excreción de N en heces fue mayor para la dieta de FG ($P<0,05$), la excreción de N en orina mayor en FP ($P<0,05$). El N retenido fue similar ($P>0,05$). Ha sido reportado que existe un incremento en la excreción de N en la orina, pero no en la excreción fecal, cuando se incrementa la cantidad de N consumido [13,17]. En el presente estudio, la orina fue la principal vía de

excreción de N (70 y 66% para dieta de FP y FG, respectivamente).

Los resultados de la excreción de los DP, el APM y la EPCM se presentan en la TABLA VI. La excreción de alantoína y ácido úrico fue similar entre ambas dietas ($P>0,05$). La excreción total no fue diferente entre dietas ($P>0,05$) con 323,6 y 222,7 mmol/d para FG y FP, respectivamente. El APM de la dieta de FP fue menor con respecto a FG, 993,42 y 532,34 g/d, respectivamente, y aunque esto representa un incremento del 34% en el APM no existió diferencia ($P>0,05$).

La alta solubilidad del N y el molido del sorgo quizá permitan explicar en parte los altos valores encontrados para la eficiencia en la síntesis de proteína microbial [18,28]. Ambas dietas aportaban cantidades similares de N y energía y la única diferencia entre estas era el tamaño de partícula. Este tipo de dieta provee de N y energía que son fácilmente capturados por las bacterias. Restricciones en el aporte de energía o proteína pueden inducir cambios en el metabolismo microbial y en consecuencia en la eficiencia de síntesis microbial [24]. Sin embargo, dado que el consumo era restringido no existió efecto del nivel de consumo de alimento sobre el ambiente ruminal y su funcionamiento, por lo que similares APM fueron obtenidos.

La tendencia observada a un mayor APM en la dieta con FG pudiera ser explicado si se considera que esta dieta crea un ambiente más cercano a una dieta de forrajes. En estas condiciones pudo existir una mayor población de protozoarios, debido a que se estima que éstos se encuentran en mayores concentraciones en animales adaptados a consumir dietas más toscas o con mayor proporción de forrajes [6, 9]. Esto pudo resultar en la diferencia observada se considera que el aporte de N microbial de los protozoos es igual al del grupo de bacterias unidas a la fracción sólida [30].

A pesar de los altos valores observados para síntesis de proteína microbial en ambas dietas, la dieta de FP está dentro

TABLA V
PRODUCCIÓN DE SALIVA ESTIMADA A TRAVÉS DE LA COLECTA DE BOLOS EN VACAS ALIMENTADAS
CON DOS TAMAÑOS DE PARTÍCULA DEL HENO/ SALIVA PRODUCTION ESTIMATED VIA FEED BOLUS COLLECTION
IN COWS FED WITH DIFFERENT HAY PARTICLE SIZE

	Tamaño de partícula		EEM	P
	Pequeña	Grande		
Consumo (g MS*Min)	65,41	64,33	11,72	0,92
Saliva (g/g MS)	2,79	3,21	0,49	0,46
Saliva (G*Min)	189,11	196,57	9,90	0,5
Masticación (Min/d)	290,82	389,05	29,87	0,01
Saliva (L/d)	55,77	74,17	2,60	0,02

EEM: error estándar de las medias. MS: Materia Seca.

TABLA VI
EXCRECIÓN DE ALANTOÍNA, ÁCIDO ÚRICO Y TOTAL DE DERIVADOS DE PURINAS (mmol/d), APOORTE DE PROTEÍNA
MICROBIAL (g N/d) Y EFICIENCIA DE SINTESIS DE PROTEINA CRUDA MICROBIAL (g N/Kg MODAFR) EN VACAS
ALIMENTADAS CON DOS TAMAÑOS DE PARTÍCULA DEL HENO/ URINARY ALLANTOIN, URIC ACID AND TOTAL
PURINE DERIVATIVES (mmol/d), MICROBIAL-N SUPPLY (g N/D) AND EFFICIENCY OF MICROBIAL PROTEIN SYNTHESIS
IN COWS FED WITH DIFFERENT HAY PARTICLE SIZE

	Tamaño de partícula		EEM	P
	Pequeña	Grande		
Alantoina	179,67	249,63	40,2	0,2
Ácido Úrico	43,04	74,01	12,47	0,1
Total de DP	222,72	323,65	52,30	0,17
Aporte de PM				
g / día	993,42	1532,34	276,97	0,16
g N/kg MODAFR	44,17	73,08	12,10	0,11

EEM: Error estándar de las medias; PM: Proteína Microbial; DP: Derivados de Purinas; MODAFR: Materia Orgánica Digestible Aparentemente Fermentable en Rumen; EPCM: Eficiencia en la síntesis de Proteína Cruda Microbial.

del margen reportado de hasta 50 gN/kg MODAFR [7], a diferencia de la dieta de FG en la que se obtuvieron valores promedio de 73 gN/kg MODAFR. Sin embargo, existen reportes donde se ha registrado eficiencia en la síntesis de proteína microbiana de hasta 70 g N/kg MODAFR [19].

Las técnicas utilizadas para calcular el suministro de proteína microbiana pueden hacer variar el resultado como factor intrínseco [6, 9]. Para el caso de las bases de purinas, se ha reportado que la técnica puede sobreestimar el flujo de proteína microbiana al duodeno debido a los cambios en la población bacteriana ocasionados por efecto de adaptación a los ingredientes de las raciones [22]. Las diferencias en la relación N: bases púricas entre las fracciones microbianas es otro factor importante a considerar en el uso de la técnica [6, 23, 30], que sólo puede ser corregido identificando en cada dieta la población microbiana y su relación N: bases púricas, por lo que los resultados deben ser tomados como un índice más que como un valor absoluto.

CONCLUSIONES

Al consumir cantidades iguales de dos alimentos que sólo difieren en el tamaño de partícula de la fibra (3 mm o 25 mm) no hay efecto sobre el aporte de proteína microbiana al duodeno. El tamaño de partícula afectó la conducta ingestiva, incrementando el tiempo dedicado a rumia y con ello la masticación total observado en la dieta con tamaño de partícula de 25 mm. La digestibilidad aparente y la tasa de flujo de líquidos en el rumen fueron similares entre dietas con diferente tamaño de partícula.

IMPLICACIONES

Es posible que el mejor desempeño de animales alimentados con dietas con tamaños de partícula reducida sea producto de un mayor consumo y no por un incremento en la eficiencia *per se*, dado que este consumo pudiera inducir un au-

mento en la tasa de flujo ruminal y esto probablemente mejore la eficiencia microbiana, es necesario investigar con mayor detalle efectos.

AGRADECIMIENTO

A CONACYT-México por otorgar una beca de estudios de maestría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). Energy and protein requirements of ruminants. Capítulo 2. UK. CAB International. 160pp. 1993.
- [2] AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). Requeriments for protein. In: **The nutrients requirements of ruminant livestock**. Commonwealth Agriculture Boreaux, EDS. Pp. 121-159. 1980.
- [3] BAKER, S.K.; DIJKSTRA, J. Dynamics aspects of the microbial ecosystem of the reticulo-rumen. In: Jung HG, Fahey GC. (Eds) USA. **Nutritional Ecology of Herbivores**. American Soc Anim Sci. 261-305 pp. 1999.
- [4] BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z.; RHODE, L.M. Effects of particle size of alafalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. **J Dairy Sci**. 86:630-643. 2003.
- [5] CAMERON, M.R.; KLUSMEYER, T.H.; LYNCH, G.L.; CLARK, J.H. Effects of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. **J Anim Sci**. 74:1321-1336. 1991.
- [6] CARRO, D.M.; MILLER, E.L. Comparison of microbial markers (N15 of purine bases) and bacterial isolates for the estimation of rumen microbial protein synthesis. **Anim Sci**. 75:315-321. 2002.
- [7] CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **J Dairy Sci**. 75:2304-2323. 1992.
- [8] CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of the technical details. International Feed Research Unit. Rowett Research Institute, Aberdeen, UK. Occasional Publication. Pp. 1-19. 1992.
- [9] DIJKSTRA, J.; FRANCE, J.; TAMMINGA, S.; MILLS, J. Prediction the yield of nutrients from microbial metabolism in the rumen. In: Manneffe, L., Ramirez-Áviles, L., Sandoval-Castro, C., Ku-Vera, J.C. (Eds). **Matching Herbivore Nutrition to Ecosystems Biodiversity. VI International Symposium on the Nutrition Herbivores**. Mérida, 19-24 Octubre, Yucatán, México. Pp. 101-127. 2003.
- [10] DURIC, M.; ZHAO, G.Y.; ORSKOV, E.R.; CHEN, X.B. Indirect measurement of saliva secretion in sheep fed diets of different structures and the effect of such diets on ruminal fluid kinetics and fermentation pattern. **Exper Phys**. 79:823-830. 1994.
- [11] GRANT, R.J.; COLENBRANDER, V.F.; ALBRIGHT, J.L. Effect of particle size of forage and rumen cannulation upon chewing activity and laterality in dairy cows. **J Dairy Sci**. 73:3158-3164. 1990.
- [12] JARRIGE, R. **Ruminant nutrition: recommended allowance and feed tables**. Capítulos 5 y 6. INRA, France. 61-84 pp. 1989.
- [13] JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; ERDMAN, R.A. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency and lactating dairy cows. **J Dairy Sci**. 81:2681-2692. 1988.
- [14] KAY, R.N. The influence of saliva on digestion in ruminants. **World Rev Nutr**. 6:292-325. 1966.
- [15] KENNEDY, P.M.; DOYLE, P.T. Particle-size reduction by ruminants -effects of cell wall composition and structure. In: Jung, H.G., Buxton, D.R., Hatfield, R.D., Ralph, J. (Eds) **Forage Cell Wall Structure and Digestibility**. USA. ASA, CSSA, SSSA. 499-533 pp. 1993.
- [16] MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **J Dairy Sci**. 85:1176-1182. 2003.
- [17] MARINI, J.C.; VAN AMBURGH, M.E. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. **J Anim Sci**. 81:545-552. 2003.
- [18] MENG, Q.; KERLEY, S.; BELYEA, R.L. Effect of dilution rate and fermentable structural polysaccharide to protein relation on microbial efficiency in continuous cultures. **J Anim Sci**. 73:262. 1995.
- [19] OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of diet fermentability on efficiency of microbial nitrogen production in lactating dairy cows. **J Dairy Sci**. 86:195-207. 2003.
- [20] ORDÓÑEZ, J.C. Efecto de la suplementación energética y el patrón de alimentación sobre el aporte de nitrógeno microbiano al duodeno, en vacas alimentadas a base de forrajes. Mérida, Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Tesis de Maestría. 92 pp. 2002.
- [21] ORSKOV, E.R. Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. **Livest Prod Sci**. 39:53-60. 1994.
- [22] PÉREZ, J.F.; BALLCELS, J.; GUADA, J.; CASTRILLO, G. Contribution of dietary nitrogen and purine bases to

- the duodenal digesta: comparison of duodenal and polyesterbag measurements. **Anim Sci.** 65:237-245. 1997.
- [23] RODRIGUEZ-PRADO, M.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A. Effects of fiber content and particle size of forage on the flow of microbial amino acids from continuous culture fermenters. **J Dairy Sci.** 87:1413-1424. 2004.
- [24] RUSSELL, J.B.; COOK, G.M. Energetics of bacterial growth: balance of anabolic and catabolic reactions. **Microbiol Rev.** 59:48-62. 1995.
- [25] SANTINI, F.J. ; HARDIE, A.R. ; JORGENSEN, N.A. Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. **J Dairy Sci.** 66:811-820. 1983.
- [26] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). User's Guide: Statistics (Version 6,1). Cary NC, USA. 1996.
- [27] SCHEINER, B.H.; FLATT, W.P. Calculations of digestibility. **The evaluation of feeds through digestibility experiments.** The University of Georgia Press. USA. 143-151 pp. 1975.
- [28] STOKES, S.R.; HOOVER, W.H.; MILLER, T.K.; MAN-SKI, R.P. Ruminant digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein levels on bacterial metabolism in continuous cultures. **J Dairy Sci.** 74:860-870. 1991.
- [29] VAN SOEST, P.J. Forage preservation (Chapt. 14) and Microbes in the gut (Chapt. 16). **Nutritional ecology of the ruminant.** 2nd Ed. Cornell University Press. USA. 213-229pp y 253-280pp. 1994.
- [30] VICENTE, J.F.; GUADA, J.; SURRA, J.; BALCELLS, J.; CASTRILLO, G. Microbial contribution to duodenal purine flow in fattening cattle given concentrate diets, estimated by purineN labelling (N15) of different fractional microbial. **Anim Sci.** 78:159-167. 2004.
- [31] WOODFORD, S.T.; MURPHY, M.R. Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. **J Dairy Sci.** 71:674-687. 1988.