

DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA EN PASTOS Y FORRAJES A PARTIR DE LA TEMPERATURA DE SECADO PARA ANÁLISIS

B. DE LA ROZA-DELGADO, A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ Y
A. ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ

Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Crta. de Oviedo s/n. 33300 Villaviciosa. Asturias (España).

RESUMEN

Durante el período 1986-2002, se procesaron un total de 4 011 muestras de alimentos de diversas categorías, con la característica común de requerir secado previo a la molienda, para diseñar una rutina de trabajo que permita simultanear el proceso de determinación de materia seca verdadera y la obtención de muestra desecada para su análisis. Tras homogeneización manual, las muestras fueron subdivididas en dos fracciones. Una se secó a 102°C para la determinación de materia seca verdadera y otra a 60°C para obtener muestra seca para análisis. La metodología fue idéntica en ambos casos, a excepción de la temperatura de secado. La relación obtenida entre los porcentajes de materia seca según ambas temperaturas puso de manifiesto que, mediante un único proceso de secado a 60°C durante 24h con aire forzado, es posible obtener muestra desecada para análisis de pastos, forrajes verdes, subproductos húmedos, ensilados de forrajes, cereales y subproductos, forrajes deshidratados y dietas completas y, simultáneamente, calcular el porcentaje de materia seca. Conlleva un error por exceso para forrajes no ensilados, subproductos y ensilados de cereales y subproductos y por defecto para los ensilados de hierba, raigrás italiano y maíz y dietas completas con ensilado, careciendo ambos errores de importancia práctica dada la heterogeneidad del tipo de muestras objeto de estudio.

Palabras clave: Humedad, 60° C, 102° C, volátiles, muestra seca al aire

INTRODUCCIÓN

La determinación del contenido en agua de los alimentos es esencial para los nutricionistas y el ganadero. El agua diluye el valor nutritivo por unidad de peso y aumenta el coste neto de los nutrientes.

Los alimentos contienen agua en diversas formas. Las partículas coloidales en las paredes y constituyentes celulares, tales como proteínas, almidones y celulosa, pueden absorber agua y retener agua fuertemente. Otras veces, se encuentra como agua de hidratación en combinación con carbohidratos, polisacáridos y diversas sales.

El método más utilizado para determinar la materia seca es el de la eliminación del agua libre por medio del calor, seguida por la determinación del peso del residuo, siendo necesario someter las muestras a temperaturas que aseguren un secado rápido para eliminar pérdidas por acción enzimática y respiración celular (Batteman, 1970).

Las necesidades nutritivas de los animales se satisfacen a partir de dos grandes grupos de alimentos: concentrados y alimentos bastos, en particular los forrajeros. Para éstos últimos, en los pastos y forrajes verdes, aún no existe un acuerdo general sobre cómo determinar el porcentaje de materia seca (MS) en muestras originales, previo a su análisis. El INRA (Dulphy y Demarquilly, 1981), recomienda un secado a 80°C en estufa de aire forzado, el ADAS (1978) a 102°C y la AOAC (1990) a 105°C, en las mismas condiciones.

En cuanto a la temperatura de secado de muestras destinadas a ser posteriormente molidas para su análisis en el laboratorio, la situación es aún más confusa (Van Es y Van der Meer, 1978). Durante mucho tiempo, se aceptó el secado a 100°C, tras lo cual se potenció el uso de diferentes métodos y temperaturas, en función del analito a determinar (Maestro *et al.*, 1984). Frecuentemente, se recomiendan 70°C en estufa de aire forzado, para evitar pérdidas sensibles de carbohidratos solubles y formación de complejos indigestibles proteína-carbohidratos. La formación de proteínas insolubles y productos de Maillard incrementa con la temperatura (Van Soest, 1994)

En el caso de los ensilados, el problema se agrava debido a que como consecuencia de los procesos fermentativos se producen materiales volátiles, tales como alcoholes, amoníaco, ácidos grasos volátiles y ácido láctico. Pueden evaporarse junto con el agua en el proceso de desecación en estufa, con lo cual la materia seca sería infravalorada de forma sistemática. Por tanto, en vez de la desecación, el método tradicionalmente aceptado para este tipo de forrajes conservados es la destilación con tolueno (AOAC, 1960). Los laboratorios de rutina aplican correcciones a los valores obtenidos por desecación en estufa, de tipo estadístico o basados en los coeficientes de volatilidad. Así el ADAS (1985), distingue entre "materia seca por destilación con tolueno corregida por alcoholes" y "materia seca en estufa", considerando como real la primera. El INRA (Dulphy y Demarquilly, 1981), establece una "materia seca no corregida" y "materia seca corregida" en función de los coeficientes de volatilidad de alcoholes, amoníaco, ácidos grasos volátiles y ácido láctico, tabulados para temperaturas de secado de 80 y 100°C.

En cuanto a preparación de muestras para análisis, las recomendaciones van desde la trituración y realización de análisis en fresco hasta liofilización, secados a 40°C durante 72 h, a 50-70°C durante 48-24h, o a 80°C durante 24h (Van Es y Van der Meer, 1978), previas a molienda.

Todo laboratorio que efectúe un servicio de análisis en el que maneje varios miles de muestras al año necesita abordar la problemática anterior de una forma ágil, rápida y resolutive, aunque sea a costa de sacrificar el grado de precisión en la determinación, siempre que esté dentro de unos límites controlables.

El objetivo del presente trabajo fue diseñar una rutina que permita simultanear el proceso de determinación de materia seca y obtención de muestra desecada para su análisis en alimentos que requieren secado previo a la molienda: pastos, forrajes verdes y ensilados, subproductos húmedos, raciones unifeed, etc., considerando que para balancear los riesgos ya mencionados -modificación de la composición del material original por secado a temperatura demasiado baja o demasiado alta- un valor intermedio de temperatura (60°C) y 24 h de secado con ventilación forzada, eran las condiciones más idóneas. Se trata entonces de responder a los siguientes interrogantes:

1- En muestras sin problemas de compuestos volátiles ¿puede el proceso anterior proporcionar un resultado del porcentaje de materia seca suficientemente próximo al que se obtendría secando a 102°C?.

2- En muestras con componentes volátiles ¿se obtendría una aproximación a la materia seca verdadera, por compensación de errores por exceso (agua no eliminada) y por defecto (pérdida de materias volátiles, pero muy inferior a la que tendría lugar a 102°C)?

MATERIAL Y MÉTODOS

Población de muestras

Durante el período 1986-2002, se procesaron un total de 4 011 muestras: 1 813 pastos (ofertas y rechazos), forrajes verdes y subproductos húmedos; 2 057 ensilados (forrajes, cereales y subproductos); 9 forrajes deshidratados y 132 dietas completas (unifeed) con ensilado.

Tras homogeneización manual, las muestras fueron subdivididas en dos fracciones. Una se secó a 102°C para determinación de MS y otra a 60°C para obtener muestra seca para análisis. La metodología fue idéntica en ambos casos, a excepción de la temperatura de secado.

Metodología de secado

Para secar las muestras, se utilizaron contenedores de forma prismática de 25cm x 10cm x 8cm, con paredes de lámina de acero inoxidable de 1 mm de espesor y fondo de alambre enrejillado de 1 mm² de paso de luz. Éstos se tararon dos veces al año a 60°C y a 102°C, utilizando una balanza granatario con un alcance máximo de 5 000 g ± 1 g, pesándolos en caliente una vez retirados de estufa. Los pesos fueron registrados para su posterior uso.

Para la determinación de MS, la muestra se pesó sobre los contenedores en frío, en cantidades que oscilaban entre 100 y 500 g, según disponibilidad, con la precaución de no rebasar la altura del contenedor y sin ejercer presión.

Se utilizaron dos armarios estufa de gran capacidad y con ventilación por aire forzado, con un volumen interior de 270 dm³ para la determinación a 102°C y 320 dm³ para 60°C, respectivamente, con bandejas perforadas con orificios de 1 cm Ø y situadas a 20 cm de distancia entre dos sucesivas, considerando un tiempo de desecación de 24 h ± 2h.

En función de la temperatura de secado, se obtuvieron los % de materia seca: a 60°C (MS60) y a 102°C (MS102), pesando en caliente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se consideró un modelo lineal de análisis de covarianza entre MS102 como variable dependiente y el tipo de muestra como factor de efecto fijo, siendo la covariable MS60. Se analizó mediante SAS (1990), teniendo en cuenta la interacción efecto fijo*covariable, según el modelo:

$$MS\ 102 = (a + \text{forraje}_1) + (b + \text{forraje}_2) * MS\ 60$$

Siendo:

Forraje₁= Efecto de la clase de forraje sobre la ordenada en el origen

Forraje₂= Efecto de la clase de forraje sobre la pendiente

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presentan los intervalos de variación para la MS102 de las diferentes poblaciones de muestras. Como puede observarse, hay suficiente variabilidad. Incluyen desde ofertas y rechazos de hierba en pastoreo que en ocasiones tuvieron que ser

muestreados bajo la lluvia, hasta forrajes deshidratados que no pudieron ser molidos directamente para análisis debido a que aún contenían demasiada humedad en relación a sus características físicas. Esta amplitud de rango está relacionada con los diferentes estados vegetativos de recolección o grado de prehenificación en el caso de ensilados. En general, la hierba de pradera sólo alcanza valores superiores al 40% en casos de gran embastecimiento durante veranos muy secos y casi exclusivamente para los rechazos de pastoreo, donde la proporción hoja/tallo es casi nula. En cambio, los ensilados con prehenificación rebasan estos valores y, ocasionalmente, hay enolajes próximos al 70%.

TABLA 1

Número de muestras de pastos, forrajes y subproductos en verde y ensilados según intervalos de variación de la materia seca a 102°C (MS102)

Range of dry matter content (102°C) and sample number of pasture, forage and by-product in their natural stage or preserved as silage

	Intervalo de MS a 102 °C:	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	65-75	75-85	85-95	Total
Hierba verde y raigrás											
	italiano	511	882	162	35	14	2				1606
	Maíz verde	-	7	102	85	10					204
	Subproductos húmedos	-	1		1		1				3
Ensilado de hierba y											
Tipo producto	raigrás italiano	65	517	418	124	23	10	1			1158
	Ensilado de maíz	-	85	655	83	4					827
	Ensilado cereal de invierno	-	23	38	4	1					66
	Ensilado de subproductos	-	2	3				1			6
	Deshidratados	-							6	3	9
	Unifeed	-			24	66	33	9			132

Los valores medios \pm desviación estándar de MS102 y MS60 son, respectivamente, $25,54 \pm 10,29$ y $26,25 \pm 10,51$. La diferencia entre ambas medias es de 0,7 unidades porcentuales y la nube de puntos general sugiere un buen ajuste a un modelo lineal simple, si bien las particulares para *hierba verde* y *ensilados de hierba* presentan una cierta curvatura en el mismo sentido en sus extremos.

Según el modelo de análisis de covarianza planteado, resultaron altamente significativos el efecto fijo clase de forraje y la covariable MS60 ($p < 0,0001$), pero no su interacción ($p = 0,5105$), motivo por el cual se excluyó del modelo, quedando simplificado a:

$MS\ 102 = (a + \text{forraje}) + b * MS\ 60$. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2.

Para la hierba verde, que se tomó como referencia (efecto forraje = 0), aunque la ordenada en el origen (a) es significativamente superior a 0 ($p < 0,0001$), la pendiente es inferior a 1. Debido a ello, la diferencia MS60-MS102 es creciente y positiva en todo el intervalo de valores observados. El comportamiento del maíz verde, forrajes deshidratados, ensilados de hierba, ensilados de maíz y dietas unifeed, difiere significativamente de la hierba verde, puesto que a igualdad de MS60, la diferencia con MS102 es menor.

TABLA 2

Relación entre las materias secas a 102°C (MS102) y a 60°C (MS60), según tipo de alimento (n=4011)

Relationships between dry matter content at 102°C and dry matter content at 60°C, depending on feed kind considered (n=4011)

$$MS102 = ((0,359 \pm 0,0075) + \text{forraje}) + (0,951 \pm 0,003) * MS60$$

$$R^2 = 0,979; p < 0,00001$$

Clase de forraje	Estimación del efecto
Hierba verde	0
Ensilado de hierba	+0,252 ± 0,063***
Maíz forrajero	+0,756 ± 0,124***
Ensilado de maíz	+0,267 ± 0,075***
Ensilado de cereal de invierno	n.s.
Subproductos	n.s.
Ensilado de subproductos	n.s.
Unifeed	+1,169 ± 0,177***
Deshidratados	+1,726 ± 0,548**

Forraje= Efecto del tipo de forraje sobre la ordenada en el origen

***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$ n.s.: $p > 0,05$

El tomar como valor de materia seca real el valor obtenido a 60°C durante 24h tiene diferente repercusión para cada clase de forraje:

Para la *hierba verde*, implica un error por exceso que es despreciable para la más joven y va creciendo con el grado de madurez, siendo el error promedio de +0,6 unidades porcentuales. Ahora bien, no hay que olvidar que el modelo lineal utilizado no tiene en cuenta una pequeña curvatura observada en la nube de puntos para este subconjunto de

muestras, según la cual a los niveles más altos de MS60, ésta tendería a aproximarse a MS102. Igual ocurre para los ensilados de hierba. Debido a ello, en la tabla 3 figuran los resultados del análisis de covarianza exclusivamente para las clases hierba (también tomada como referencia) y ensilado de hierba y, según un modelo polinómico de segundo grado. Efectivamente, el efecto cuadrático, aunque inferior al lineal, es también significativo ($p=0,0001$). Se pone de manifiesto que para los forrajes verdes tanto a los valores más bajos como a los más altos de MS60, la diferencia con MS102 es mínima, mientras que para los intermedios se sitúa en las 0,6 unidades porcentuales antes indicadas.

TABLA 3

Relación entre las materias secas a 102°C (MS102) y a 60°C (MS60), para forrajes verdes y ensilados de hierba (n=2764)

Relationships between dry matter content at 102°C and dry matter content at 60°C, considering green forages and grass silages (n=2764)

$$MS102 = ((1,279 \pm 0,294) + \text{forraje}_1) + ((0,864 \pm 0,024) + \text{forraje}_2) * MS60 + ((0,002 \pm 0,0005) + \text{forraje}_3) * MS60^2$$

$$R^2 = 0,963; p < 0,00001$$

Grupo	Estimación del efecto		
	Ordenada en el origen	Pendiente	Curvatura
Forrajes verdes	0	0	0
Ensilados de hierba y raigrás italiano	2,134±0,464***	-0,111±0,034**	0,001 ± 0,0006*

Forraje₁= Efecto del tipo de forraje sobre la ordenada en el origen

Forraje₂= Efecto del tipo de forraje sobre la pendiente

Forraje₃= Efecto del tipo de forraje sobre la curvatura

***: $p < 0,001$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$

Estos resultados concuerdan con el hecho de que las hojas son mucho más fáciles de secar que los tallos. Para las muestras de *hierba verde*, la humedad y la relación hoja/tallo fluctúan en el mismo sentido, de forma que para los valores más bajos de MS60 -estado fenológico de solo hojas-, la diferencia con MS102 resulta mínima, aún en caso de lluvia. Durante el pastoreo de primavera y cortes para ensilar iría incrementando y, para la hierba de verano embastecida y especialmente sus rechazos en pastoreo, llegaría a su máximo. A partir de MS60 superior al 50%, la menor cantidad de agua a evaporar induciría que nuevamente se tendiese a la coincidencia con MS102.

Para los *ensilados de hierba*, en caso de prehenificación muy intensa o de forraje inicial muy embastecido, según el modelo lineal indicado en la Tabla 2, la MS60 sí representa una aproximación a la materia seca verdadera, ya que las diferencias MS60 - MS102 oscilan entre 0,9 y 2,6 (ver Tabla 4) y la corrección media propuesta por ADAS (1985) para los ensilados en Gran Bretaña es de +1,9 unidades porcentuales.

TABLA 4
Diferencia entre la materia seca a 60°C (MS60) y la predicha a 102°C (MS102) de acuerdo con el modelo de regresión lineal, según tipo de alimento
Difference between dry matter content at 60°C and dry matter content at 102°C (predicted according to lineal regression model), depending on feed kind considered

	Hierba y otros ¹	Ensilado de hierba	Maíz forrajero	Ensilado de maíz	Unifeed	Deshidratados
MS60 (%)	Diferencias MS60 - MS102					
10	0,13					
15	0,38	0,12	-0,38	0,11		
20	0,62	0,37	-0,13	0,35		
25	0,87	0,61	0,11	0,60		
30	1,11	0,86	0,36	0,84		
35	1,36	1,10	0,60	1,09	0,19	
40	1,60	1,35	0,84	1,33	0,43	
45	1,85	1,59	1,09	1,58	0,68	
50	2,09	1,84	1,34	1,82	0,92	
55	2,34	2,08	1,58	2,07	1,17	
60	2,58	2,33	1,83	2,31	1,41	
¹ Ensilados de cereal de invierno, subproductos y ensilado de subproductos						
70					1,90	1,35
75					2,15	1,59
80					2,39	1,84
85						2,08
90						2,32
95						2,57

TABLA 5

Diferencia entre la materia seca a 60°C (MS60) y la predicha a 102°C (MS102) de acuerdo con el modelo de regresión cuadrático, para forrajes verdes y ensilados de hierba

Difference between dry matter content at 60°C and dry matter content at 102°C (predicted according to quadratic regression model), for green forages and grass silages

	Hierba y otros	Ensilado de hierba
MS60 (%)	Diferencias MS60 - MS102	
10	-0,12	-1,24
15	0,31	-0,38
20	0,64	0,33
25	0,87	0,89
30	1,00	1,30
35	1,03	1,56
40	0,96	1,67
45	0,79	1,63
50	0,52	1,44
55	0,15	1,10
60	-0,32	0,61

Sin embargo, de acuerdo con el modelo cuadrático (Tabla 3), en los ensilados de hierba con exceso de humedad (materia seca no corregida inferior al 20%), implica una infravaloración de la materia seca verdadera. La diferencia MS60 - MS102 es aproximadamente de +0,3 unidades porcentuales. Para ensilados de hierba embastecida y/o con prehenificación previa (materia seca no corregida entre 30-50 %), es de +1,5 unidades porcentuales (Tabla 5). En casos extremos para uno o ambos procesos (materia seca no corregida igual o superior al 60%), nuevamente se reduce (+0,6 unidades porcentuales). En todos los casos, dichos valores son inferiores a la corrección media de +1,9 unidades porcentuales, propuesta por ADAS (1985). El considerar MS60 como materia seca verdadera en ensilados de hierba, va a suponer un error por defecto próximo al dos por ciento en el caso de ensilados con alta humedad (20% de MS), pero se reduce al uno por ciento si son de hierba muy madura o prehenificada (60% de MS). Incluso, la mencionada corrección estándar de +1,9 podría ser excesiva para los ensilados con los más altos niveles de materia seca no corregida, según justificaremos posteriormente.

Para valorar lo que representa el tomar MS60 en lugar de MS102 para las restantes clases de forrajes, cabe efectuar las siguientes consideraciones sobre el modelo lineal expuesto en la Tabla 2 (Ver también Tabla 4).

Con el *maíz forrajero*, a partir de un 25% de MS, también habría un error por exceso, creciente con el estado de maduración. Pero como ya se indicó anteriormente, a igualdad

de MS60, es inferior al que tiene lugar con la hierba. Hasta alcanzar grano vítreo no superaría las 0,6 unidades porcentuales.

En caso de *forrajes deshidratados*, el error entre ambas temperaturas de secado sí resulta considerable, con un promedio de +2 unidades porcentuales. Esta diferencia puede estar influenciada por el prensado final al que son sometidos. Dicha compactación puede no ser eliminada por completo ni durante el muestreo ni durante la homogeneización previa a la toma de alícuotas a secar en estufa y representa una dificultad adicional a la evaporación de agua.

Para los *ensilados de maíz*, dados sus contenidos habituales de materia seca no corregida en torno al 30%, el tomar MS60 como valor verdadero equivaldría a considerar una corrección a MS102 entre + 0,6 y +1,3. Se infravalora respecto a la propuesta de ADAS.

Para las *dietas unifeed*, con MS102 en torno al 50% generalmente, la diferencia MS60 - MS102 estaría alrededor de +0,9. Se podría aceptar MS60 como materia seca real con un error de escasa cuantía, ya que las proporciones habituales de ensilado no rebasan el 50% de ración total sobre materia seca no corregida.

En cuanto a los alimentos cuyo efecto no difiere del de la hierba verde, tenemos que para *subproductos* se daría una sobrevaloración pequeña para MS60 <25%, pero sensible a partir de ese valor. Para el ensilado de los mismos y de los cereales de invierno ocurriría lo contrario: buena aproximación a la materia seca corregida para MS60 >30%, pero con error por defecto para MS60 <30%.

En general, hay concordancia con el hecho de que la diferencia MS60 - MS102 depende del balance entre la evaporación de agua y de materias volátiles. En ausencia de éstas, es lógico pensar que desecando a 60°C no se logre eliminar toda la humedad y se incurra en error por exceso al cuantificar la materia seca (Dulphy y Demarquilly, 1981; Galleti y Piccaglia, 1988; Denium y Maassen, 1994; Haigh, 1995; Amor *et al.*, 1999).

En los ensilados con mayor humedad cabe esperar mayor contenido en ácido acético, que es el más volátil. Adicionalmente, requieren un menor pH para la conservación (Haigh, 1987) y ello contribuye a aumentar las pérdidas de ácidos grasos volátiles en general. Por el contrario, con prehenificación, hay menor génesis de ácidos grasos volátiles y láctico, además de no precisarse valores de pH tan bajos para una buena conservación y, si bien, puede incrementar la fermentación alcohólica, aunque sus metabolitos finales sean los más volátiles, son siempre minoritarios (McDonald *et al.*, 1981; Henderson, 1993). Por ello, el INRA (Dulphy y Demarquilly, 1981), no establece una corrección media general, sino variable en función de los metabolitos de fermentación y su volatilidad.

La diferencia de comportamiento entre los ensilados de hierba y de maíz o cereal de invierno, es imputable a que estos últimos tienen un menor rango de variación tanto en la MS102 como en los metabolitos de fermentación y pH (Argamentería *et al*, 1997). De ahí que el balance entre eliminación de agua y pérdidas de volátiles sea mucho más constante.

El hecho de que las dietas unifeed se comporten de la forma indicada, con independencia de que el ensilado que haya intervenido en su formulación sea de maíz y/o de hierba, se explica teniendo en cuenta la influencia tanto física como química de otros ingredientes, que atenuarán las diferencias señaladas en el párrafo anterior.

En la Tabla 6, se presentan los intervalos de variación de los errores estándar de la media del % de materia seca a 60 y 102°C, de dos o más determinaciones sobre alícuotas de una misma muestra, para las categorías más representativas de los alimentos considerados en el presente trabajo (datos procedentes del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA 1986-2002).

Para los forrajes no ensilados, una corrección sistemática de +0,6 unidades porcentuales al valor de MS60 para obtener la materia seca verdadera, no parece necesaria, sobre todo para materiales tan heterogéneos como la planta de maíz, entera o sin mazorca que puede llegar a alcanzar desviaciones entre duplicados superiores a seis puntos porcentuales, así como para algunos subproductos.

TABLA 6
Intervalo de variación del error estándar de la media (%), para materia seca a 60°C (MS60) y 102° C (MS102)

Standard error variation range (%), for dry matter content at 60°C and 102° C

Tipo de Forraje	Error estándar de la media			
	60 ° C		102° C	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Forrajes verdes				
Hierba verde	0,05	2,47	0,01	1,59
Maíz forrajero	0,00	6,35	0,04	4,14
Subproductos	0,07	5,61	0,05	0,05
Forrajes ensilados				
Ensilado de hierba	0,01	6,64	0,00	6,17
Ensilado de maíz	0,01	4,50	0,00	2,39
Unifeed	0,03	3,18	0,16	0,16
Deshidratados	0,16	1,97	0,08	2,16

En cuanto a los forrajes ensilados, ocurre algo similar. Solamente para los de hierba muy húmedos resulta la infravaloración de la materia seca verdadera claramente superior al error estándar medio (1,07 unidades porcentuales a 60° C y 0,67 a 102° C).

CONCLUSIONES

Mediante un único proceso de desecación a 60°C es posible obtener muestra desecada para análisis de pastos, forrajes, subproductos y dietas completas y, simultáneamente, calcular el porcentaje de materia seca. Asumir como materia seca verdadera MS60, conlleva un error por exceso para forrajes no ensilados, subproductos y ensilados de cereales y subproductos y por defecto para los ensilados de hierba, raigrás italiano y maíz y dietas completas con ensilado si no aplica en estos últimos la corrección propuesta por el ADAS. Sin embargo, la magnitud de ambos errores carece de importancia práctica teniendo en cuenta la gran heterogeneidad del tipo de muestras objeto de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a D. Alfonso Carballal Samalea por su apoyo en el tratamiento estadístico de los datos, a Dña. M^a Antonia Cueto Ardavín por la coordinación de los trabajos de campo, así como al personal auxiliar por su colaboración en la toma y preparación de muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL DEVELOPMENT AND ADVISORY SERVICE, 1985. *Technical Bulletin 85/107. Changes in silages evaluation*. Her Majesty's Stationery Office. London (UK).
- ARGAMENTERÍA, A.; DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, ADELA; SÁNCHEZ, L. y MARTÍNEZ, A., 1997. *El ensilado en Asturias*. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias, 127 pp. Oviedo (España).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST, 1960. *Official methods of analysis*. Association of Official Agricultural Chemist, 9th edition, 832 pp. Washington (USA).
- AMOR, J.; DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ, A.; FERNÁNDEZ, O.; ARGAMENTERÍA, A., 1999. Cuantificación del factor de corrección por Karl Fisher para determinar la materia seca verdadera en ensilados de hierba. Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP, 161-164.
- BATTEMAN, J. V., 1970. *Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos*. Herrero Hermanos, S. A., 468 pp. México.

- DEINUM, B.; MAASSEN, A., 1994. Effects of drying temperature on chemical composition and *in vitro* digestibility of forages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **46**, 75-86.
- DULPHY, J. P.; DEMARQUILLY, C., 1981. Problèmes particuliers aux silages. En: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, 81-104. INRA Publi.
- GALLETI, G. C.; PICCAGLIA, R., 1988. Water determination in silages by Karl Fisher titration. *J. Sci. Food Agric.*, **43**, 1-7.
- HAIGH, P. M., 1987. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of grass silages on commercial farms. *Grass and Forages Sci.*, **42**, 1-8.
- HAIGH, P. M., 1995. A note on the relationship between oven and toluene determined dry matter concentrations in big bale grass silages. *Irish J. Agric. Food Res.*, **34**, 189-191.
- HENDERSON, N., 1993. Silage additives. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **45**, 35-56.
- MCDONALD, P.; HERDENSON, A. R.; HERON, S. J. E., 1991. *The biochemistry of silage*. Chalcombe Publications, 340 pp. Londres (UK).
- MAESTRO, M.; AMEYA, A.; BROCA, A., 1984. Efecto de la liofilización sobre los resultados del análisis de forraje. *Pastos*, **XIV** (2), 243-251.
- SAS, 1990. *SAS/STAT User's Guide. Ver. 6. 4th*. SAS Institute Inc., North Carolyne (USA).
- VAN ES, A. J. H.; VAN DER MEER, J. M., 1980. *Methods of analysis for predicting the energy and protein value of feeds for farm animals*. Institute for Livestock Feeding and Nutrition Research Lelystad, 74 pp. Netherlands
- VAN SOEST, P. J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, 476 pp. Ithaca (USA).

DRY MATTER CONTENT DETERMINATION IN PASTURES AND FORAGES AS OF DRYING TEMPERATURE FOR ANALISYS

SUMMARY

From 1986 to 2002, a total of 4 011 samples of different animal feed types were processed, in order to design a single work routine. This routine, specific for samples that require drying before grinding, will allow to dry matter percentage to be determined at the same time as the samples are prepared for laboratory analysis procedures. Samples were divided in two fractions after hand homogenisation. One of them was dried at 102°C for dry matter determination (DM) and the other one was processed at 60°C to

obtain dry matter content and a dried sample for laboratory analysis. The methodology used was the same in both processes, except for drying temperature. The relationships between the results obtained at 60°C and 102°C, showed that it is possible to obtain dried sample for analysis and to determine the dry matter percentage, making only an unique preparative operation: 60°C during 24 hours under forced air, for all types of feed considered. The use of this drying temperature involves an acceptable positive error for green forages, by-products, cereal and by-products silages and negative error for maize and grass silages and complete diets made with silages. These errors do not have practical importance due to the heterogeneity of animal feed types involved in this study.

Key words: Oven dry matter, 60° C, 102° C, volatile, air-dried samples