

Pradera de raigrás inglés-trébol blanco (*Lolium perenne-Trifolium repens*) en Asturias. III. Ingestión y valor lastre en vacuno lechero

Begoña de la Roza-Delgado*, Adela Martínez-Fernández, M. Sagrario Modroño y Alejandro Argamentería

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Carretera AS-267, PK. 19, 33300 Villaviciosa. Asturias. España.

Resumen

Durante ocho años se determinó la digestibilidad, balances en energía y nitrógeno en forraje verde de pradera de raigrás inglés y trébol blanco, así como de los ensilados de primer corte (en silo trinchera) y segundo corte (en rotopacas). La pradera era característica de la zona costera centro oriental de Asturias (Arco Atlántico). Los ensayos se realizaron sobre vacas frisonas con partos de invierno individualizadas en nave metabólica. En cada uno intervinieron seis animales en producción, con forraje a voluntad: dos como lote testigo con forraje como dieta única y cuatro suplementados con concentrado dos veces al día, con un total de siete suplementaciones distintas, a partir de tres concentrados diferentes y cuatro escalas de dosificación. Los datos recogidos permiten determinar la ingestibilidad relativa, el valor lastre en vacuno lechero y el nivel de sustitución forraje: concentrado. La ingestibilidad relativa (escala 0-1) del forraje verde resultó 0,87 en marzo y descendió hasta 0,71 en octubre ($p < 0,05$), mientras que en términos de unidades lastre leche/kg de materia seca, fueron 1,00-1,25, respectivamente ($p < 0,01$). Para los ensilados de primero y segundo cortes, las ingestibilidades relativas fueron respectivamente 0,70 y 0,82 y las unidades lastre leche 1,26 y 1,08 (no significativo). El nivel de sustitución resultó de 0,37, sin diferencias significativas entre concentrados. Se concluye que la pradera evaluada presenta buena capacidad de ingestión en vacuno lechero y bajo efecto sustitución, hecho que posibilita una adecuada respuesta a la suplementación con concentrado.

Palabras clave: Forraje, ingestibilidad relativa, valor lastre, nivel de sustitución.

Sown meadows of *Lolium perenne* and *Trifolium repens* in Asturias III. Ingestion and fill value in dairy cattle

Abstract

Digestibility, energy and nitrogen balances for eight years were determined in green forage of perennial ryegrass and white clover meadows, and in addition to first cut (in trench silo) and second cut (in big bales) silages. The temporary grassland was characteristic of the central coastal land of Asturias (Atlantic Area). The trials were carried out on individualized Frisian cows in metabolism stalls. Six production animals participated in each one with ad libitum forage. These animals were divided into three groupings according to

* Autor para correspondencia: broza@serida.org

Cita del artículo: de la Roza-Delgado B., Martínez-Fernández A., Modroño M.S., Argamentería A. (2023). Pradera de raigrás inglés-trébol blanco (*Lolium perenne-Trifolium repens*) en Asturias. III. Ingestión y valor lastre en vacuno lechero. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 119(4): 357-369. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.009>



management: two of them with forage as the only diet (control group) and four supplemented with concentrate (three different concentrates) twice a day, across the four dosing scales throughout the years. The relative ingestibility, fill units and substitution rate were determined. The relative ingestibility (scale 0-1) of green forage was 0.87 in March and decreased to 0.71 in October ($p < 0.05$), while in terms of fill units/kg dry matter, they results were 1.01-1.24, respectively. For first and second cut silages, the relative ingestibilities were 0.70 and 0.82, respectively, and the milk fill units were 1.26 and 1.08 (not significant). The substitution rate was 0.37, without significant differences between concentrates. Results from this study suggest that the evaluated temporary grassland has a very good potential for voluntary forage intake in dairy cattle, with an adequate response to supplementation with concentrate.

Keywords: Forage, relative ingestibility, fill value, substitution rate.

Introducción

La ingestión voluntaria de alimentos depende de multitud de factores, tanto en animales monogástricos como en rumiantes (Forbes, 2007), resultando en el caso de estos últimos de suma importancia para la producción de leche y carne en base a pasto. El éxito en la utilización de forraje de pradera para producción de leche en las zonas húmedas del Norte de España, pertenecientes al Arco Atlántico, depende de conseguir una suficiente ingestión de energía metabolizable por vaca y día, con un uso limitado de concentrado (Faverdin et al., 2018a,b), que se ve afectada por numerosos factores, entre los que destacan el tipo de animal, forraje y concentrado, debiendo tener en cuenta su interacción. En este sentido, algunos autores indican que, para abordar el contexto en su conjunto, se precisa la colaboración de varias disciplinas científicas: nutrición animal, pratericultura, pascicultura y etología (Ferrer et al., 2001), simplificando al máximo posible, dado que no hay muchos procesos con tan alto grado de complejidad.

Las praderas utilizadas en el presente trabajo, en régimen de pastoreo, presentan una mayor velocidad de crecimiento frente a los prados, lo cual se traduce en un mayor número de aprovechamientos y una mayor utilización. En el caso de realizar uno o dos cortes para ensilar, se reduce el número total de

aprovechamientos, pero aumentan la velocidad de crecimiento y la utilización de la hierba (Martínez-Fernández et al., 2008). Estos autores indican que sus resultados presentan buena concordancia con los de otros ensayos realizados sobre pequeña parcela en zonas húmedas del Norte de España y, en cuanto a su contenido en principios nutritivos, se aprecia un claro embastecimiento del pasto en oferta durante el verano y posterior recuperación en otoño. Además, el hecho de realizar cortes para ensilar temprano y/o tardío no evita el proceso de embastecimiento.

Trabajos previos llevados a cabo sobre las mismas praderas de este estudio (de la Roza-Delgado et al., 2022a,b), mediante balances nutricionales sobre vacas lecheras individualizadas en nave metabólica, determinaron la digestibilidad y el balance energético de la hierba de pradera como dieta única o con suplementación de diferentes modalidades y dosis de concentrado. Dado que en estos trabajos el forraje era ingerido a voluntad, y se dispone de los datos necesarios, el objetivo del actual fue evaluar y discutir diferentes aspectos nutricionales sobre la ingestibilidad y nivel de sustitución forraje: concentrado en vacuno lechero, empleando forraje verde de pradera de raigrás inglés y trébol blanco, así como de los ensilados de primer corte (en silo trinchera) y de segundo corte (en rotopacas).

Material y métodos

Finca experimental, rebaño e instalaciones

Se utilizaron 24 ha de praderas de *Lolium perenne* L. (raigrás inglés, variedades de precocidad diferente) y *Trifolium repens* L. (trébol blanco cv. Huia) ubicadas en la finca de la Unidad de Producción de Leche del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agrolimentario del Principado de Asturias (43°28 50"N, 5°26 27"W, 10 m s.n.m.), colindantes entre sí, que disponían de bebederos de nivel y que fueron divididas mediante cerca eléctrica en 18 parcelas con una superficie comprendida entre 0,8 y 1,9 ha. Fueron aprovechadas en pastoreo rotacional por vacas frisonas multíparas, con alturas de entrada y salida de pasto de 14,50-23,50 cm y 5,13-9,90 cm, respectivamente. El tiempo de ocupación por parcela osciló de 0,5 a 15 días. La fertilización fosfopotásica se efectuó de acuerdo con los resultados del análisis del suelo y la nitrogenada consistió en 30 kg/ha

de N como urea en invierno y tras cada aprovechamiento en pastoreo, salvo situación de sequía, encharcamiento, finales de otoño o exceso de pasto en oferta. Diez de dichas parcelas eran mecanizables y, en primavera, se excluían de la rotación de pastoreo y tras un aporte de 100 kg/ha de N recibían un primer corte a ensilar a las 6-7 semanas de crecimiento. Tras el primer corte se aportaron 80 kg/ha de N y tras 5-6 semanas de crecimiento se realizó un segundo corte a ensilar (Martínez-Fernández *et al.*, 2008). El concentrado (véanse detalles más adelante), se dosificaba en el patio de ejercicio, de forma individual y previa al ordeño, llevado a cabo en seis plazas en paralelo. Las instalaciones disponían de parque de maquinaria, estercolero y silos trinchera. Para la realización de los ensayos se utilizó una nave metabólica para vacuno lechero con nueve plazas de adaptación y seis para recolección de heces, orina y leche (Figura 1), instalación que constituyó el eje principal del presente trabajo.



Figura 1. Nave metabólica para vacuno lechero con plazas de adaptación y seis para recolección de heces, orina y leche.

Figure 1. Installation of a metabolic shed for dairy cattle with adaptation stalls and six for feces, urine and milk collection tests.

Diseño experimental

Durante ocho años sucesivos (1991-1998), aproximadamente cada trimestre se seleccionaban los animales para la realización de los ensayos, que provenían del rebaño de vacas lecheras del SERIDA, en régimen de pastoreo rotacional sobre pradera de raigrás inglés y trébol blanco y se individualizaban en plazas metabólicas para control individual de ofertas y rechazos de forraje y dosis de concentrado. Se excluyeron novillas de primer parto, animales que aún no hubiesen alcanzado el máximo de producción o estuvieran muy próximos al parto, aquellos cuyo historial revelase propensión a mamitis o estrés ante el confinamiento, o, que ya hubieran sido seleccionados previamente para ensayos en la nave metabólica en ese mismo año. En cada ensayo intervinieron seis vacas, dos de ellas con forraje a voluntad como dieta única. Se establecieron diez categorías de forraje: hierba verde de marzo, abril, mayo, primera quincena de junio (junio 1), segunda quincena de junio y julio (junio 2), agosto, octubre, noviembre, ensilado trinchera de primer corte y ensilado de rotopacas de segundo corte. La suplementación tuvo lugar mediante combinación de tres diferentes concentrados (B1, B2 y B) × cuatro diferentes escalas E1, E2, E3 y E4. El concentrado B1 consistía en una mezcla simple de 75 % cebada + 25 % harina de pescado y 50 g/vaca-día de microcorrector vitamínico-mineral. El B2, 85 % cebada + 12,5 % harina de pescado + 2,5 % corrector. El B, 24,25 % trigo, 24,25 % pulpa de remolacha, 39 % gluten de maíz, 5,5 % melaza, 2,5 % pulpa de cítricos, 2 % tercerilla y 2 % corrector. Las escalas de suplementación (kg concentrado/vaca-día) fueron las siguientes: E1: 9,5-0 kg según producción de leche; E2: 5-0 kg; E3: 2 kg en primavera y 5 kg el resto del año y E4: 5 kg durante toda la lactación. Las combinaciones fueron B1 × E1, B1 × E2, B2 × todas las escalas y B × E4 (de la Roza-Delgado et al. (2022a).

Se registró la ingestión voluntaria de materia seca (MS) de forraje (If), así como el peso vivo, utilizando una báscula de 1.000±0,1 kg, con dos pesadas en días sucesivos al principio y al final de cada periodo experimental; la condición corporal (escala 1-5) según García-Paloma (1990) y la semana de lactación correspondiente a cada vaca durante el ensayo.

En cada parcela aprovechada en pastoreo por el rebaño de vacuno lechero, se excluyó mediante cerca eléctrica una superficie proporcional al número de vacas alojadas en la nave metabólica, en la cual se segaban franjas diarias, mediante barra de corte de 1,50 m a 5-6 cm de altura sobre el suelo. Se tomó una muestra diaria para análisis de la oferta y rechazos de ese forraje segado y del concentrado utilizado. El proceso de la toma de muestras y las analíticas realizadas fue realizado de acuerdo con de la Roza-Delgado et al. (2022a). Las variables dependientes finales para el presente trabajo, fueron la If y la ingestión total $I_t = I_f +$ ingestión de concentrado (I_c), expresadas en kg MS/vaca-día, en % del peso vivo de la vaca, o, en g MS/kg peso vivo^{0,75}.

Análisis estadístico

Se utilizó la aplicación informática R de libre acceso (R Core Team, 2013), y, por falta de homogeneidad de varianza, se empleó la estadística robusta (Wilcox, 2017).

Como paso previo, mediante el paquete estadístico WRS2, procedimiento ancova, se determinó si había diferencias significativas en la I_t para las tres diferentes categorías de concentrado (B1, B2, B), frente a no suplementación ($I_c = 0$ kg MS/vaca-día), aplicando un análisis de covarianza no paramétrico según modelo:

$$I_t = I_c + \text{Categoría de concentrado} + \text{Error}$$

I_t e I_c , en kg MS/vaca-día. Categoría de concentrado = Efecto fijo de este sobre la línea de regresión. Se contrastó si, para niveles

prefijados de I_c , los correspondientes valores I_t difieren significativamente según categorías de concentrado.

Esta modalidad de análisis sólo permite contrastar dos niveles de efecto fijo a la vez, por tanto, se efectuó en primer lugar un análisis para los concentrados B1 vs. B2, tras lo cual se realizó el análisis para los concentrados B2 vs. B.

Las ingestibilidades relativas de los forrajes y los niveles de sustitución de los concentrados, se obtuvieron mediante regresión robusta (paquete estadístico MASS, procedimiento rlm), con ajuste de un modelo lineal múltiple, donde:

$$I_t = I_{\max} \times ir \times pv \times fn + (1 - s) \times I_c + \text{Error, con intercept} = 0. \quad [1]$$

Donde I_t e I_c van expresadas en % del peso vivo medio de la vaca

I_{\max} = Ingestión máxima de forraje de ingestibilidad relativa 1, en % del peso vivo medio de la vaca

ir = Ingestibilidad relativa del forraje evaluado (intervalo 0-1)

pv = Peso vivo medio de la vaca en centenas de kg

fn = Factor dependiente de la semana de lactación n correspondiente al periodo experimental, según el modelo de Vadiveloo y Holmes (1979):

$$fn = 0,67 + (4,0401 \times \log n - 0,095 \times n + 0,095) \times 0,0972 \quad [2]$$

$pv \times fn$ se sintetizó en una misma variable independiente, producto de las dos, denominada $pvfn$

$I_{\max} \times ir$ se determinó como un único coeficiente de regresión. Según el modelo Camdairy de Hulme et al. (1986), a I_{\max} pueden asignársele los valores 2,97-3,08-3,19-3,29 % del peso vivo. Es posible adoptar un valor concreto de I_{\max} que permita que todos los resultados de ir queden comprendidos dentro

del intervalo 0-1. En este trabajo se adoptó el valor $I_{\max} = 3,29$ (redondeado a 3,30) y la ingestibilidad relativa de cada forraje dentro del intervalo 0-1, se calculó como $ir = \text{Ingestión observada para el mismo} / 3,30$.

El valor del segundo coeficiente de regresión, $(1 - s)$, permite obtener el nivel de sustitución s .

Los resultados obtenidos posibilitan el cálculo directo del valor lastre de cada categoría de forraje en unidades lastre leche (ULL/kg MS). Expresada I_f en g MS/kg peso vivo^{0,75}, según Faverdin et al. (2018a), $ULL/kg MS = 140 / (I_f \times fn)$.

Los valores de ir y ULL/kg MS, se sometieron a análisis de varianza robusto (paquete estadístico WRS2, procedimiento t1way), seguido de los contrastes lineales entre categorías de forraje.

Se determinó la relación existente entre ir (ingestibilidad relativa del forraje evaluado) y composición química. Como paso inicial al análisis de regresión, se obtuvo la matriz de coeficientes de correlación robustos y los correspondientes niveles de significación (paquete estadístico WRS2, procedimiento pball). Según resultados, se seleccionó la variable regresora y el procedimiento a seguir a continuación.

Resultados

Parámetros iniciales a utilizar en las estimaciones de ingestibilidad de forrajes y nivel de sustitución forraje:concentrado

En la Tabla 1 se presentan los resultados de ingestibilidad relativa (ir) y unidades lastre en vacuno lechero (ULL/kg MS) de los forrajes evaluados. Los intervalos de variación son muy amplios: ir entre 0,70 y 0,87 para ensilado de primer corte y hierba de marzo, respectivamente y ULL/kg MS entre 1,00 para hierba de marzo y 1,25 para hierba de octu-

Tabla 1. Estadística descriptiva de los parámetros iniciales a utilizar en las estimaciones de ingestibilidad de forrajes y nivel de sustitución forraje:concentrado.

Table 1. Descriptive statistics of the initial parameters to be used in the estimations of forage ingestibility and forage:concentrate substitution rate.

Parámetro	SemLact	fn	PV	If	Ic	It
Mínimo	-9,00	0,6700	378,3	6,58	0,00	6,58
Primer cuartil	9,00	0,9390	488,9	10,55	0,00	11,85
Mediana	21,00	0,9634	531,7	11,93	1,76	14,40
Media	21,84	0,9548	529,5	11,96	2,10	14,06
Tercer cuartil	35,00	1,0016	564,0	13,60	4,44	15,88
Máximo	48,00	1,0060	690,0	17,46	8,13	21,35

SemLact = Semana de lactación de la vaca; fn = factor de evolución de la capacidad de ingestión según semana de lactación; PV = Peso vivo de la vaca; If = Ingestión voluntaria de forraje en kg materia seca/vaca/día; Ic = Ingestión de concentrado en kg materia seca/vaca/día; It = Ingestión total en kg materia seca/vaca/día.

bre y noviembre, respectivamente, por lo que recogen todas las situaciones previstas en el diseño experimental. Los valores correspondientes a las semanas de lactación de las vacas (SemLact) negativos, se refieren a las semanas transcurridas desde el secado para las vacas secas gestantes.

Efecto de la naturaleza del concentrado

De acuerdo con el análisis de covarianza, los resultados muestran que para concentrado B1 vs. B2, con valores prefijados Ic = 2 – 3,5 – 4 – 5 kg MS/vaca·día, resultó siempre $p > 0,48$. Para concentrado B2 vs. B, con valores prefijados Ic = 4 – 4,5 – 5 kg MS/vaca·día, resultó siempre $p > 0,92$.

Ingestibilidad relativa de los forrajes y nivel de sustitución de los concentrados

Como no hubo efecto significativo de la modalidad de concentrado, pudo realizarse un análisis conjunto, sin necesidad de indivi-

dualizar para cada uno, alcanzándose el criterio de convergencia con 5 iteraciones y una escala estimada de $\pm 2,65$ kg MS/vaca·día.

El valor del coeficiente de regresión $I_{max} \times ir$, resultó 2,50 % del peso vivo de la vaca. Si aceptamos para el modelo de Hulme *et al.* (1986) $I_{max} = 3,29$ % del peso vivo (redondeado a 3,3), resulta como promedio general $ir = 2,50/3,3 = 0,76$, y, todos los resultados individuales quedan dentro del intervalo 0-1, tal como se pretendía.

Como se puede observar, la Tabla 2 presenta los valores para *ir* y los correspondientes valores lastre para cada una de las diez categorías de forrajes evaluados para vacuno lechero, es decir para los forrajes verdes y sus ensilados. Al inicio de la primavera, *ir* es máxima y, decae hasta un mínimo alcanzado en octubre, siendo la evolución del valor lastre inversa a la de *ir*. Es decir, máximo en octubre y noviembre y mínima en marzo.

Las diferencias entre los resultados obtenidos para las categorías de forraje y sus ensilados

Tabla 2. Ingestibilidad relativa (ir) y unidades lastre en vacuno lechero (ULL/ kg MS) de los forrajes evaluados.

Table 2. Relative ingestibility (ir) and fill units in dairy cattle (ULL/ kg DM) of the evaluated forages.

Forraje	ir	ULL/kg MS
Hierba verde		
Marzo	0,87 ± 0,022 b	1,00 ± 0,026 a
Abril	0,84 ± 0,018 b	1,02 ± 0,017 a
Mayo	0,82 ± 0,027 ab	1,05 ± 0,031 ab
Junio1	0,75 ± 0,031 ab	1,15 ± 0,044 ab
Junio2	0,78 ± 0,026 ab	1,14 ± 0,035 ab
Agosto	0,75 ± 0,031 ab	1,13 ± 0,044 ab
Octubre	0,71 ± 0,024 a	1,25 ± 0,042 b
Noviembre	0,74 ± 0,034 ab	1,25 ± 0,061 ab
Ensilado de hierba		
HOR(1C)	0,70 ± 0,017 a	1,23 ± 0,029 b
ROT(2C)	0,82 ± 0,040 ab	1,08 ± 0,061 ab

ULL: Unidades lastre leche. MS: Materia seca; Junio1: Inicio de la experiencia antes del 15 de junio; Junio 2: Inicio de la experiencia después del 16 de junio; HOR(1C): ensilado horizontal primer corte; ROT(2C): ensilado en rotopacas segundo corte; a, b: Valores acompañados de distinta letra en la misma columna difieren a $p \leq 0,05$.

para ir y valor lastre, no resultaron estadísticamente significativas, observándose que el forraje verde de primavera temprana tiene mayor ir (o menor ULL) que el forraje verde de octubre y que el ensilado horizontal. Entre ambos ensilados no hay diferencias significativas.

Nivel de sustitución forraje: concentrado

El coeficiente de regresión ($1 - s$), resultó igual a 0,63. Por tanto, el nivel de sustitución forraje: concentrado es $1 - 0,63 = 0,37$.

Relación entre ingestibilidad relativa y composición química

En la Tabla 3, se presenta la matriz de coeficientes de correlación robustos entre los valores para la ingestibilidad relativa (ir) y los diversos principios nutritivos, así como sus niveles de significación. La ir está correlacionada significativamente con el contenido en cenizas, fibra neutro detergente con y sin cenizas (FND y FNDLC) y digestibilidad enzimática de la materia orgánica (DEMO). La ir presenta los coeficientes más altos con FND

Tabla 3. Matriz de coeficientes de correlación robustos entre ingestibilidad relativa (ir) y los principios nutritivos.
Table 3. Robust correlation coefficients matrix between relative ingestibility (ir) and nutritional principles.

ir	MS	Cenizas	PB	FND	FNDLC	DEMO	EB
ir	1						
MS	-0,13	ns					
Cenizas	-0,38	***					
PB	0,09	0,09	ns				
FND	-0,40	0,47	***	1			
FNDLC	-0,39	0,26	***	0,48	1		
DEMO	-0,41	0,23	***	0,99	0,99	1	
EB	0,04	-0,24	***	-0,19	-0,20	0,06	1

MS = Materia seca (MS); PB = Proteína bruta (%MS); FND = Fibra neutro detergente (%MS); FNDLC = Id. Libre de cenizas (%MS); DEMO = Digestibilidad neutro detergente-celulosa de la materia orgánica (%); EB = Energía bruta (MJ/kgMS).

y DEMO, siendo mayor con esta última, por lo que fue la variable que se seleccionó para análisis de regresión paramétrica. Los resultados de la regresión entre ir y DEMO de los valores medidos vs. valores ajustados, están representados en la Figura 2. Al no observarse una relación lineal, se optó por un modelo no paramétrico aplicando función de suavizado (paquete estadístico WRS2, procedimiento pbrunbmo), resultando tres tramos de ir ajustada. Los resultados están representados en la Figura 3. Se puede observar que el tramo intermedio presenta una evolución lineal creciente, que se puede definir mediante una recta de regresión, calculable mediante estadística paramétrica, obteniendo un coeficiente de determinación que indica un óptimo ajuste ($R^2 = 0,996$).

Discusión

Ingestibilidades relativas y valores lastre de los forrajes

Según Hulme et al. (1986), a menor condición corporal de las vacas, mayor valor lmax. Dado que los valores de condición corporal del rebaño experimental de vacuno lechero en pastoreo eran bajos, resulta lógica la adopción de lmax = 3,30 % del peso vivo para el cálculo de los valores ir.

No obstante, ese hecho no basta para modelizar la ingestión voluntaria de materia seca. Se debe tener en cuenta la influencia negativa que en la ingesta tiene el exceso en humedad del forraje. Según Mahanna (1994) la MS ingerida podría reducirse en un 0,02 % del PV del animal por unidad porcentual que se incremente la humedad de la ración total a partir del 50 %. Flores-Calvete (2004) expuso que en base a esa relación una vaca de 600 kg que consuma el 2,2 % de su PV de un ensilado de hierba con un 30 % de MS y 8 kg de MS de concentrado, reduciría en un 2,5 kg

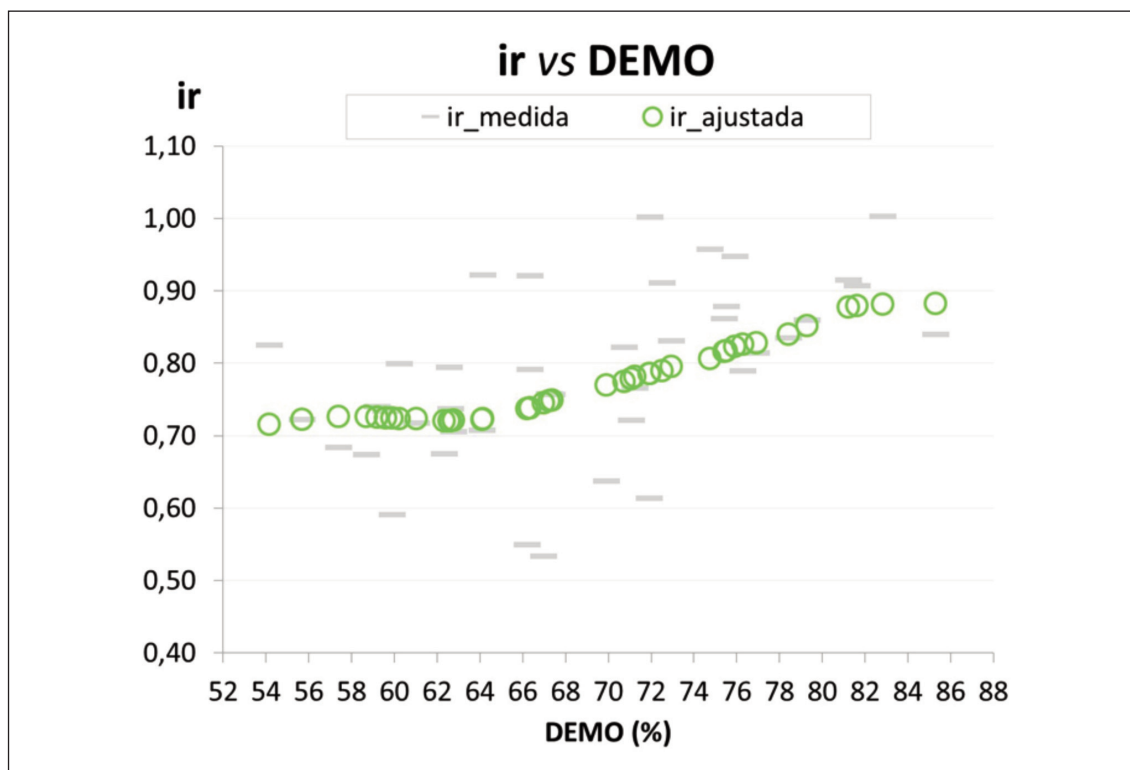


Figura 2. Regresión no paramétrica entre ingestibilidad relativa (*ir*) y digestibilidad enzimática neutro detergente celulasa de la materia orgánica (DEMO, %): valores medidos vs. valores ajustados.

Figure 2. Non parametric regression between relative ingestibility (*ir*) and neutral detergent cellulase organic matter digestibility (DEMO, %): measured values vs. adjusted values.

MS el consumo diario de forraje si se sustituyera ese ensilado por otro con el 15 % de MS, aunque el nivel y tipo de suplementación puede modificar las relaciones anteriores.

En cuanto al valor lastre (ULL/kg MS), en las Tablas INRA (Baumont *et al.*, 2018a), para la pradera de Normandía (códigos INRA FV0010 a FV0140), figuran valores entre 0,90-1,20. Para variedades precoces y tardías de raigrás inglés (código INRA FV0550 a FV0910), el intervalo es 0,95-1,20. Los resultados obtenidos en este trabajo fueron ligeramente superiores, pero el grado de coincidencia se puede considerar aceptable.

En cuanto a ensilados (FE0010 a FE0560 para la pradera de Normandía y FE1720 a FE28010 para el raigrás inglés), el intervalo de variación es 1,07-1,28. Los resultados obtenidos se sitúan dentro del mismo intervalo.

En un trabajo previo de la Roza-Delgado *et al.* (2007) sobre ovino, se observó menor ingestibilidad de los ensilados de rotopacas y de los forrajes de primer corte en general, hecho que no concuerda con los resultados actuales sobre vacuno lechero en producción. En este sentido, es preciso tener en cuenta el diferente comportamiento entre ovino y vacuno lechero en cuanto a ingestibilidad, que

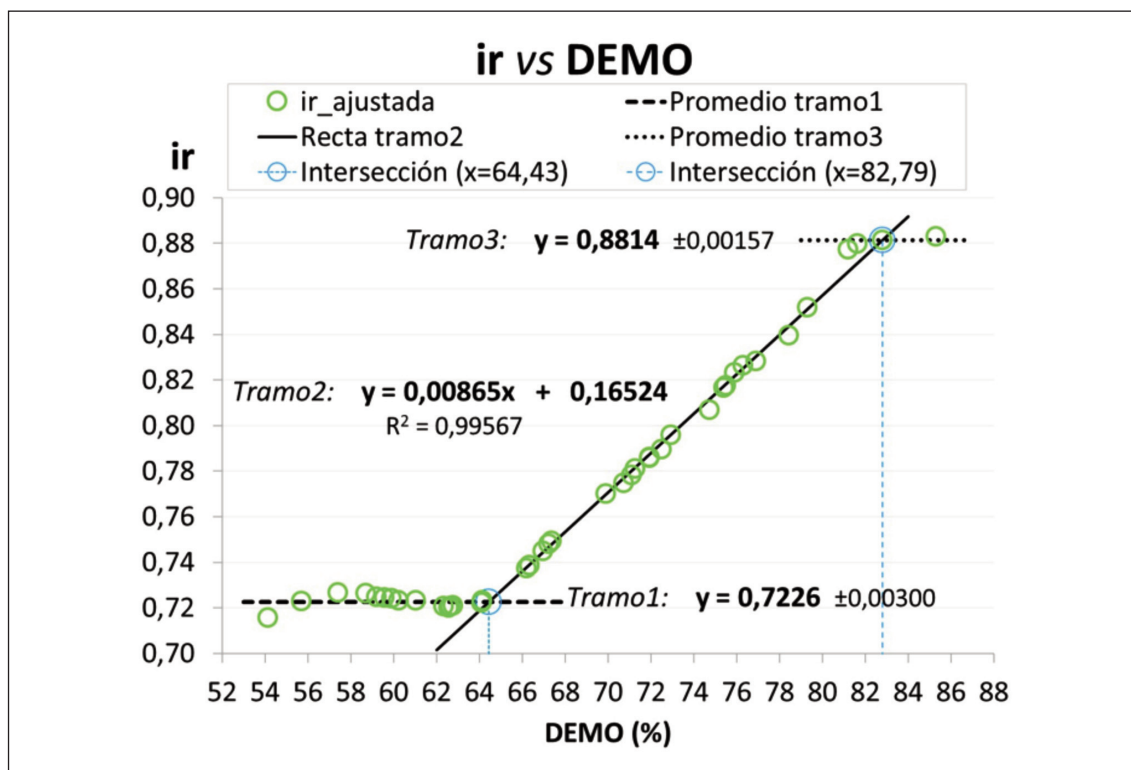


Figura 3. Regresión no paramétrica entre la ingestibilidad relativa (ir) y digestibilidad enzimática neutro detergente celulasa de la materia orgánica (DEMO, %).

Figure 3. Parametric regression between relative ingestibility (ir) and neutral detergent cellulase organic matter digestibility (DEMO, %).

obligó a establecer distintas unidades de medida para las dos especies (Faverdin *et al.*, 2018a). Pero, aplicando a estos resultados la relación entre ULL y ULO obtenida por Faverdin *et al.* (2018a), se observa que, a medida que se reduce la ingestibilidad, hay mayor diferencia entre los valores de ULL y ULO. Es decir, existe una tendencia hacia lo observado previamente en ovino. Además, los valores ULO estimados a partir de los ULL obtenidos, se sitúan dentro del intervalo 1,00-1,82, como ocurrió en los mencionados ensayos con ovino.

Flores-Calvete (2004) en un trabajo sobre valoración nutritiva de ensilados de hierba en explotaciones lecheras de Galicia, reporta va-

lores ULO con una media general de 1,83 dentro de un rango muy amplio (1,25-4,83). Los resultados de este trabajo para ULO, se encuentran dentro del mismo rango.

Respuestas ante la suplementación con concentrados

El nivel de sustitución forraje: concentrado logrado en el presente trabajo resulta inferior al que sería de esperar según Hulme *et al.* (1986), conforme a su modelo de nivel de sustitución estándar \times factor relativo de sustitución. Pero, concuerda con el obtenido por Meijs y Hoekstra (1984) para altos valores de

hierba en oferta por vaca y día. El hecho de que no presente diferencias entre los concentrados amiláceos y el rico en fibra de alta digestibilidad permite que coincida con las conclusiones de dichos autores (Meijs y Hoekstra, 1986), aunque discrepa de las de Sayers et al. (2003). Ello puede atribuirse a que, el concentrado B, aún con mayoría de subproductos y mayor contenido en fibra, incluye materias primas que son fuente de almidón (trigo, gluten de maíz y tercerilla).

Según Favardin et al. (2018b), valor lastre del concentrado (VLc) = Valor lastre del forraje (VLf) \times s. De acuerdo con los resultados de este trabajo, los VLc estarían comprendidos entre 0,37 y 0,66. Los valores lastre basales de los tres concentrados B1, B2 y B, según Baumont et al. (2018b), tendrían promedios respectivos de 0,28; 0,29 y 0,31. Esos valores de referencia son compatibles con s = 0,37.

Un nivel de sustitución de 0,37 se puede considerar bajo, lo cual, unido al mayor contenido en energía metabolizable de los concentrados, justifica las respuestas positivas en la ingestión de energía metabolizable y en el nivel de alimentación observadas en los balances nutricionales previos al presente trabajo (de la Roza-Delgado et al., 2022b).

Estimación de ingestibilidad relativa en función de la digestibilidad neutro detergente-celulasa de la materia orgánica

Según Chalupa et al. (1996), el contenido en FND influye sobre el llenado del rumen, afectando a la ingestión voluntaria. En ese mismo contexto, parece lógico que la solubilidad con celulasa de la FND tenga un efecto sobre el llenado ruminal, siendo razonable que, el contenido en FND no solubilizada por la celulasa, tenga una influencia aún mayor. Por tanto, la determinación de la DEMO puede conducir, pues, a una estimación tanto de la digestibilidad *in vivo* como de la ingestibilidad relativa de los forrajes.

Conclusiones

El valor lastre de la pradera de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* evaluada, aunque obtuvo un valor ligeramente superior al de otras praderas del Arco Atlántico, presenta el menor ULL en el forraje verde de primavera temprana.

Con respecto a los concentrados y escalas de suplementación empleadas, el nivel de sustitución forraje: concentrado resultó bajo y acorde con la bibliografía.

Los resultados de este trabajo parecen mostrar buenas posibilidades para producción de leche en base a pradera con un uso moderado de concentrados, facilitando que puedan expresarse ambos efectos positivos de buena ingestibilidad y bajo nivel de sustitución, con un adecuado manejo de la pradera, que permita una elevada oferta de pasto por vaca y día.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) la financiación de los proyectos que permitieron la realización de gran parte de los trabajos experimentales recogidos en la presente publicación. Además, agradecen a la Universidad de Córdoba el interés demostrado en los datos obtenidos, que fueron incluidos en su Servicio de Información sobre Alimentos (SIA). Al personal del SERIDA, Alfonso Carballal Samalea, la labor informática que llevó a cabo, a José Bodelo Parceros, a María Antonia Cueto Ardavín, a todo el personal de campo de la Unidad de Producción de Leche y Nave Metabólica y al del Laboratorio de Nutrición Animal, la ejecución de las labores agroganaderas, de funcionamiento de la nave metabólica y de análisis de muestras. Finalmente, los autores agradecen al Grupo de Investigación consolidado NYSA (PCTI IDI2 021-000102) cofinanciados con Fondos FEDER su colaboración.

Referencias bibliográficas

- Baumont R., Tran G., Chapoutot P., Maxin G., Sauviant D., Heuzé V., Lemosquet S., Lamadon A. (2018a). Chapitre 25: Tables INRA de la valeur des aliments utilisés en France. En: INRA (2018). Alimentation des ruminants. Ed Quae, Versailles Cedex. France. pp. 521-616.
- Baumont R., Sauviant D., Maxin G., Chapoutot P., Tran G., Boudon A., Lemosquet S., Nozière P. (2018b). Chapitre 24: Calcul de la valeur des aliments pour les ruminants: tables et équations de prévision. En: INRA (2018). Alimentation des ruminants. Ed Quae, Versailles Cedex. France. pp. 487-520.
- Chalupa W., Galligan D.T., Ferguson J.D. (1996). Animal nutrition in the XXI century. *Animal Feed Science and Technology* 58: 1-18. [http://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00869-1](http://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00869-1)
- Faverdin P., Delagarde R., Lemosquet S., Boudon A., Delaby L. (2018a). Chapitre 17. Vaches laitières. En: INRA (2018). Alimentation des ruminants. (Ed Quae, Versailles Cedex), pp. 273-314. France.
- Faverdin P., Baumont R., Boval M., Agabriel J., Delagarde R. (2018b). Chapitre 2. Ingestion des aliments. En: INRA (2018b). Alimentation des ruminants. (Ed Quae, Versailles Cedex), pp. 33-46. France.
- Ferrer C., San Miguel A., Olea L. (2001). Nomenclator básico de pastos de España. *Pastos* 29: 7-44.
- Flores-Calvete G. (2004). Factores que afectan a la calidad del ensilaje de hierba y a la planta de maíz forrajero en Galicia y evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de estos forrajes ensilados. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Forbes J.M. (2007). Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Second edition. Ed. CABI, Head Office, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom. 453 pp.
- García-Paloma J.A. (1990). El método de la condición corporal en vacuno lechero: propuesta de una metodología unificadora. *Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animal* 5: 121-130.
- Hulme D.J., Kellaway R.C., Booth P.J., Bennett L. (1986). The CAMDAIRY model for formulating and analysing dairy cow rations. *Agricultural Systems* 22: 81-108. [http://doi.org/10.1016/0308-521X\(86\)90054-5](http://doi.org/10.1016/0308-521X(86)90054-5)
- Martínez-Fernández A., de la Roza-Delgado B., Modroño S., Argamentería A. (2008). Producción y contenido en principios nutritivos de prados, praderas y de la rotación raigrás italiano-maíz en la rasa marítima centro-oriental de Asturias. *Pastos* 38(2): 187-224.
- Mahanna B. (1994). Proper management assures high-quality silage, grains. *Feedstuffs* 10: 12-56.
- Meijs J.A.C., Hoekstra J.A. (1984). Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass and Forage Science* 39: 59-66. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1984.tb01665.x>
- Meijs J.A.C., Hoekstra J.A. (1986). Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass and Forage Science* 41: 229-235. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.1986.tb01808.x>
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>
- de la Roza-Delgado B., Argamentería A., Martínez-Fernández A. (2007). Ingestión voluntaria y digestibilidad de forraje verde de raigrás inglés, raigrás híbrido y trébol blanco ensilado bajo forma de rotopacas o en silos horizontales. *Pastos* 37(2): 203-227.
- de la Roza-Delgado B., Martínez-Fernández A., Modroño M.S., Argamentería A. (2022a). Pradera de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* en Asturias. I. Evolución de la composición química y de la digestibilidad *in vivo* sobre vacas frisonas a lo largo del año. *ITEA-Infomacion Tecnica Economica Agraria* 118(1): 48-68. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.013>
- de la Roza-Delgado B., Martínez-Fernández A., Modroño M.S., Argamentería A. (2022b). Pradera de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* en

- Asturias. II. Balances nutricionales sobre vacas frisonas en producción a lo largo del año. ITEA- Información Técnica Económica Agraria. 118(4): 530-546. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.039>
- Sayers H.J., Mayne C.S., Bartram C.J. (2003). The effect of level and type of supplement offered to grazing dairy cows on herbage intake, animal performance and rumen fermentation characteristics. *Animal Science* 76: 439-454. <http://dx.doi.org/10.1017/S1357729800058653>
- Vadiveloo J., Holmes W. (1979). The prediction of the voluntary feed intake of dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 93: 553-562. <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600038958>
- Wilcox R.R. (2017). *Introduction to Robust Estimation & Hypothesis Testing*. 4th edition. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands. 608 pp.

(Aceptado para publicación el 28 de julio de 2023)