



Application Note AN-NIR-131

Análisis NIRS de forrajes

Determinación de múltiples parámetros en pocos segundos

Los forrajes son plantas o partes de plantas que consumen tanto el ganado como la fauna silvestre. Los forrajes aportan volumen, ayudan a mantener el peso y combaten diversos problemas [1]. El forraje de alfalfa es rico en proteínas, ideal para promover la masa muscular en el ganado vacuno o para aumentar la producción de vacas lecheras [2]. La alfalfa también se utiliza habitualmente como alimento para caballos. Estos animales requieren forrajes con buena palatabilidad, alta digestibilidad, potencial de consumo y niveles proteicos, lo que aumenta la demanda de alfalfa y otros alimentos de alta calidad. En los últimos años, los ganaderos han respondido

produciendo alfalfa de aún mayor calidad. Dado que la calidad del forraje depende de propiedades químicas, biológicas y dinámicas, se deben utilizar métodos tanto medidos como calculados. Los ensayos estándar de alfalfa miden la fibra detergente neutra (FDN), la fibra detergente ácida (FDA), la proteína cruda (PC), la ceniza, la humedad y la proteína. En el caso de los pellets de alfalfa, el tamaño medio de partícula también es importante. La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) ofrece una **predicción rápida y fiable** de grasa, humedad, proteína cruda, fibra, cenizas y almidón en unos pocos segundos y sin preparación de la muestra.

EQUIPO EXPERIMENTAL

Se analizaron muestras de alfalfa (incluyendo alfalfa fresca, pellets y cubos de alfalfa) en un analizador NIR de Metrohm. Todas las mediciones se realizaron en modo de reflexión utilizando el recipiente grande. Las muestras se midieron en rotación para recopilar datos espectrales de varias áreas. El promedio espectral de

las señales de varios puntos ayudó a reducir la heterogeneidad de las muestras. Los valores de referencia se midieron de acuerdo con las normas ISO descritas al final de esta Nota de Aplicación. Se utilizó el software de Metrohm para la adquisición de datos y el desarrollo del modelo de predicción.

Los espectros NIR obtenidos (Figura 1) se utilizaron para crear un modelo de predicción para la cuantificación de grasa, humedad, proteína cruda, fibra, cenizas y almidón en alfalfa. La calidad de los modelos de predicción se evaluó mediante diagramas de correlación (Figuras 2-5), que muestran una alta

correlación entre la predicción NIR y los valores de referencia. Las respectivas figuras de mérito (FOM) muestran la precisión esperada de una predicción durante el análisis rutinario de diferentes variaciones de alimento de alfalfa (Tablas 1-3).

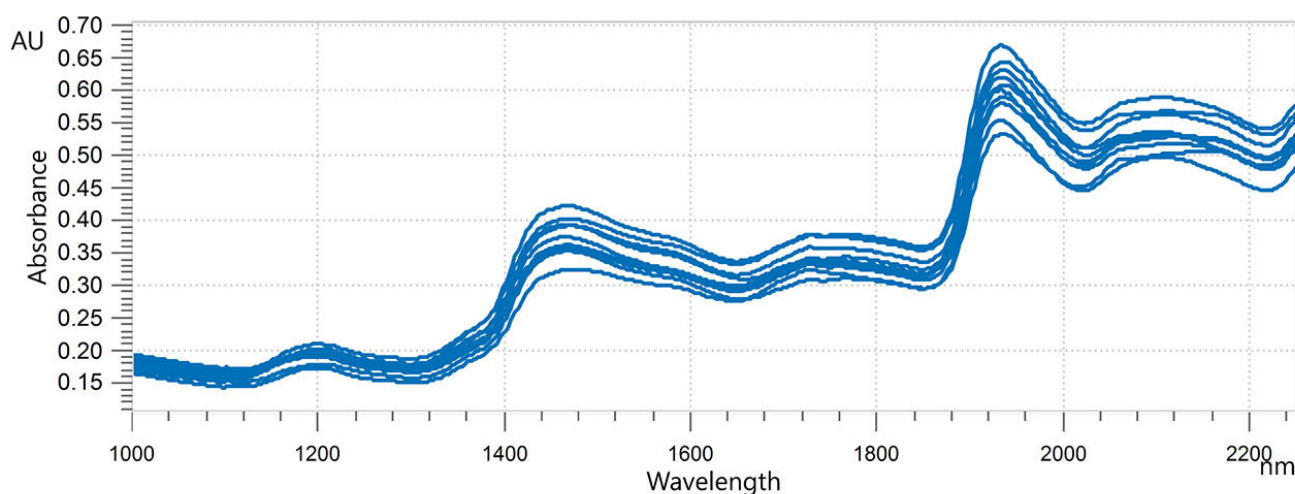


Figure 1. Espectros NIR de muestras de alfalfa analizadas en un analizador NIR Metrohm.

Resultado del contenido de proteínas

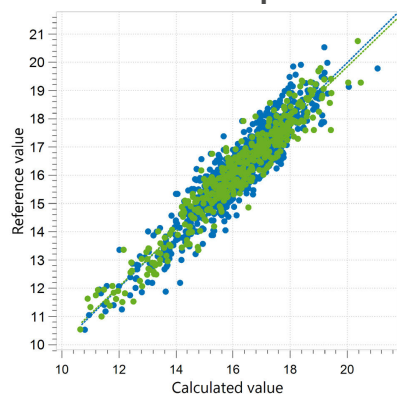


Figure 2. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del contenido de proteína en pellets de alfalfa.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.922	0.5	0.52	0.52

Resultado del contenido de humedad

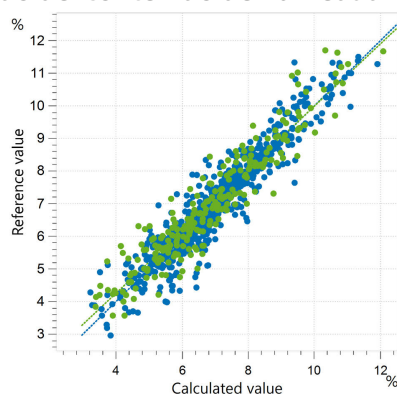


Figure 3. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del contenido de humedad en pellets de alfalfa.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.893	0.50	0.50	0.60

Resultado del contenido del ADF

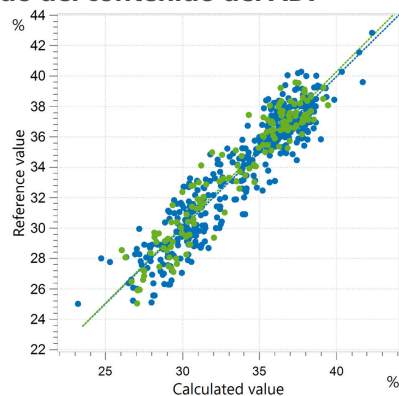


Figure 4. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del contenido de fibra detergente ácida (FDA) en pellets de alfalfa.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.906	1.27	1.32	1.22

Resultado del contenido NDF

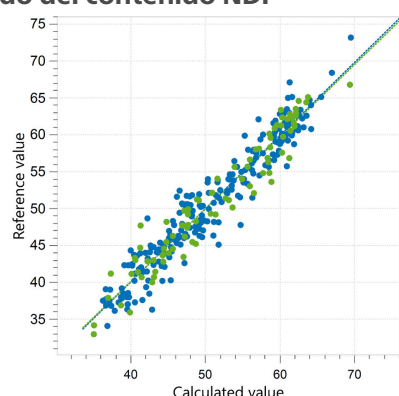


Figure 5. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del contenido de fibra detergente neutra (FDN) en pellets de alfalfa

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.935	2.02	2.24	2.16

Figuras de mérito

Las siguientes tablas muestran las cifras de mérito de los modelos de predicción de pellets de alfalfa (Tabla

1), cubos de alfalfa (Tabla 2) y alfalfa fresca (Tabla 3).

Table 1. Cifras de mérito para la predicción de fibra, humedad, proteína cruda, fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutra (FDN), ceniza y tamaño medio de partícula (MPS) en pellets de alfalfa.

Parameter (Range)	No. Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R ²
Fiber (18–35%)	385	1.24	1.35	1.34	0.714
Moisture (16–34%)	976	0.50	0.50	0.60	0.893
Crude protein (10–21%)	1577	0.51	0.52	0.52	0.922
ADF (23–43%)	633	1.27	1.32	1.22	0.906
NDF (33–73%)	336	2.02	2.24	2.16	0.935
Ash (7–17%)	216	0.78	0.86	0.81	0.723
MPS (14–23 mm)	43	0.40	0.47	N/A	0.888

Table 2. Cifras de mérito para la predicción de cenizas, fibra, proteína, humedad, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en cubos de alfalfa.

Parameter (Range)	No. Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R ²
Ash (8–14%)	72/23	0.33	0.36	0.30	0.887
Fiber (20–37%)	86/27	1.38	1.63	1.48	0.758
Protein (10–21%)	101/34	0.58	0.63	0.65	0.857
Moisture (10–20%)	87/28	0.23	0.30	0.29	0.974
NDF (34–56%)	96/22	1.73	2.11	1.44	0.918
ADF (25–43%)	102/35	1.38	1.65	1.44	0.837

Table 3. Figuras de mérito para la predicción de fibra, humedad y proteína cruda en alfalfa fresca.

Parameter (Range)	No. Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R ²
Fiber (18–35%)	385	1.24	1.35	1.34	0.714
Moisture (16–34%)	976	0.50	0.50	0.60	0.893
Crude protein (10–21%)	1577	0.51	0.52	0.52	0.922

CONCLUSIÓN

Esta Nota de Aplicación demuestra la viabilidad de determinar múltiples parámetros clave del forraje de alfalfa mediante espectroscopia NIR. Generalmente se requieren varios métodos analíticos para medir los

parámetros clave de calidad del forraje (Tabla 4). El análisis de forraje mediante NIRS ofrece una alternativa altamente precisa, rentable y rápida.

Table 4. Descripción general de las normas ISO utilizadas para determinar los valores de referencia para los diferentes parámetros de las muestras de alfalfa.

Parameter	Method
Starch	ISO 6493:2000 Animal feeding stuffs — Determination of starch content — Polarimetric method
Crude ash	ISO 5984:2022 Animal feeding stuffs — Determination of crude ash
Crude fiber	ISO 6865:2000 Animal feeding stuffs — Determination of crude fibre content — Method with intermediate filtration
Crude protein	ISO 5983-1:2005 Animal feeding stuffs — Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content — Part 1: Kjeldahl method
Moisture	ISO 6496:1999 Animal Feeding Stuffs — Determination of moisture and other volatile matter content
Fat	ISO 6492:1999 Animal feeding stuffs — Determination of fat content

REFERENCIAS

1. Saracen Horse Feeds. *The Importance of Forage*. Saracen Horse Feeds.
<https://saracenhorsefeeds.com/sports/feeding-the-ex-racehorse/the-importance-of-forage> (accessed 2025-07-09).
2. Douliere Hay France. *Alfalfa Hay - Lucerne hay for beef and dairy cow, sheep, goat, broodmare and chicken*.
<https://doulierehayfrance.com/en/produit/alfalfa-hay/> (accessed 2025-07-09).

CONTACT

Metrohm Hispania
Calle Aguacate 15
28044 Madrid

mh@metrohm.es