EMPLEO DE LA METODOLOGÍA NIRS PARA PREDECIR LA INGESTIÓN, DIGESTIBILIDAD, COMPOSICIÓN DE LA DIETA Y CONTENIDO EN N-ALCANOS DE LAS HECES EN OVEJAS ALIMENTADAS CON DIFERENTES PROPORCIONES DE ALFALFA Y RAIGRÁS (*Lolium rigidum*)

A. Keli[1], D. Andueza[2], R. Baumont[2], G. Béchet[2] y A. de Vega[1]
[1]Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza (España)
[2]INRA-Theix URH-RAPA 63122 Saint Genès Champanelle (Francia)

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la ingestión y de la composición de la dieta de los animales adquiere gran importancia en condiciones de pastoreo, y requiere del desarrollo de metodologías que permitan su estimación teniendo en cuenta los posibles factores de variación. Entre estas técnicas, la metodología de los n-alcanos (Mayes *et al*., 1986) es la más utilizada, aunque su análisis es costoso y laborioso, e implica la utilización de solventes orgánicos nocivos para las personas y el medio ambiente.

La metodología NIRS está siendo utilizada de forma rutinaria para predecir la composición química y el valor energético de los alimentos (Aufrère *et al*., 1996), la ingestión y la digestibilidad (Boval *et al*., 2003; 2004; Decruyenaere *et al*., 2003), y la concentración fecal de n-alcanos en bovinos (Garnsworthy y Unal, 2004) y ciervos (Ru *et al*., 2002), y parece ser de gran utilidad para estimar la ingestión y la composición de la dieta en ovejas alimentadas con diferentes combinaciones de paja y grano de cebada (Valiente *et al*., 2004).

Con estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue comprobar la posibilidad de utilizar la metodología NIRS para estimar la ingestión, digestibilidad, composición botánica de la dieta y concentración fecal de n-alcanos en ovejas alimentadas con diferentes proporciones de alfalfa y raigrás (*Lolium rigidum*), con vistas a su posible aplicación en condiciones de pastoreo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 16 ovejas de raza Rasa Aragonesa, adultas, vacías y secas, distribuidas al azar en cuatro tratamientos consistentes en diferentes proporciones de henos de alfalfa y de raigrás (*Lolium rigidum*) (100:0, 67:33, 33:67 y 0:100) picados a 5 cm. Tras un periodo de adaptación a las dietas de 14 días, durante el cual se fijó el nivel de ingestión de los animales al 95% de *ad libitum* para intentar evitar los rehusos, éstos fueron introducidos en jaulas de metabolismo donde, tras tres días de acostumbramiento, se realizó un balance de digestibilidad de una semana de duración. La administración de las dietas se realizó una vez al día (9:00 h), y durante todo el balance se tomaron muestras diarias tanto de la alfalfa como del raigrás ofrecidos, que fueron agrupadas para todo el periodo. Una submuestra fue desecada a 60 ºC durante 48 horas, y otra molida en un molino de martillos, provisto de criba de 1 mm, y almacenada en botes de plástico. En los casos esporádicos en que los animales dejaron rehusos, éstos fueron pesados y su concentración en materia seca (MS) determinada, moliéndose posteriormente una submuestra al mismo tamaño que la oferta. La producción fecal diaria fue igualmente registrada y su contenido en MS determinado, tomándose un 5% del peso diario,

que fue congelado a –20 °C, liofilizado y agrupado en una muestra única por animal, que fue igualmente molida a 1 mm. En todos los casos las muestras molturadas fueron utilizadas para el análisis de materia orgánica (MO) y fibra neutro detergente (FND), obteniéndose además la concentración en n-alcanos y el espectro NIRS de las muestras de heces.

Los espectros NIRS de un rango de longitudes de onda entre 700 y 2500 nm fueron recogidos utilizando un equipo Foss NIRSystems 6500 monochromator, equipado con un modulo spinning. Tanto los espectros como los datos de referencia fueron analizados mediante un paquete Infrasoft Internacional (ISI) NIRS3 (versión 3.0). Para la obtención de las ecuaciones de calibración se usó el método MPLS (modified partial least squares regression) tras un tratamiento de corrección de la radiación difusa (SNVD: standard normal variate and detrend) (Barnes *et al*., 1989). Para evaluar la capacidad de predicción de las ecuaciones de calibración se utilizaron como parámetros estadísticos el error estándar de la calibración (SEC), el error estándar de la validación cruzada (SECV), el coeficiente de determinación de la calibración (R^2c) y el coeficiente de determinación de la validación cruzada (R^2cv).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se recogen los parámetros estadísticos de calibración del NIRS y de la validación cruzada de las ecuaciones de predicción de la ingestión, digestibilidad, composición de la dieta y concentración fecal de n-alcanos. Los valores de R^2c para la predicción de la ingestión (g/d), la digestibilidad de la MS y la composición de la dieta (% de alfalfa) fueron de 0,78, 0,94 y 0,99, respectivamente, mientras que en el caso de los alcanos siempre estuvieron por encima de 0,72. La fiabilidad de las diferentes estimaciones, considerada a partir de los valores R^2cv, fue muy variable. Así, la ingestión total de MS (g/día) se predijo mejor que cuando se expresó en función del peso metabólico del animal, mientras que los valores para todos los coeficientes de digestibilidad fueron muy bajos. El escaso número de datos con que se obtuvieron los modelos de calibración puede explicar estos resultados. La excepción la constituyó la predicción del consumo de alfalfa, tanto en proporción de la dieta como en términos de cantidades diarias absolutas o en relación al peso metabólico, con valores de R^2cv superiores a 0,85 en todos los casos. Por lo que se refiere a los alcanos, las cifras más bajas se obtuvieron con los alcanos dosificados (C_{32} y C_{36}). Ru *et al*. (2002) obtuvieron resultados similares, achacando la falta de precisión a la falta de interacciones estructurales entre los alcanos dosificados y el resto de componentes químicos.

A la vista de los resultados obtenidos se concluye que la metodología NIRS puede predecir con fiabilidad la ingestión, digestibilidad y composición de la dieta en animales alimentados con mezclas de alfalfa y *Lolium rigidum*. La predicción de la concentración fecal de los alcanos internos también puede realizarse con precisión, a pesar de su bajo contenido, aunque ésta es menor cuando se trata de los alcanos externos. La robustez de las ecuaciones debe mejorarse, sin embargo, antes de proponer su aplicación en condiciones de pastoreo, para lo que es imprescindible el incluir un mayor número de datos en las mismas.

Tabla 1. Parámetros estadísticos de las ecuaciones de predicción de la ingestión, digestibilidad, composición de la dieta y concentraciones fecales de n-alcanos a partir del espectro NIRS de las heces en ovejas alimentadas con diferentes proporciones de henos de alfalfa y de raigrás (*Lolium rigidum*) (100:0, 67:33, 33:67 y 0:100)

		Observado	Calibración		Validación cruzada	
	N	Media±σ	SEC	R^2c	SECV	R^2cv
MSI						
g/d	15	1058±326,0	151,00	0,78	193,00	0,65
g/kg $PV^{0,75}$	15	48,2±13,00	9,71	0,44	11,56	0,20
DMS (%)	15	59,4±2,56	0,64	0,94	2,19	0,30
DMO (%)	16	61,0±2,97	2,19	0,46	3,00	0,06
DFND (%)	16	55,8±4,86	3,22	0,56	4,39	0,24
Composición de la dieta						
% alfalfa	16	50,0±38,56	1,40	0,99	5,52	0,98
g MS alfalfa/día	15	590±518,0	121,00	0,95	192,00	0,86
g MS alfalfa/kg $PV^{0,75}$	14	27,4±21,83	7,22	0,89	8,24	0,85
Concentraciones fecales de alcanos (mg/kg MS)						
C_{21}	16	1,9±1,52	0,39	0,93	1,09	0,51
C_{23}	15	3,4±2,14	0,28	0,98	0,44	0,96
C_{25}	14	31,1±17,01	1,58	0,99	3,62	0,95
C_{26}	16	3,6±0,76	0,40	0,73	0,53	0,50
C_{27}	15	95,1±1,60	1,62	0,99	5,45	0,97
C_{28}	16	14,7±3,07	0,14	0,99	0,79	0,94
C_{29}	16	172,0±18,09	4,32	0,94	7,59	0,85
C_{30}	16	25,8±5,12	0,42	0,99	1,12	0,95
C_{31}	16	702,3±197,59	13,84	0,99	46,61	0,95
C_{32}	15	199,6±65,40	34,30	0,73	65,43	0,05
C_{33}	16	76,4±6,40	1,16	0,97	2,80	0,83
C_{35}	15	3,1±0,95	0,19	0,96	0,44	0,78
C_{36}	15	180,9±70,44	33,68	0,77	61,32	0,27

MSI: materia seca ingerida; DMS: digestibilidad de la materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; DNDF: digestibilidad de la fibra neutro detergente; N: número de muestras; SEC: error estándar de la calibración, R^2c: coeficiente de determinación en la calibración; SECV: error estándar de la validación cruzada; R^2cv: coeficiente de determinación en la validación cruzada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aufrère J, Graviou D, Demarquilly C, Pérez, JM, Andrieu J (1996) *Animal Feed Science and Technology* **62**, 77-90.

Barnes RJ, Dhanoa MS, Lister SJ (1989) *Applied Spectroscopy* **43**, 772-777.

Boval M, Lecomte PH, Archimède H (2003) *Tropical and Subtropical Agroecosystems* **3**, 453-456.

Boval M, Coates D.B, Lecomte P, Decruyenaere V, Archimède H (2004). *Animal Feed Science and Technology* **114**, 19-29.

Decruyenaere V, Peters, M., Stilmant D, Lecomte PH, Dardenne P (2003) *Tropical and Subtropical Agroecosystems* **3**, 471-475.

Garnsworthy PC, Unal Y (2004) *Animal Science* **79**,327-334.

Mayes RW, Lamb CS, Colgrove PM (1986) *Journal of Agricultural Science* **107**, 161-170.

Ru YJ, Kruk JA, Fischer M, Choct M, Glatz PC (2002) *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **15**, 1611-1616.

Valiente OL, Andueza D, de Vega A, Olmos G. Muñoz F (2004) *Journal of Animal and Feed Sciences* **13, Supplement 1**, 227-230.