

PREDICCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA EN DIETAS COMPLETAS: CLONACIÓN DE INSTRUMENTOS Y TRANSFERENCIA DE ECUACIONES NIRS EN PRODUCTO INTACTO

Soldado¹, A., De la Roza-Delgado¹, B., Martínez-Fernández¹, A., Vicente-Mainar¹, F., López², L. y Díaz-Bueno², E.

¹Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Área de Nutrición Animal, Pastos y Forrajes, 33300 Villaviciosa (Asturias). broza@serida.org

²Cooperativa del Valle de los Pedroches (COVAP), 14400 Pozoblanco, Córdoba.

INTRODUCCIÓN

Las exigencias nutricionales en vacuno lechero de alta producción han generalizado como sistema de alimentación las dietas completas (unifeed; DU), para favorecer el equilibrio entre nitrógeno y energía fermentable en el rumen, y optimizar la cantidad y calidad de las producciones, con la consiguiente reducción del impacto ambiental a través de la disminución de pérdidas de nutrientes en orina y heces (de la Roza et al., 2005).

Por otro lado, es bien conocida la capacidad de la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) como herramienta viable para predecir entre otros el valor nutritivo de alimentos para animales. De hecho el SERIDA lleva trabajando durante los últimos 20 años en esta tecnología y, ha conseguido implantarla, como alternativa rápida, exacta y precisa para el control de calidad de alimentos, con el consiguiente reconocimiento por parte de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) en el año 2004 (430/LE930), del cumplimiento de la Norma ISO-17025. Pues bien, la información acumulada y los avances en instrumentación y paquetes quimiométricos, han posibilitado la transferencia entre instrumentos de ecuaciones desarrolladas en producto intacto, siempre y cuando se utilice un algoritmo adecuado y se sigan protocolos de clonación validados NIRS.

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la posibilidad de transferir ecuaciones NIRS desarrolladas para la predicción del valor bromatológico en alimentos tan heterogéneos como son las dietas unifeed en su estado natural entre equipos NIRS, situados en distintas localidades (Asturias y Córdoba). Una validación externa ha permitido corroborar que una adecuada estrategia de clonación posibilita transferir modelos de predicción NIRS en una matriz tan compleja como son las dietas unifeed (DU) húmedas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han utilizado dos colectivos de trabajo: a) la población de calibración formada por 183 muestras de DU, procedentes de diferentes explotaciones de la Cornisa Cantábrica y recopiladas en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA en los últimos 10 años b) el colectivo de validación constituido por un total de 10 muestras, seleccionadas aleatoriamente en COVAP y el SERIDA. La recogida de datos espectrales para el desarrollo de la calibración NIRS se llevó a cabo en un equipo monocromador NIRSystems 6500 (FOSS NIRSystems, Silver Spring, MD, EE.UU.) dotado de módulo transport, con un rango de medida comprendido entre 400-2500 nm a intervalos de 2 nm, en modo reflectancia ($\log 1 / R$). Los espectros de las muestras se recogieron por duplicado utilizando una cápsula natural, con una ventana óptica de cuarzo de 4,7 x 20 cm, y posteriormente se utilizó el espectro promedio en el proceso de calibración.

Los parámetros analíticos evaluados han sido: materia seca (MS), cenizas, (CZ), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), almidón (ALM), fibra bruta (FB), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND). Los datos de referencia se obtuvieron a partir de parámetros analíticos determinados por las normas habituales en alimentación animal (AOAC, 1984). Asimismo, los análisis de referencia de las muestras de validación se realizaron siguiendo el procedimiento normalizado de trabajo PNTNANIR001, ensayo acreditado bajo el amparo de la norma ISO-17025.

La estandarización/clonación para la transferencia de ecuaciones NIRS en DU en su estado natural entre el equipo NIRSystems 6500 (master) del SERIDA y el NIRSystems 5000 (FOSS NIRSystems, Silver Spring, MD, EE.UU.) de COVAP (satélite), que trabaja en un rango de medida más estrecho (1100-2500nm), se realizó recogiendo la información

espectral de un colectivo de ocho cápsulas rectangulares $\frac{1}{4}$ que contenían diferentes tipos de alimentos para animales en producto intacto: piensos compuestos, materias primas y dietas completas, en ambos equipamientos. La matriz de estandarización se realizó utilizando el algoritmo patentado por Shenk y Westerhaus (1989), y la clonación se llevó a cabo únicamente en la región NIR común en ambos instrumentos, 1100 a 2500 nm. Tanto para la recogida de datos espectrales como para el análisis quimiométrico se utilizó el software WinISI II versión 1.50 (Infrasoft International Inc., Port Matilda, PA, EE.UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se recogen los estadísticos de calibración de la ecuación NIRS para la determinación de los parámetros nutritivos de las DU desarrollada con los espectros NIRS del equipo del SERIDA tras una normalización y aplicación de la segunda derivada a los mismos. Atendiendo a los estadísticos de calibración y validación cruzada, observamos que la ecuación presenta una elevada capacidad predictiva, siendo los valores del ratio RER (Rango/ Error estándar de validación cruzada, ETVC) en todos los parámetros (excepto cenizas) superiores a 10, de acuerdo a las recomendaciones de Williams y Sobering (1996).

Tabla 1. Estadísticos de calibración y validación cruzada para la predicción NIRS de la composición bromatológica de dietas unifeed en estado natural.

	Rango	ETC	R ²	ETVC	r ²	RER
MS	26,08-61,05	0,943	0,9738	1,077	0,967	32,5
CZ	1,83-5,55	0,348	0,685	0,384	0,621	9,7
PB	3,73-9,90	0,373	0,869	0,441	0,819	14,0
FB	4,52-13,38	0,455	0,905	0,662	0,812	13,4
EE	0,94-3,36	0,197	0,761	0,208	0,736	11,6
ALM	2,03-13,08	0,886	0,769	1,001	0,710	11,1
FND	11,40-27,32	0,530	0,960	1,172	0,809	13,6
FAD	5,36-15,57	0,698	0,832	0,807	0,776	12,7

MS: materia seca, CZ: cenizas, PB: proteína bruta, FB: fibra bruta, EE: extracto etéreo, ALM: almidón, FAD y FND: fibra ácido y neutro detergente. ETC y ETVC: Errores estándar de calibración y validación cruzada, respectivamente. R² y r²: coeficientes de determinación de calibración y validación cruzada, RER: Rango/ ETVC.

Tras incorporar la matriz de estandarización en el equipo satélite y predecir con la ecuación anteriormente descrita todas las DU del colectivo de validación, se llevó a cabo una evaluación del ajuste espectral obtenido, haciendo uso primeramente de las distancias espectrales medias global (GH) y vecinal (NH). Así, se ha observado que antes de la clonación la GH y NH medias del colectivo de validación en el equipo satélite tenía valores de 5,22 y 3,19 respectivamente, mientras que después de la clonación los valores son mejores (GH = 2,85 y NH= 1,64) y similares a aquellos obtenidos en el equipo master (GH = 2,29 y NH= 1,25).

Por otro lado, con el objeto de evaluar la exactitud de la clonación/estandarización realizada, y así comparar el funcionamiento de la ecuación transferida en los equipos master y satélite, se calculó el valor del error típico de las diferencias (ETD). En la Figura 1A se muestran los valores del ETD entre los datos obtenidos en: (1) los equipos master vs. satélite, (2) master vs. datos de referencia, (3) satélite vs. datos de referencia, para cada una de los parámetros bromatológicos incluidos en la calibración. En base a trabajos previos de investigación (Pérez Marín, 2005), es posible confirmar el éxito de la clonación y transferencia de la ecuación de DU en su estado natural, puesto que se alcanzan valores de ETD en la mayoría de los parámetros del mismo orden al ETVC. Las principales diferencias se observan en la MS y la FND, parámetros que poseen los mayores errores ETC y ETVC, debido en el primer caso a la dificultad de mantener el contenido inicial de agua de la muestra y en el segundo fundamentalmente a la heterogeneidad de la distribución de la fibra en la matriz.

Asimismo, se abordó la comparación de la predicción de los parámetros nutritivos entre los equipos master y satélite, para corroborar el ajuste entre los valores analíticos obtenidos en cada uno de los instrumentos. A modo de ejemplo, se representa gráficamente en la Figura

1B el ajuste obtenido para la predicción del contenido en PB. En este caso concreto, se obtuvo una correlación superior a 0,97.

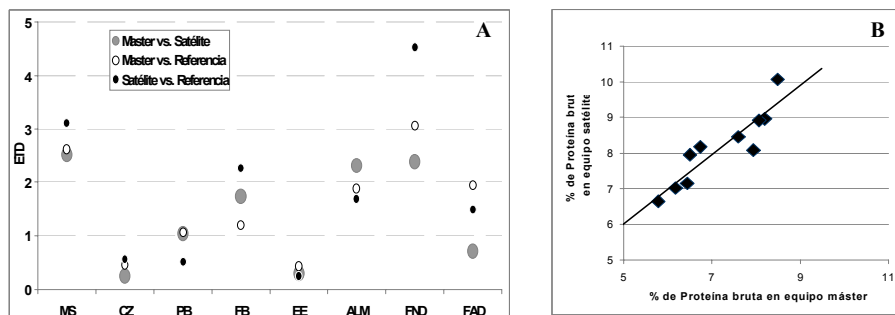


Figura 1. Evaluación de la clonación entre equipos NIRS: A) Valores del ETD para cada uno de los parámetros bromatológicos predichos B) Ejemplo de correlación entre los valores predichos para proteína bruta de las muestras del colectivo de validación en el equipo master (SERIDA) y el equipo satélite (COVAP).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (1984) Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemist. 14th ed.
- De la Roza, B., Marbán, A., Paredes, E., Vicente, F., Rodríguez, M.L., Argumentería, A. 2005. ITEA N1 26: Tomo II. 650-652.
- Pérez-Marín, D.C., Tesis Doctoral, 2005.
- Shenk, J.S., Westerhaus, M.O. 1989. U.S. Pat. 4866644, Sept, 12
- Williams, P.C., Sobering, D., 1996. Near Infrared Spectroscopy: the future waves. Davies A.M.C., Williams P. (Eds.), NIR Publications, Chichester, West Sussex, UK, pp 185-188.

Agradecimientos: Trabajo cofinanciado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) dentro del marco del proyecto RTA2008-00113-C02-01 y por la Corporación Tecnológica de Andalucía, en el marco de proyecto CTA06/105.

PREDICTION OF BROMATOLOGIC CONTENT OF RAW TOTAL MIXED RATIIONS: STANDARDIZATION AND TRANSFERENCE OF EQUATIONS BETWEEN NIR INSTRUMENTS

ABSTRACT: During the last few years, feed of dairy cows includes all ingredients in a total mixed ration encouraging the balance between nitrogen and fermentable energy in rumen. Moreover, this optimizes the quantity and quality of milk production, also minimizing environmental pollution by reducing nutrient losses from urine and faeces. Traditional wet chemical analysis of animal feeds has been used to characterize their bromatologic composition, but these procedures are costly, time-consuming and sometimes hazardous. In recent years, Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) has emerged as a robust and rapid alternative methodology for testing the quality and characterizing the composition of animal feeds. The objective of this work was to standardize NIR instruments allocated in different laboratories and to transfer NIR calibrations for a wide range of nutritive parameters based on scanning heterogenous samples as Total Mixed Rations (TMR) and containing all ingredients as raw materials (even undried maize and grass silages). This study has been developed with one hundred and eighty three (n=183) TMR samples as calibration set and 10 external samples to validate transference and cloning procedure. Different statistical parameter: GH, NH and ETD were evaluated to validate the calibration transference. Results have shown that GH decrease after standardization and ETD is according with ETVC values.

Keywords: NIRS, raw materials, Total Mixed Ration, nutritive value, standardization