



raturas relativamente suaves, como las estudiadas, parece que no es posible evitar un aprovechamiento al final del otoño o principios del invierno si se realizan siembras tempranas, siendo necesario prever su retirada en caso de no ser posible su aprovechamiento como ensilado por las condiciones de lluvias frecuentes.

Por otro lado, en cuanto a la producción que se puede conseguir hacia el mes de marzo y abril, es decir, con condiciones climatológicas para ensilar más adecuadas, es el raigrás italiano no alternativo el que presenta mayores producciones con 7076 kg MS/ha frente a los 6607 del alternativo, los 6431 del raigrás híbrido y los 4983 del raigrás inglés, siendo por tanto el tipo de raigrás más aconsejable desde este punto de vista. Por otro lado, cabe destacar la escasa diferencia de producción conseguida por el raigrás italiano alternativo, que es la especie más utilizada para este tipo de rotaciones cortas, frente al raigrás híbrido (176 kg MS/

ha), que pudiera sustituir al primero en el caso de optar por no aprovechar el corte invernal.

No obstante, hay que tener presente que las diferentes variedades que se ofertan pueden tener comportamientos muy diversos. Así, a pesar de que en el total del cultivo el tipo de raigrás con más producción media fue el r. italiano no alternativo, comparando con las variedades menos productivas de éste todos los años hubo alguna variedad del tipo alternativo que las superó, cinco de los siete años lo hizo alguna del raigrás híbrido y en ningún año en el caso del raigrás inglés.

Es importante destacar que entre las variedades dentro de cada especie también existen diferencias que es necesario valorar a la hora de aportar las recomendaciones prácticas de las siembras.

09/0028/2001. Calibración de un analizador NIR para determinar el valor nutritivo de los forrajes más utilizados en la alimentación de vacas lecheras

Responsables Proyecto

José Luis Navalón García
Begoña de la Roza Delgado

Organismo

NUTEGA
SERIDA

Equipo Investigador

Sara Martínez Vaquero
Joaquín Fuentes-Pila Estrada
Antonio Callejo Ramos
Vicente Jimeno Vinatea
Carlos Pérez Hugalde

NUTEGA
U. Politéc. Madrid
"
"
E. Técn. Sup. de Ing.
Agrónomos Madrid
"

Carlos Alberto Rodríguez Cortés
Adela Martínez Fernández

SERIDA

Objetivos

- Análisis de parámetros químicos: pH, humedad, cenizas, proteína bruta, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, fibra bruta, extracto etéreo, almidón, digestibilidad enzimática, nitrógeno amoniacal¹, calcio² y fósforo² de forrajes (Ensilados de maíz, centeno, hierba, raigrás y alfalfa, alfalfa henificada y deshidratada y heno de hierba) ampliamente utilizados en la alimentación de vacas lecheras, para el desarrollo de ecuaciones de calibración por reflectancia en el infrarrojo cercano.

¹ Para ensilados de hierba y raigrás

² Para alfalfa henificada y deshidratada





Resultados

Selección de los colectivos de calibración

Se ha continuado la recogida de espectros por reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en el rango espectral comprendido entre los 400 y 2.500 nm de todas las muestras de ensilado en su estado natural, sin procesado previo, y de los forrajes desecados y deshidratados tras molienda a 0,75 mm de paso de luz, para formar poblaciones generales de calibración según tipo de muestra.

Análisis químico-bromatológico por los métodos de referencia en los diferentes colectivos de calibración

En la tabla 1 se presentan los rangos de los resultados analíticos obtenidos por los métodos de referencia de los colectivos categorizados por el tipo de muestra, que se han ido elaborando a fin de incrementar la variabilidad poblacional para establecer los modelos cuantitativos del análisis NIRS. Como puede deducirse, se trata de poblaciones representativas de los diferentes tipos de

Tabla 1.—Rango de composición por parámetros, según los métodos de referencia, en los colectivos de calibración

	Ensilado de maíz	Ensilado de centeno	Ensilado de hierba y raigrás	Ensilado de alfalfa	Alfalfa henificada y deshidratada	Heno de hierba
	N = 126	N = 98	N = 112	N = 17	N = 223	N = 72
pH	3,10-5,49	3,37-6,83	3,49-6,42	4,06-6,15		
Materia seca (%)	22,80-53,90	19,30-49,00	15,50-77,00	25,30-56,00	83,84-97,25	82,43-94,84
Cenizas (%) _{sms}	2,19-9,30	3,54-11,89	6,40-25,36	8,89-22,28	7,98-19,09	4,79-19,82
PB (%) _{sms}	5,07-10,67	6,67-15,41	7,16-25,33	15,82-26,26	12,86-23,24	5,19-18,41
FND (%) _{sms}	38,20-65,24	44,42-75,51	32,93-74,97	29,70-51,19	29,85-58,54	38,39-76,16
FAD (%) _{sms}	20,40-41,29	26,89-50,51	16,94-50,55	24,54-35,13	20,45-45,49	23,48-59,62
FB (%) _{sms}	17,47-31,05	22,30-45,04	15,54-41,16	17,12-29,95	18,85-38,99	18,09-48,03
Almidón (%) _{sms}	7,38-41,51	0,03-11,36				
EE (%) _{sms}	1,43-3,68					
DEMO (%)	47,42-68,08	34,15-64,96	27,44-77,31	54,20-78,44	41,48-77,36	41,83-87,22
P (%) _{sms}					0,18-0,41	
Ca (%) _{sms}					0,84-3,24	
EM (MJ/kg MS)	7,7-11,7	7,3-12,2	5,6-11,7	8,4-11,5	6,2-9,5	8,0-10,9
ENL (UFL/kg MS)	0,60-0,97	0,57-1,02	0,41-0,98	0,68-0,97	0,47-0,78	0,63-0,91
ENL (Mcal/kg MS)	1,13-1,76	1,08-1,85	0,81-1,77	1,25-1,74	0,91-1,43	1,19-1,64

N: muestras de cada colectivo de calibración; PB: proteína bruta; FND y FAD: fibra neutro y ácido detergente; FB: fibra bruta; EE: extracto etéreo; DEMO: Digestibilidad enzimática de la materia orgánica; P: Fósforo; Ca: Calcio; EM: Energía metabolizable; ENL: Energía neta de lactación; UFL: Unidades forrajeras leche.
(%) sms: Porcentajes referidos a materia seca.





alimentos considerados y con un rango de variabilidad suficiente para obtener ecuaciones NIRS robustas y precisas.

Desarrollo y evaluación de ecuaciones de calibración NIRS

Puesto que existen diferentes tratamientos quimiométricos para el desarrollo y evaluación de calibraciones NIRS, se diseñó un soporte informático que permite almacenar información de hasta 60 ecuaciones generadas con diferentes pretratamientos matemáticos de los espectros (derivaciones y correcciones multiplicativas) y modelos de regresión (paso a paso, por componentes principales, mínimos cuadrados parciales).

Actualmente, se están evaluando las ecuaciones obtenidas en función de los siguientes estadísticos:

- ❖ Error estándar de calibración (ETC): Es el error típico de los residuales para el colectivo de calibración.
- ❖ Error estándar de validación cruzada (ETVC) y error estándar de predicción (ETP): Representan el error típico de los residuales para el colectivo de validación cruzada o predicción, respectivamente.
- ❖ Coeficiente de determinación (R^2): Muestra el porcentaje de la variabilidad de las concentraciones, modeladas por la ecuación de regresión, que es explicado por las absorciones en el infrarrojo.
- ❖ RPD (*ratio performance deviation*): Relaciona la desviación típica de los datos de referencia para el colectivo de validación y el error típico de validación cruzada.
- ❖ RER (*ratio error range*): Muestra la relación entre el intervalo de composición de los datos de referencia para el colectivo de calibración y el error típico de validación cruzada.