

INGESTIÓN VOLUNTARIA Y DIGESTIBILIDAD DE FORRAJE DE RAIGRÁS INGLÉS, RAIGRÁS HÍBRIDO Y TRÉBOL BLANCO ENSILADO BAJO FORMA DE ROTOPACAS O EN SILOS HORIZONTALES

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

Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. SERIDA. Apartado 13. 33500 Villaviciosa. Asturias (España). broza@serida.org

RESUMEN

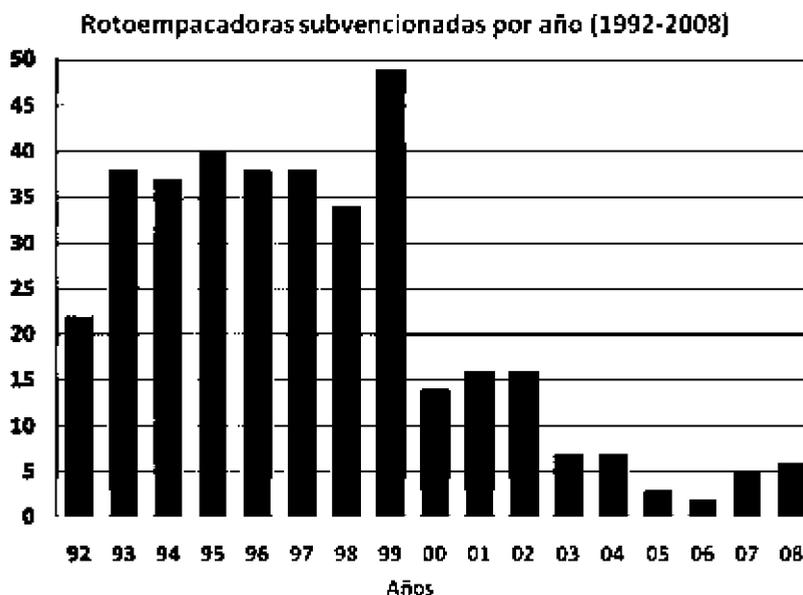
Se compararon ensilados horizontales de hierba frente a los de rotopacas para determinar si existen razones de índole nutricional a favor de estos últimos. Una superficie de 10,6 ha de pradera (*Lolium perenne* L., *Lolium x hybridum* L. y *Trifolium repens* L.) recibió durante dos años cortes para ensilar en primavera. En cada uno se elaboraron ensilados trinchera y/o plataforma y de rotopacas. Éstos presentaron un promedio superior de proteólisis y fermentación alcohólica. En el primer año, su ingestión voluntaria de materia seca en ovino adulto (g/kg^{0,75}) fue inferior: 32,2 vs 37,3 vs 41,0 en el primer corte y 42,2 vs 47,7 vs 49,0 en el segundo para rotopacas, ensilados plataforma y ensilados trinchera, respectivamente. Su digestibilidad aparente a nivel de mantenimiento de los principios nutritivos fue también más baja en el primer corte del primer año (condiciones meteorológicas adversas); para materia orgánica, los respectivos valores fueron 0,65; 0,70 y 0,75. En los restantes cortes, no hubo resultados consistentes y en ocasiones aparecieron diferencias significativas a favor de las rotopacas, pero siempre de escasa magnitud; como máximo, para materia orgánica, 0,74 frente a 0,70 en ensilado trinchera para el primer corte del segundo año. Se concluye que, a pesar del uso masivo de éstas como forma de ensilado, no hay razones de índole nutricional a su favor frente a los tradicionales ensilados horizontales.

Palabras clave: Pradera, tipo de silo, modificación de valor nutritivo, fermentación.

INTRODUCCION

El ensilado ganó terreno en Europa, especialmente en zonas húmedas (Woolford, 1984; Wilkinson *et al.*, 1996; Argamentería *et al.*, 1997), debido a su mayor independencia de las condiciones atmosféricas. El Norte de España no fue una excepción

y se extendió mucho la elaboración de rotopacas con destino a ensilado individual. Véase en la Figura 1 la evolución (1992-2008) del número de rotoempacadoras subvencionadas a cooperativas, sociedades agrarias de transformación, agrupaciones informales y otras entidades agrarias del Principado de Asturias, según comunicación personal del Servicio de Modernización y Fomento Asociativo (SERMOFA) de la Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias. Destaca el incremento continuo hasta el año 1999. A partir de entonces, decayó el número de las subvencionadas, pero a dichos datos hay que sumar los que conciernen a particulares (sin subvención) en el Registro Oficial de Maquinaria Agrícola. Según datos facilitados por el SERMOFA, en el periodo comprendido entre 1-I-2007 y 31-XII-2008, se inscribieron 286 y se dieron de baja 86 rotoempacadoras. El saldo de 200 es elevado para una Comunidad Autónoma de pequeña superficie.



Fuente: Servicio de Modernización y Fomento Asociativo de la Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias.

FIGURA 1

Evolución del número de rotoempacadoras subvencionadas a diversas entidades asturianas (1992-2008).

Evolution of the number of new big balers subsidised to different entities of Asturias (1992-2008).

La mera observación del medio rural revela que la mayoría de las explotaciones ganaderas en las zonas húmedas del Norte de España adoptaron el ensilado de rotopacas como técnica de conservación de forraje. En algunos casos como innovación, pero también como sustitución de los silos verticales u horizontales, alegando menos problemas de trabajo. Al respecto, Fenlon *et al.* (1989) y Nicholson *et al.* (1991) argumentan a favor del ensilado de rotopacas, mayor flexibilidad y facilidad de manejo y almacenamiento. Sin embargo, ciñéndonos a la realidad del Norte de España, Flores (1993), calculó un mayor coste del kg de materia seca del forraje ensilado de esta forma. También señaló que, en caso de lluvia durante el período de prehenificación, se obtendría un producto final de peor calidad que mediante ensilado directo. Otras desventajas del ensilado de rotopacas son la necesidad de adquirir mayor cantidad de plástico debido a mayor relación superficie/ peso de forraje (Givens *et al.*, 1993) y que, una vez utilizado, se perfora con más facilidad, originando mayores pérdidas en cantidad y calidad que en ensilados horizontales (Jaster, 1995).

El objetivo de este trabajo fue determinar si existen razones de índole nutricional a favor del ensilado de rotopacas frente a ensilados horizontales (trinchera y hermético), comparando las modificaciones en composición química, ingestión voluntaria y digestibilidad experimentados por el forraje de la habitual pradera de *Lolium perenne* L., *Lolium x hybridum* L. y *Trifolium repens* L., cuando se conserva en silos horizontales con adición de ácido fórmico a una dosis de 3 - 3,5 L/t o, en rotopacas con prehenificación previa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Elaboración de ensilados

En cada experiencia se partió de un mismo pasto; solamente varió la maquinaria utilizada para ensilar y el tipo de silo.

Primer año

Tras un aprovechamiento en pastoreo en marzo, una superficie de 10,6 ha de pradera de *Lolium perenne* L. (cv Ruanui, Trassa y Verna), *Lolium x hybridum* L. (cv Manawa) y *Trifolium repens* L. (cv Huia), dividida en ocho parcelas para pastoreo rotacional, recibió 100 kg/ha de N y tras 45-49 días de crecimiento de la hierba recibió un primer corte (C1) con segadora acondicionadora en la última semana de abril. A continuación, se aportaron otros 80 kg/ha de N y se dio un segundo corte a principios de junio (C2).

En cada corte, las hileras del forraje segado en cada parcela se dividieron al azar en tres lotes lo más homogéneos posible. Una parte fue recogida inmediatamente con un

remolque autocargador provisto de 25 cuchillas a 10 cm y de una bomba peristáltica accionada por la rueda motriz y ajustada mediante un juego de piñones a un flujo de 3–3,5 L de ácido fórmico/t de hierba verde recogida, según el modelo diseñado en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (Castro, 1993).

La hierba acidificada fue descargada, acondicionada y pisada por tractor en un silo trinchera (ET) con paredes y solera de hormigón ($15,7 \times 7,8 \times 1,4$ m). Finalmente, se recubrió con láminas de plástico de 700 galgas y se colocaron neumáticos en toda su superficie.

Otra segunda parte de la hierba se procesó análogamente, pero acondicionándola como silo hermético (EH) de $11 \times 5,5 \times 1$ m, mediante dos láminas de plástico similares a las anteriores, pero unidas por cierre de canutillo.

La tercera parte se dejó prehenificar durante tres días, a fin de conseguir una materia seca final del 30% para elaborar, finalmente, rotopacas cilíndricas de $1,20 \times 1,20$ m, con rotoempacadora de cámara fija, que se introdujeron en bolsas individuales de plástico especial de color verde (ER).

Segundo año

Sobre la misma superficie de pradera que el año anterior, 6,6 ha, recibieron los mismos tratamientos, con la excepción de que no se elaboró ensilado hermético en el primer corte (29–36 días de crecimiento), ni ensilado trinchera en el segundo (49 días). Otras 4 ha recibieron un único corte anual (CU) a mitad de junio (52 – 56 días) tras un último pastoreo de primavera y 100 kg/ha de N, elaborándose ensilados trinchera y de rotopacas de la forma habitual.

En cada corte, se reunió una muestra final de 500-300 kg de hierba verde (HV) o prehenificada (HP) mediante tomas en muchos puntos al azar, congelándola inmediatamente en contenedores de plástico a -30° C.

Ensayos en vivo

Ingestión voluntaria de materia seca (MS) y digestibilidad

Todos los forrajes de cada corte fueron asignados a un grupo de seis carneros adultos castrados de raza Gallega, con control periódico de peso vivo (PV, kg), mantenidos en jaulas de digestibilidad con colector separador de heces y orina. Los forrajes fueron aportados como única dieta a los animales, que tuvieron en todo momento agua y corrector vitamínico-mineral en bloques a libre disposición.

El periodo experimental fue de tres-cuatro semanas y comprendió tres-cuatro respectivas fases sucesivas. La primera, constó de siete días de adaptación. Los forrajes se aportaron en ofertas de 40-45 g MS/PV^{0,75} aumentando o disminuyendo posteriormente

según el nivel de rechazos fuera inferior o superior al 10 %. Durante los siguientes siete días, adaptados los animales, se controló la ingestión de alimento en esas condiciones (segunda fase; ingestibilidad de la materia seca, IMS). En caso de resultar superior a 45g MS/PV^{0,75}, se redujo la oferta para situar la ingestión en el intervalo 40-45g MS/PV^{0,75} (nivel de mantenimiento; van Es y van der Meer, 1980) con un nivel de rechazos lo más próximo posible al 10% de la MS en oferta, adaptándose los animales durante otros siete días a esa situación (tercera fase). En la cuarta fase final (restantes siete días; periodo de digestibilidad, con oferta fija para cada carnero), además del control de la misma y de los correspondientes rechazos, se efectuó el de producción de heces y orina durante un período de siete días. Se tomaron alícuotas diarias del 10% de rechazos y heces, acumulándolas respectivamente en bolsas de plástico y contenedores de tapa roscada a -30°C, para procesarlas en conjunto de la forma descrita posteriormente. De orina (recogida sobre 25ml de H₂SO₄ del 98%) , se acumuló el 1% diario en peso, en un recipiente de vidrio cerrado herméticamente y mantenido a -30°C.

En caso de que la ingestión voluntaria coincidiese dentro del intervalo 40-45g MS/PV^{0,75}, el periodo de digestibilidad continuaba directamente tras el de ingestibilidad, con la misma cantidad en oferta, omitiéndose la fase tercera.

Durante los periodos de ingestibilidad y digestibilidad, se tomaron diariamente dos alícuotas de igual peso de alimento en oferta, que fueron respectivamente secadas a 102 y 60°C en sendas estufas de aire forzado. Las procesadas a menor temperatura, fueron posteriormente molidas en conjunto con un molino de gran capacidad provisto de tamiz de 0,75mm, constituyendo una sola muestra para análisis. En el caso de ensilados, se tomó además una tercera alícuota también de igual peso, a acumular diariamente en una bolsa mantenida a -30°C con destino al prensado final para obtención de jugo (o maceración en agua destilada fría en caso de alto contenido en MS), para análisis de metabolitos de fermentación.

Las muestras medias finales por animal de rechazos y heces fueron también secadas por duplicado a 102 y 60°C y las dos réplicas a la menor temperatura molidas conjuntamente a 0,75mm, con destino a análisis.

El objetivo general era establecer las siguientes comparaciones:

- 1.- Composición química de los diferentes forrajes, considerando las dos muestras acumuladas durante los períodos de ingestibilidad y digestibilidad como observaciones independientes.
- 2.- Índices de fermentación de los ensilados, con las mismas consideraciones que en el caso anterior.

- 3.- Ingestibilidad de los diversos forrajes, sobre los seis carneros asignados a cada corte y los valores obtenidos durante los dos períodos de ingestibilidad y digestibilidad.
- 4.- Digestibilidad de los diversos principios nutritivos a nivel de mantenimiento, con las mismas consideraciones anteriores.

Determinaciones analíticas

Se consideró como contenido en MS de ofertas, rechazos y heces el obtenido por secado de alícuotas en estufa de aire forzado a 102°C durante 24 h, excepto para ensilados (60°C durante 24 h; de la Roza *et al.*, 2002).

En las muestras medias de ofertas, rechazos y heces, secadas a 60°C y molidas a 0,75mm, se determinó posteriormente la MS final (4 h a 103°C), el fraccionamiento WEENDE: cenizas (CEN), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra bruta (FB) y material extractivo libre de nitrógeno (MELN) (Association Official Analytical Chemists, 1990); fraccionamiento VAN SOEST: fibra neutro detergente (FND), FND sin cenizas (FND NO CEN) (van Soest *et al.*, 1991), fibra ácido detergente (FAD), FAD sin cenizas (FAD NO CEN) y lignina ácido detergente (LAD; Robertson y van Soest, 1981). La hemicelulosa Van Soest (HAD©) se calculó como (FND NO CEN)- (FAD NO CEN).

Adicionalmente, en las muestras de oferta se determinó también el contenido en azúcares solubles (AZUC SOLUB; Hoffman, 1937), así como las digestibilidades enzimáticas de la materia orgánica (MO) con los métodos fibra neutro detergente-celulasa (DenzMONdc), pepsina-celulasa (DenzMOpC) y ácido clorhídrico-celulasa-pepsina (DenzMOccp), según Riveros y Argamentoría (1987). (Las siglas utilizadas se corresponden con las del Banco de Datos del Servicio de Información sobre Alimentos de la Universidad de Córdoba).

El pH se determinó en el jugo obtenido por prensado o maceración en caso de prehenificación intensa (100g de ensilado/250ml de agua destilada) y posterior centrifugación a 5000rpm, así como el nitrógeno soluble (NSOLUB; MacroKjeldahl), nitrógeno amoniacal (N-NH₃; inyección en flujo según TECATOR, 1984), ácidos acético, propiónico, isobutírico, butírico, isovalérico y valérico por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC; columna Shodex Ropack KC – 811, Waters) y metanol, etanol, propanol y butanol por cromatografía de gases (GC, columna TC, Supelco).

Análisis estadístico

Se consideró un análisis de varianza con tres factores cruzados de efecto fijo y las correspondientes interacciones: Forraje: hierba verde = HV; hierba prehenificada = HP;

ensilado trinchera = ET; ensilado hermético = EH; ensilado de rotopacas = ER. Corte: primero = C1; segundo = C2; único = CU. Año: 1, 2.

El modelo fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{Año}_i + \text{Corte}_j + \text{Forraje}_k + (\text{Año} * \text{Corte})_{ij} + (\text{Año} * \text{Forraje})_{ik} + (\text{Corte} * \text{Forraje})_{jk} + (\text{Año} * \text{Corte} * \text{Forraje})_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

La existencia de clases vacías y la alta significación de las interacciones Año*Forraje, Año*Corte y Año*Corte*Forraje con suma cuadrática tipo IV para la mayoría de la variables, sugirió efectuar los contrastes finales separando por años y por cortes dentro de cada año.

Para la ingestibilidad, se introdujo como covariable el porcentaje de rechazos sobre materia seca. No fue posible un ajuste preciso a un 10% de rechazos sobre MS: El ovino es especie muy selectiva y es previsible que, a mayor nivel de rechazos, mayor ingestión, hasta un cierto límite. De hecho, a muchos animales se les determinó la ingestión voluntaria a un nivel alto y bajo de rechazos. Los forrajes se suministraron en su estado natural, sin picado previo, tal como serían utilizados en una explotación.

Todos estos análisis estadísticos se efectuaron mediante el procedimiento GLM del software SAS. (Statistical Analysis Systems Institute, 1990).

RESULTADOS

Características de la hierba cosechada

Las praderas tenían al inicio del ensayo entre 1 y 4 años de edad, con predominio notorio de *Lolium perenne* L. Además de las especies sembradas, como adventicias estaban presentes *Agrostis capillaris* L., *Dactylis glomerata* L., *Holcus lanatus* L., *Ranunculus despectus* M., *Taraxacum officinalis* L. y *Trisetum flavescens* L. Son especies habituales en los prados normales de Asturias, según caracterización efectuada por el Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) de la Universidad de Oviedo (Álvarez García *et al.*, 2004).

Las producciones obtenidas (t MS/ha) en el primer año fueron $4,1 \pm 0,9$ y $3,1 \pm 0,3$ en el primero y segundo cortes, respectivamente. En el segundo año, alcanzaron $3,4 \pm 0,1$; $3,8 \pm 0,5$ y $5,3 \pm 0,3$ en los cortes primero, segundo y único, respectivamente. (Valores medios \pm error estándar).

La hierba cosechada con adición de ácido fórmico presentó un pH en el jugo obtenido por prensado de $4,48 \pm 0,77$ frente a $6,36 \pm 0,20$ en la no acidificada.

En la Tabla 1 se pueden apreciar las condiciones climatológicas de los meses en que tuvieron lugar los cortes para ensilar en los dos años sucesivos; durante el primer corte del primer año, hubo lluvias ligeras e intermitentes que obligaron a efectuar dos ciclos

diarios de volteo/hilerado durante tres días de prehenificación previa al ensilado de rotopacas. En los restantes cortes de ambos años, hubo mejores condiciones para ensilar y no se precisaron volteos para prehenificar. Pero, en la primavera del segundo año tuvo lugar una invasión de *Rumex obtusifolius* L., ajena al ensayo, (procedió de una partida de heno de alfalfa contaminado con dicha especie). Fue pequeña en el primer corte, mayor en el segundo y muy considerable en el único; siendo preciso tenerlo en cuenta para la interpretación de los resultados, ya que esta especie presenta un elevado recuento de esporas de *Clostridium tyrobutiricum* (Martínez, 2003).

TABLA 1

Datos termopluviométricos durante la primavera de los años en que se realizó el trabajo.
Spring temperature and rainfall through the experimental years.

Año	Mes	Temperatura(°C)			Precipitación	
		Máx	Mín	Media	mm	Días
1	Abril	13,0	4,9	8,1	102,7	22
1	Mayo	18,5	9,0	13,8	37,0	14
1	Junio	20,2	11,4	15,8	25,4	11
2	Abril	18,1	8,1	10,0	54,6	13
2	Mayo	17,8	7,9	12,8	16,2	12
2	Junio	20,6	12,0	16,3	112,6	14

Composición química y digestibilidades enzimáticas

Todos los factores considerados resultaron altamente significativos para la totalidad de las variables, así como la mayoría de las interacciones.

Primer año

La calidad obtenida en el primer corte resultó más elevada, en el sentido de menos FB, FND NO CEN y FAD, unido lógicamente a mayores digestibilidades con celulosa. (Tablas 2 y 3, parte superior). También presentó un mayor contenido en EE.

La prehenificación fue efectiva en cuanto a elevar el contenido en materia seca. Pero, en el primer corte, las labores mecánicas sobre suelo húmedo indujeron contaminación con tierra que se tradujo en una elevación significativa del contenido en cenizas totales y recogidas en las fracciones de fibra. También se redujeron AZUC SOLUB, PB y DenzMOndc. En consecuencia, el ensilado de rotopacas presentó estos mismos efectos con respecto a los ensilados trinchera y hermético, que no difirieron entre sí. También tuvo menores DenzMOpc y DenzMOccp que ellos. Paradójicamente, contenía menos FB, FND NO CEN y FAD.

TABLA 2

Composición química de los forrajes de partida y de los ensilados obtenidos: valores medios (g/kg materia seca, salvo especificaciones) y significación estadística de las diferencias.

Chemical composition of initial and ensiled forage: means by years and cuts (g/kg dry matter unless otherwise stated) and significance levels.

Año	Corte	Forraje	MS (g/ kg)	CEN	PB	EE	FB	MELN	FND	FND no CEN	FAD	FAD no CEN	LAD	AZUC SOLUB
1	1	HV	164	95,3	170	20,6	232	481	440	429	273	253	36,0	225
1	1	HP	282	240	140	16,8	219	385	520	404	394	231	50,0	155
1	1	EH	175	154	179	41,5	268	357	499	444	389	313	40,9	30,2
1	1	ET	182	146	184	44,5	290	335	498	452	392	318	37,3	26,9
1	1	ER	296	315	156	30,2	232	267	530	384	477	272	44,7	4,4
1	1	HV vs HP	***	*	‡	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	**	n.s.	**	**
1	1	ER vs EH,ET	***	**	‡	**	‡	**	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.
1	2	HV	146	93,7	175	18,8	265	448	463	460	331	319	39,1	129
1	2	HP	284	99,3	151	17,0	282	452	505	495	357	334	49,9	121
1	2	EH	206	112	153	32,2	285	419	490	476	362	330	43,3	59,1
1	2	ET	211	94,1	155	30,1	303	418	519	506	370	344	44,3	56,6
1	2	ER	236	101	138	28,5	303	430	485	481	344	323	29,0	44,1
1	2	HV vs HP	***	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.						
1	2	ER vs EH,ET	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
2	1	HV	173	109	172	17,3	302	400	544	536	358	335	46,4	119
2	1	HP	487	126	159	18,4	268	428	528	501	347	312	28,1	127
2	1	ET	210	168	178	38,2	335	281	560	514	399	311	47,9	25,6
2	1	ER	454	138	160	27,8	343	319	530	508	393	363	67,7	19,1
2	1	HV vs HP	***	‡	**	n.s.	*	n.s.	*	‡	n.s.	n.s.	*	n.s.
2	1	ER vs ET	***	**	***	***	‡	‡	**	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
2	2	HV	245	99,1	141	17,3	311	450	553	542	353	327	45,8	144
2	2	HP	509	103	121	17,5	344	409	550	536	359	335	63,8	150
2	2	EH	305	132	143	25,4	309	392	564	546	395	352	69,4	50,1
2	2	ER	516	126	131	15,5	319	460	648	612	455	381	62,5	66,6
2	2	HV vs HP	***	n.s.	***	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
2	2	ER vs EH	***	n.s.	**	***	n.s.	**	***	**	**	‡	n.s.	n.s.
2	Único	HV	191	92,9	144	20,6	294	449	583	572	347	326	40,1	123
2	Único	HP	482	113	136	16,3	313	422	596	579	376	353	45,4	91,7
2	Único	ET	226	133	145	30,1	323	364	570	533	425	378	50,6	32,3
2	Único	ER	618	89,8	126	20,1	353	412	624	583	397	365	48,3	88,6
2	Único	HV vs HP	***	*	*	*	n.s.	n.s.	‡	n.s.	‡	‡	n.s.	*
2	Único	ER vs ET	***	***	***	***	n.s.	*	***	*	n.s.	n.s.	n.s.	***

HV = Hierba verde; HP = Hierba prehenificada; EH = Ensilado hermético; ET = Ensilado trinchera; ER = Ensilado de rotapacas; MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PB = Proteína bruta; EE = Extracto etéreo; FB = Fibra bruta; MELN = Materiales extractivos libres de nitrógeno; FND = Fibra neutro detergente; FND NO CEN = Id. sin cenizas; FAD = Fibra ácido detergente; FAD NO CEN = Id. sin cenizas; LAD = Lignina ácido detergente.

***: $P \leq 0,001$; **: $P \leq 0,01$; *: $P \leq 0,05$; ‡: $P \leq 0,10$; n.s.: $P > 0,10$

TABLA 3

Digestibilidades enzimáticas de la materia orgánica de los diversos forrajes: valores medios (tanto por uno) y significación estadística de las diferencias.

Organic matter cellulase digestibilities of initial and preserved forages: means by years and cuts and significance levels.

Año	Corte	Forraje	DenzMOnDc	DenzMOpc	DenzMOccp
1	1	HV	0,77	0,70	0,85
1	1	HP	0,69	0,69	0,85
1	1	EH	0,70	0,62	0,80
1	1	ET	0,70	0,62	0,79
1	1	ER	0,64	0,58	0,75
1	1	HV vs HP	*	n.s.	n.s.
1	1	ER vs EH,ET	*	**	*
1	2	HV	0,69	0,61	0,76
1	2	HP	0,64	0,60	0,73
1	2	EH	0,68	0,58	0,76
1	2	ET	0,65	0,56	0,74
1	2	ER	0,69	0,63	0,78
1	2	HV vs HP	‡	n.s.	n.s.
1	2	ER vs EH,ET	n.s.	***	n.s.
2	1	HV	0,63	0,64	0,78
2	1	HP	0,65	0,66	0,77
2	1	ET	0,60	0,57	0,77
2	1	ER	0,62	0,58	0,76
2	1	HV vs HP	**	n.s.	n.s.
2	1	ER vs EH	n.s.	n.s.	n.s.
2	2	HV	0,59	0,60	0,76
2	2	HP	0,56	0,56	0,74
2	2	EH	0,54	0,52	0,68
2	2	ER	0,44	0,45	0,63
2	2	HV vs HP	**	**	n.s.
2	2	ER vs ET	***	***	**
2	Único	HV	0,54	0,56	0,71
2	Único	HP	0,51	0,51	0,68
2	Único	ET	0,55	0,53	0,65
2	Único	ER	0,48	0,53	0,62
2	Único	HV vs HP	**	**	‡
2	Único	ER vs ET	***	n.s.	*

HV = Hierba verde; HP = Hierba prehenificada; EH = Ensilado hermético; ET = Ensilado trinchera; ER = Ensilado de rotopacas; DenzMOnDc = Digestibilidad enzimática de la materia orgánica según método neutro detergente-celulasa; DenzMOpc = Digestibilidad enzimática de la materia orgánica según método pepsina-celulasa; DenzMOccp = Digestibilidad enzimática de la materia orgánica según método ácido clorhídrico-celulasa-pepsina

***: $P \leq 0,001$; **: $P \leq 0,01$; *: $P \leq 0,05$; ‡: $P \leq 0,1$; n.s.: $P > 0,1$

Segundo año

La calidad del primer corte fue significativamente superior a la del segundo y a la del único en cuanto a PB, FND, FAD y digestibilidades enzimáticas. (Tablas 2 y 3, parte inferior) Estas variables presentaron, a su vez, menores valores en el corte único con respecto al segundo.

En cuanto a efectos significativos del factor "Forraje", la prehenificación, al ser efectuada en mejores condiciones que en el primer año, provocó mucha menos contaminación con tierra y fue muy efectiva para incrementar MS, pero, aunque no tan intensamente, también hizo que se elevara el contenido en cenizas ($P < 0,0001$), excepto en el segundo corte. Redujo los niveles de PB, modificó ligeramente o no significativamente los de FND y FAD y redujo todas o la mayoría de las digestibilidades enzimáticas en los cortes único y segundo. En este último, el efecto estuvo asociado a un incremento en LAD, imputable a mayor formación de complejos de Maillard durante el secado de la muestra a 60°C, dado que hubo mayor disponibilidad de agua como vehículo de dicha síntesis.

El ensilado de rotopacas presentó con respecto al ensilado horizontal menor contenido en PB (como consecuencia de la prehenificación) y mayor contenido celular en los cortes segundo y único, asociado a menor digestibilidad con celulasa en general. Este efecto fue más acusado en el segundo corte, donde también se puso de manifiesto en el nivel de FAD. No es fácil diferenciar lo inducido por la prehenificación de por sí de lo que es consecuencia de la contaminación con tierra.

Es de señalar el escaso consumo de azúcares durante el ensilado de rotopacas de corte único, si comparamos con el contenido que presentaba la hierba prehenificada.

Metabolitos de fermentación

En ambos años, el pH resultó más elevado en el primer corte, sin alcanzar el valor mínimo indicado por Haigh (1987). Lo mismo ocurrió en general para los ensilados de rotopacas. La adición de ácido fórmico se puso de manifiesto en la concentración final del mismo (Tabla 4).

En el primer año, hubo mayor amoniogénesis y más fermentación alcohólica para el primer corte. El ensilado de rotopacas presentó mayor fermentación butírica en el primer corte, mayor fermentación láctica en el segundo y mayor proteolisis y fermentación alcohólica en todos los cortes, con mayor contenido final en ácido propiónico. En general, el ensilado hermético presentó menor génesis de láctico, acético y total de ácidos grasos volátiles que el ensilado trinchera.

En el segundo año, el ensilado de rotopacas presentó menos fermentación láctica y génesis de los diversos ácidos grasos volátiles en los tres cortes. En el único, hubo menos proteolisis. Los contenidos en propanol y butanol como resultado de la fermentación alcohólica fueron insignificantes.

TABLA 4

Metabolitos de fermentación de ensilados: valores medios por años y cortes (g/kg materia seca salvo especificaciones) y significación de las diferencias.

Fermentation parameters in silages: means by years and cuts (g/kg DM unless otherwise stated) and significance levels.

Año	Corte	Forraje	pH	N _{sol} (g/kg N)	N-NH ₃	Ácido		AGV				Alcoholes			%AZUC	
						LAC	FOR	ACE	PRO	BUT	TOT (mmol kg MS)	MET	ET	TOT	SOLUB	pH dif §
1	1	EH	4,62	502	135	23,9	8,4	29,6	2,7	9,5	823	0,1	2,0	2,3	194	-0,47
1	1	ET	4,26	357	102	9,3	5,1	10,9	2,6	6,9	406	0,1	1,3	1,7	198	-0,06
1	1	ER	5,03	525	138	13,6	2,7	18,1	1,4	13,3	533	0,1	1,9	2,2	150	-0,6
1	2	EH	3,90	413	55,3	26,6	10,9	22,6	4,7	5,2	736	0,3	3,2	3,9	69,4	0,33
1	2	ET	3,85	415	55,8	11,3	8,9	15,8	2,6	5,0	549	0,3	1,9	2,3	72,0	0,32
1	2	ER	4,15	550	88,1	35,5	3,2	21,6	1,2	5,6	510	0,3	5,5	6,0	80,1	0,17
ER vs EH,ET			*	*	n.s.	* C2	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	‡	* C1	n.s.
2	1	ET	4,40	485	143	15,7	7,1	20,5	1,4	7,8	606	0,2	1,5	0,8	93,3	-0,2
2	1	ER	5,65	327	58,4	0,00	0,5	4,9	1,2	4,6	162	0,1	2,1	2,2	108	-0,67
2	2	EH	4,05	429	105	28,1	6,7	26,0	0,9	6,0	659	0,3	2,3	2,6	94,3	0,36
2	2	ER	4,52	477	124	22,7	2,3	10,9	0,4	5,4	299	0,1	1,2	1,3	83,0	0,15
2	Único	ET	4,04	556	117	34,3	18,6	24,5	2,4	8,3	941	0,2	1,5	1,7	90,3	0,19
2	Único	ER	4,67	233	55,9	11,6	3,4	9,5	1,7	5,9	324	0,1	5,3	5,5	3,1	0,47
ER vs EH,ET			**	‡	n.s.	‡	*	‡	n.s.	n.s.	‡	n.s.	n.s.	n.s.	** CU	n.s.

HV = Hierba verde; HP = Hierba prehenificada; EH = Ensilado hermético; ET = Ensilado trinchera; ER = Ensilado de rotapacas; LAC: Láctico; FOR: Fórmico; ACE: Acético; PRO: Propiónico; BUT: Butírico; MET: Metanol; ET: Etanol; ΔAZUC SOLUB = Parámetro estimado como azúcares solubles en hierba inicial menos azúcares solubles en ensilado; pH dif § = pH observado menos pH de estabilidad (Haigh, 1987)

C2: En el corte 2; C1: En el corte 1; CU: En el corte único

***: $P \leq 0,001$; **: $P \leq 0,01$; *: $P \leq 0,05$; ‡: $P \leq 0,1$; n.s.: $P > 0,1$

Ingestión de forrajes

Primer año

Los efectos fijos de “Forraje” y “Corte” resultaron altamente significativos ($P < 0,0001$), pero no su interacción (Tabla 5). La influencia del porcentaje de rechazos (RECH) presentó un efecto significativo lineal ($P = 0,001$) y cuadrático ($P = 0,004$). En función de lo anterior, la ingestión de materia seca en $g / kg^{0,75}$ (IMS), puede expresarse como:

$$\begin{aligned} \text{IMS} &= (45,9 \pm 3,94) + \text{efecto Forraje} + \text{efecto Corte} + \\ &+ (0,605 \pm 0,2910) \text{RECH} - (0,0108 \pm 0,00453) \text{RECH}^2 \\ R^2 &= 0,38; \text{CV} = 24,1 \%; \text{r.m.s.e.} = \pm 10,85; P < 0,0001 \end{aligned}$$

Tomando HV = 0, los restantes valores del efecto "Forraje" no difieren significativamente de 0, excepto ER = $-7,7 \pm 4,1$ g MS/kg^{0,75} (P = 0,06). Considerando efecto Corte = 0 para el segundo, resulta $-10,5 \pm 2,04$ (P < 0,001) para el primero

Es de destacar, pues, la menor ingestibilidad de los ensilados de rotopacas y de los forrajes de primer corte en general.

Para cada corte y respectivos forrajes HV, HP, ET, EH y ER, los valores estimados para un nivel estandarizado del 10% de rechazos figuran en la Tabla 5.

TABLA 5

Ingestión voluntaria de los forrajes por años y cortes (valores medios estimados para 10% de rechazos o ajustados por análisis de covarianza).

Forages voluntary intake by years and cuts (estimated means to 10% of refusals or covariance analysis adjusted means).

Año	Corte	Forraje	IMS	Rech
1			Valores estimados	
1	1	HV	40,4	10
1	1	HP	47,0	10
1	1	EH	36,1	10
1	1	ET	38,3	10
1	1	ER	32,8	10
1	2	HV	50,9	10
1	2	HP	57,5	10
1	2	ET	46,6	10
1	2	EH	48,8	10
1	2	ER	43,2	10
1			ER vs otros: P = 0,06	
2			Valores ajustados por análisis de covarianza	
2	1	HV	29,9b	25,0
2	1	HP	28,4b	25,0
2	1	ET	44,4a	25,0
2	1	ER	41,5a	25,0
2	1		a,b: Difieren a P ≤ 0,05	
2	2	HV	40,6b	20,0
2	2	HP	41,6b	20,0
2	2	EH	49,3a	20,0
2	2	ER	47,6ab	20,0
2	2		a,b: Difieren a P ≤ 0,05	
2	Único	HV	24,3b	28,8
2	Único	HP	36,4a	28,8
2	Único	ET	36,0a	28,8
2	Único	ER	39,5a	28,8
2	Único		a,b: Difieren a P ≤ 0,05	

IMS = Ingestión voluntaria en g MS/ kg^{0,75}; Rech = % de rechazos sobre materia seca; HV = Hierba verde; HP = Hierba prehenificada; ET = Ensiado trinchera; EH = Ensilado hermético; ER = Ensilado de rotopacas

Segundo año

Resultaron significativos los efectos “Forraje” y “Corte” ($P < 0,001$), así como su interacción ($P = 0,03$). Las medias ajustadas por análisis de covarianza al valor central de rechazos sobre MS (25,0% en el primer corte, 20,0% en el segundo y 28,8% en el único) se muestran también en la Tabla 5. No hay diferencias significativas entre las dos modalidades de ensilado. Como veremos posteriormente, no es posible estimar cuál hubiese sido la ingestión a un nivel del 10% de rechazos sobre MS.

En general, la ingestión resultó superior para el segundo corte. El hecho de que alcance valores más altos para los ensilados (EH y ER) que para las respectivas hierbas de partida (HV y HP, respectivamente), puede parecer paradójico. Pero, según veremos posteriormente, se justifica como consecuencia de la invasión por *Rumex*.

Digestibilidad

Todos los factores considerados resultaron altamente significativos para la totalidad de las variables, así como la mayoría de las interacciones.

Primer año

La Tabla 6 muestra los valores medios de digestibilidad de los diversos principios nutritivos y su interpretación estadística. Con relación a la hierba verde, la digestibilidad de la MS y MO resulta inferior en los ensilados, debido no solamente a menor digestibilidad real de la pared celular, si no también a menor digestibilidad aparente del contenido celular. Tanto con cenizas incluidas como libres de cenizas. Ello concuerda con el hecho de que no haya diferencias significativas para la FB, pero sí para los MELN ($P < 0,001$)

La reducción de digestibilidad de la pared celular tiene lugar a nivel de FAD ($P < 0,001$) y FAD NO CEN ($P < 0,001$), pero no de HAD©. También es de señalar la pérdida de digestibilidad de la PB en los ensilados. Aunque aumenta la del EE, este componente es minoritario y lo anterior tiene poca importancia.

La prehenificación tuvo efectos similares a los anteriores en el primer corte, si bien menos pronunciados y no significativos para FND y FND NO CEN. En el segundo corte no influyó.

En el primer corte, el ensilado de rotopacas presentó más baja digestibilidad que los convencionales para los diversos principios nutritivos, excepto EE. En el segundo, ocurrió casi lo contrario, aunque de forma menos acusada.

TABLA 6

Coefficientes de digestibilidad de los principios nutritivos de los diversos forrajes: valores medios según años y cortes (tanto por uno) y significación estadística de las diferencias.

Digestibility coefficients of nutritive parameters on different forages: means by years and cuts and significance levels.

Año	Corte	Forraje	MS	MO	PB	EE	FB	MELN	FND	FND no CEN	CC	CC no CEN	FAD	FAD no CEN	HAD@
1	1	HV	0,79	0,82	0,77	0,56	0,83	0,85	0,80	0,82	0,79	0,83	0,76	0,80	0,84
1	1	HP	0,69	0,77	0,69	0,62	0,81	0,78	0,78	0,78	0,73	0,75	0,48	0,71	0,86
1	1	EH	0,69	0,77	0,74	0,72	0,84	0,73	0,71	0,79	0,69	0,75	0,67	0,78	0,80
1	1	ET	0,72	0,75	0,71	0,75	0,85	0,67	0,69	0,77	0,68	0,73	0,72	0,79	0,70
1	1	ER	0,64	0,65	0,63	0,71	0,78	0,54	0,62	0,74	0,60	0,54	0,61	0,70	0,84
1	1	HV vs HP	***	**	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	‡	*	***	**	n.s.
1	1	ER vs ET, EH	***	***	***	n.s.	***	***	***	*	***	***	**	***	‡
1	2	HV	0,74	0,78	0,74	0,51	0,80	0,79	0,74	0,77	0,74	0,79	0,73	0,77	0,76
1	2	HP	0,72	0,77	0,72	0,48	0,78	0,79	0,74	0,79	0,71	0,73	0,70	0,75	0,86
1	2	EH	0,69	0,72	0,69	0,64	0,78	0,71	0,69	0,73	0,65	0,72	0,66	0,72	0,75
1	2	ET	0,71	0,73	0,67	0,62	0,78	0,73	0,69	0,74	0,69	0,72	0,67	0,72	0,78
1	2	ER	0,76	0,77	0,66	0,64	0,82	0,76	0,75	0,79	0,72	0,75	0,72	0,77	0,81
1	2	HV vs HP	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.							
1	2	ER vs ET, EH	***	***	n.s.	n.s.	***	*	***	**	**	n.s.	*	**	n.s.
2	1	HV	0,77	0,79	0,78	0,44	0,81	0,80	0,77	0,80	0,76	0,78	0,73	0,78	0,83
2	1	HP	0,70	0,72	0,73	0,51	0,76	0,67	0,69	0,76	0,72	0,66	0,60	0,68	0,91
2	1	ET	0,66	0,70	0,70	0,75	0,79	59	0,62	0,72	0,66	0,67	0,57	0,72	0,72
2	1	ER	0,75	0,74	0,72	0,77	0,80	0,68	0,73	0,77	0,68	0,71	0,71	0,76	0,77
2	1	HV vs HP	***	***	‡	*	*	***	**	‡	n.s.	**	***	***	‡
2	1	ER vs ET	***	*	n.s.	n.s.	n.s.	***	***	*	n.s.	n.s.	***	‡	n.s.
2	2	HV	0,68	0,71	0,72	0,43	0,69	0,73	0,66	0,69	0,71	0,74	0,55	0,63	0,79
2	2	HP	0,60	0,63	0,53	0,26	0,67	0,61	0,56	0,59	0,64	0,68	0,46	0,52	0,70
2	2	EH	0,63	0,61	0,50	0,59	0,68	0,60	0,55	0,61	0,63	0,63	0,50	0,56	0,69
2	2	ER	0,60	0,63	0,57	0,18	0,64	0,68	0,62	0,70	0,56	0,47	0,56	0,58	0,83
2	2	HV vs HP	***	***	***	***	n.s.	***	***	***	**	‡	**	***	*
2	2	ER vs EH	*	n.s.	**	***	n.s.	***	**	***	*	***	‡	n.s.	**
2	Único	HV	0,68	0,71	0,72	0,59	0,69	0,73	0,65	0,71	0,65	0,71	0,59	0,65	0,81
2	Único	HP	0,59	0,60	0,60	0,41	0,53	0,65	0,53	0,61	0,66	0,59	0,46	0,52	0,72
2	Único	ET	0,65	0,67	0,65	0,70	0,75	0,61	0,59	0,66	0,65	0,69	0,57	0,69	0,60
2	Único	ER	0,66	0,66	0,54	0,61	0,76	0,62	0,64	0,68	0,63	0,61	0,63	0,70	0,64
2	Único	HV vs HP	***	***	***	***	***	**	***	***	n.s.	**	***	***	n.s.
2	Único	ER vs ET	n.s.	n.s.	***	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	n.s.

HV = Hierba verde; HP = Hierba prehenificada; EH = Ensilado hermético; ET = Ensilado trinchera; ER = Ensilado de rotopacas; MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PB = Proteína bruta; EE = Extracto etéreo; FB = Fibra bruta; MELN = Materiales extractivos libres de nitrógeno; FND = Fibra neutro detergente; FND NO CEN = Id. sin cenizas; CC = Contenido celular; CC NO CEN = Id. sin cenizas; FAD = Fibra ácido detergente; FAD NO CEN = Id. sin cenizas; HAD@ = Hemicelulosa van Soest

***: $P \leq 0,001$; **: $P \leq 0,01$; *: $P \leq 0,05$; ‡: $P \leq 0,1$; n.s.: $P > 0,1$

Segundo año

Los valores medios de digestibilidad y su interpretación estadística se dan también en la Tabla 6 (parte inferior). La digestibilidad de la materia orgánica se redujo como resultado de la prehenificación, tanto a nivel de pared como contenido celular libres de cenizas ($P < 0,001$). Esta pérdida fue particularmente acusada, en concreto para PB, FAD NO CEN, MELN y FB, excepto para ésta última en el segundo corte.

En cuanto a ensilados, la digestibilidad resultó más elevada en los de rotopacas de primer corte, para FND NO CEN, FAD NO CEN y MELN. En los cortes segundo y único, la mayor digestibilidad real de FND NO CEN fue compensada por una menor digestibilidad aparente del contenido celular libre de cenizas, si bien para los demás principios nutritivos no hubo un comportamiento consistente. Esto último cabe imputarse a la invasión de *Rumex obtusifolius* antes mencionada, más intensa en el corte único.

En cuanto a componentes no libres de cenizas, las diferencias fueron menos pronunciadas, a pesar de haber observado un incremento en cenizas totales más bajo en el segundo corte.

Detalles generales para ambos años

La media general de digestibilidad aparente de la LAD resultó $-0,099$, con un error estándar de $\pm 0,023$. (Variaciones observadas entre $+0,54$ y $-0,44$).

La excreción de N en orina, sumada a la que tuvo lugar en heces, en ningún caso reveló balance en N negativo.

DISCUSIÓN

Composición química, digestibilidades enzimáticas y metabolitos de fermentación

La hierba del primer corte, en ambos años, resultó de muy buena calidad alimenticia en cuanto a contenido de los diversos principios nutritivos y digestibilidad con celulasa. Los correspondientes valores de digestibilidad *in vivo* lo confirmaron. Concuerdia con los resultados de Givens *et al.* (1989a, 1990) para hierba de primavera en el Reino Unido y Keady y Murphy (1997) en Irlanda. El bajo contenido en materia seca redujo la ingestión, en mayor grado en el primer año, en concordancia con Chenost y Demarquilly (1982). También fue el factor limitante para el ensilado, ya que la relación azúcares solubles/proteína bruta fue aceptable al respecto. En particular, el nivel de azúcares solubles en el primer año (224,6 g/kg MS) es elevado, de acuerdo con diversos autores (O'Kiely *et al.*, 1987; Pattersson, 1988; Haigh, 1990; Mc Donald *et al.*, 1991), a la hora de obtener

fermentaciones satisfactorias. Pero, incluso cuando se redujo el pH inicial del forraje a ensilar mediante adición de ácido fórmico, no se logró alcanzar el grado de acidez final recomendado por Haigh (1987).

La mayor estanqueidad del EH en el corte 1 del primer año, provocó una sustitución más rápida de O₂ para CO₂, que aceleraría la desaparición de la vida vegetal y actividad microbiana. El menor tiempo de respiración celular y procesos fermentativos generó menor cantidad de ácidos orgánicos (Rotz y Muck, 1994).

La prehenificación previa al ensilado de rotopacas no demostró ser útil en ningún caso. En el primer año incluso ejerció una influencia muy negativa, debido a que el daño causado por la lluvia durante el oreo alteró seriamente la calidad del forraje, además de lo imputable a una gran contaminación con tierra. Como resultado final, la pérdida de valor nutritivo fue considerable (Rotz y Muck, 1994), sin concordar con lo obtenido por Cushnashan y Gordon (1995) y Cushnashan *et al.* (1995) y, en particular, para el ensilado de rotopacas de primer corte en el primer año. De hecho, el que las digestibilidades enzimáticas del mismo sean más bajas que las de los ensilados horizontales, puede imputarse a diferencias en la digestión de carbohidratos estructurales por las celulasas, lo que significa que la celulosa y hemicelulosa de los ER son menos atacadas por la solución enzimática. Concuerda con el amplio intervalo de variación (45 - 90%) encontrado por Pigden y Heaney (1969), para la digestibilidad en el rumen de ambos carbohidratos.

La hierba del segundo corte tuvo menor valor nutritivo inicial, en concordancia con Nelson y Moser (1994). Si bien tuvo menos nivel de azúcares solubles que la del primer corte, teniendo en cuenta sus contenidos inferior en proteína y superior en materia seca, cabe decir que presentó mayor grado de ensilabilidad, que se tradujo en una mejor fermentación. Las condiciones medioambientales fueron apropiadas para la prehenificación. En consecuencia, las pérdidas en valor nutritivo durante el proceso de fermentación fueron escasas y el ensilado de rotopacas demostró ser de mayor calidad (Kung y Muck, 2002). La invasión de *Rumex* cambió la microflora epífita. Según Rehberger (2002), nuevas variedades vegetales pueden inducir cambios en los procesos fermentativos influyendo en la calidad final del ensilado.

Con el corte único se dieron similares circunstancias y resultados que con el segundo corte. La hierba original fue de menor valor nutritivo, conforme al mayor número de días de crecimiento (INRA, 1981).

No se observó comportamiento uniforme del ensilado de rotopacas *versus* ensilado horizontal con adición de ácido fórmico. El mayor contenido en cenizas durante el primer año, un pH más elevado en general y menos N soluble en ocasiones, ácido láctico inapreciable, más ácido butírico y menos alcoholes, está en concordancia con Andrieu *et al.* (1992), si bien no podemos generalizar.

Ingestión

En general, los resultados del primer año muestran que la ingestión de la hierba original es más elevada que la de los ensilados, en concordancia con numerosos autores (Demarquilly, 1973; Cushnahan y Gordon, 1995; Muck y Kung, 2002).

Sin embargo, no ocurrió así en el segundo año. El hecho de que los ensilados elaborados durante el mismo presentasen mayor grado de ingestión que las hierbas originales cabe imputarse a la invasión por *Rumex obtusifolius* L. Sus hojas anchas se marchitan rápidamente y dejan poco residuo en el ensilado, mientras que los tallos conservan su forma. En consecuencia, a igualdad de peso hay mayor proporción de *Rumex* en la hierba verde que en la prehenificada y ensilados.

Dado que esta adventicia no es aceptada, de ahí la mayor ingestión de estos últimos a igualdad de nivel de rechazos. Por otra parte, todo lo anterior dificulta la interpretación del efecto de una mayor o menor calidad de los forrajes de partida. No se efectuó cuantificación del contenido en *Rumex* en la biomasa inicial, pero indudablemente superaba el 10% de la misma. Por ello, se decidió no efectuar la determinación de su ingestión para un 10% de rechazos. Además, las relaciones entre ingestión y composición química o parámetros fermentativos fueron pequeñas, de acuerdo con Dawson y Maine (1998) y Steen *et al.* (1995,1998). Rook y Gill (1990) sí encontraron correlación negativa entre ácidos acético, butírico, AGVT e ingestión voluntaria.

Tampoco hubo comportamiento uniforme sobre ingestión de los ER vs EH y/o ET, siendo más baja en tres de los cinco cortes. Las inadecuadas condiciones medioambientales para prehenificación durante el primer corte del primer año tuvieron un efecto negativo sobre ingestión, en contradicción con los resultados de Haigh y Parker (1985) y en concordancia con los de Flynn y Wilson (1978) y los de Dawson *et al.* (1998).

Rook y Gill (1990) encontraron correlación negativa entre ácidos acético, butírico, AGVT e ingestión voluntaria. En nuestro caso resulta muy débil.

Digestibilidad

Al observar la digestibilidad de los diversos principios nutritivos, no es posible efectuar generalizaciones. Con óptimas condiciones climáticas para prehenificación, los resultados indican una sólida relación entre azúcares solubles y contenido en MS, de acuerdo con los resultados de Kokkonen *et al.* (2000) y Yahaya *et al.* (2002). Sin embargo, puede afirmarse que, cuando la digestibilidad de los ensilados de rotopacas superó a la de los ensilados horizontales, la diferencia fue escasa. Cuando ocurrió al revés, fue muy acusada (primer corte en primer año, bajo condiciones climatológicas adversas que inducen elevada contaminación con tierra). Concuerta con el hecho de

que los controles de calidad efectuados por el TEAGASC (O'Kiely y Flynn, 1985) en Irlanda, país de clima húmedo, revelan que el promedio de digestibilidad *in vitro* de la MS del ensilado de rotopacas es inferior al de los ensilados horizontales. También, con los resultados de Flores *et al.* (2003) acerca de ensilados elaborados en Galicia.

La falta de uniformidad en digestibilidades para los diferentes principios nutritivos en ER de segundo y único cortes en el segundo año, según lo antes expuesto, cabe imputarse a mayor proporción de tallos de *Rumex* en la hierba prehenificada y ensilados. Habiéndose suministrado los forrajes sin picado previo se facilitó la selección de dieta acumulándose dichos tallos en los rechazos.

Considerando ambos años en conjunto, la digestibilidad de FND, FAD, hemicelulosa y FB es muy elevada, superior incluso a la del contenido celular. De ahí que en nuestro caso no aparezca una relación entre digestibilidad e incremento de las fracciones fibrosas tan clara como la reportada por Van Soest (1994) y Yan y Agnew (2004).

La relación entre digestibilidad de la FND e ingestión fue baja, en concordancia con las observaciones de Rinne *et al.* (2002).

La relación entre los g/kg MS de contenido celular digestible (CCD) y total (CC), para los forrajes evaluados (n = 22), puede ser definida mediante la expresión:

$$\text{CCD} = (1,01 \pm 0,07) \text{CC} - (131 \pm 34 + \Delta); R^2 = 0,94; P < 0,0001; \text{donde}$$

$$\Delta = 0 \text{ para HV}$$

$$\Delta = 13 \pm 9 \text{ (n.s.) para HP}$$

$$\Delta = 27 \pm 10 \text{ (P = 0,15) para ET}$$

$$\Delta = 29 \pm 11 \text{ (P = 0,015) para EH}$$

$$\Delta = 26 \pm 10 \text{ (P = 0,017) para ER}$$

Todo lo anterior concuerda con el primer término de diversas ecuaciones sumativas para predicción de digestibilidad mediante el fraccionamiento VAN SOEST (revisión de Minson, 1982), en el sentido de que la digestibilidad real del contenido celular es virtualmente completa y que la materia fecal de origen metabólico por kg de MS ingerida es de unos 130 g para hierba verde y prehenificada y más elevada (160g) para ensilados. De ahí la menor digestibilidad aparente del contenido celular de éstos

El que el valor medio de digestibilidad de la LAD, dado en el apartado "Detalles generales para ambos años", no fuera exactamente 0, debe imputarse al hecho de que se trata de un componente minoritario cuya determinación en laboratorio presenta menor repetibilidad y reproducibilidad que otras (Muñoz *et al.*, 1995), a lo que se suma el que los errores debidos a formación de complejos de Maillard son más intensos en hierba verde que en ensilados o en heces.

Como era de esperar, se obtuvo buena concordancia entre la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica y las tres digestibilidades enzimáticas, de acuerdo con Givens *et al.* (1989b) y Nousiaien *et al.* (2003). Se observa menor correspondencia para ensilados de rotopacas; cabe imputarlo a mayor selección de dieta por no haber troceado del forraje, según se argumentó con anterioridad.

El mayor o menor contenido en azúcares solubles de la hierba de partida no guardó relación con que el ensilado de rotopacas tuviese mayor o menor calidad nutricional o fermentativa que los ensilados horizontales. Todo parece indicar que los factores fundamentales fueron las condiciones climáticas en que tuvo lugar la prehenificación.

CONCLUSIONES

La mayor utilización del ensilado de rotopacas frente al ensilado horizontal no se justifica desde el punto de vista de la nutrición animal, sobre todo mientras no se evite el problema de contaminación con tierra en suelos húmedos.

Se puede obtener la misma calidad de forraje conservado en silo plataforma o en silo trinchera, por lo que no es imprescindible obra en hormigón.

En caso de contratar la elaboración del ensilado, a igualdad de precio por ha, sería preferible utilizar el ensilado de rotopacas solamente cuando estuviesen garantizadas condiciones atmosféricas favorables (sol y viento).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al INIA la financiación del Proyecto de investigación 7582, que permitió realizar el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ÁLVAREZ GARCÍA, M.A.; GARCÍA MANTECA, P.; VALDERRÁBANO, J., 2004. *Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles: Cartografía de los pastos de Asturias*. Ed. SERIDA e INDUROT. 138 pp. Oviedo (España).
- ANDRIEU, J. L.; DEMARQUILLY C.; RONEL J., 1992. Conservation et utilisation par les génisses de l'herbe de prairies naturelles. Intérêt des balles rondes enrubanées comparativement à l'ensilage direct et au foin. *INRA Productions Animales*, **5**, 205-212.
- ARGAMENTERÍA, A.; DE LA ROZA, B.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A.; SÁNCHEZ, L.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A., 1997. *El ensilado en Asturias*. Ed. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. 127 pp. Oviedo, Asturias. (España).
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th edition. AOAC, XX pp., 832 pp. Arlington. VA (USA).

- CASTRO, J., 1993. Un aplicador para incorporar conservantes al forraje en campo para ensilado. *Actas de la XXXII Reunión Científica de la SEEP*, 663-671. Diputación Provincial de Ciudad. Ciudad Real. (España).
- CHENOST, M.; DEMARQUILLY, C., 1982. Measurement of herbage intake by housed animals. En *Herbage Intake Handbook*, 95-124. Ed. J. D. SL6 5LR. Leaver. Hurley, Maidenhead, Berkshire. (Gran Bretaña).
- CUSHNAHAN, A.; GORDON, F. J., 1995. The effects of grass preservation on intake, apparent digestibility and rumen degradation characteristics. *Animal Science*, **60**, 429-438.
- CUSHNAHAN, A.; MAYNE, C. S.; UNSWORTH, E. F., 1995. Effects of ensilage of grass on performance and nutrient utilization by dairy cattle. 2. Nutrient metabolism and rumen fermentation. *Animal Science*, **60**, 347-359.
- DAWSON, L. E. R.; MAYNE C. S., 1998. The effects of silage fermentation characteristics on dry matter intake of steers. *Animal Science*, **66**, 105-113.
- DAWSON L. E. R.; STEEN, R. W. J.; FERRIS, C. P., 1998. The effect of wilting grass prior to ensiling on silage intake of beef steers. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 151. 23-25 de marzo. Scarborough (Gran Bretaña).
- DE LA ROZA-DELGADO, B.; MARTÍNEZ, A.; ARGAMENTERÍA, A., 2002. Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Pastos*, **32** (1), 91-104.
- DEMARQUILLY, C., 1973. Chemical composition, fermentation characteristics, digestibility and voluntary intake of forage silages: changes compared to initial green forage. *Annales de Zootechnie*, **22**, 1-35.
- FENLON D. R.; WILSON, J.; AND WEDDELL, J. R., 1989. The relationship between spoilage and *Listeria monocytogenes* contamination in bagged and wrapped big bale silage. *Grass and Forage Science*, **44**, 97-100.
- FLYNN, A. V.; WILSON, R. K., 1978. The relative importance of digestibility, ensiling, fermentation and dry matter content in limiting the utilisation of silage by beef cattle. *Proceedings of the 7th General Meeting of the European Grassland Federation*, 6.3-6.15.
- FLORES, G., 1993. Proyecto INIA 9626. Mellora do valor nutritive da ensilaxe de herba en Galicia. 4. Avaliación de equipos de ensilaxe de herba. *Memoria do Centro de Investigacións Agrarias*, 126-128. Servicio de Estudios e Publicacións da Consellería de Agricultura, Gandería e Montes. Coruña (España).
- FLORES CALVETE, G.; GONZÁLEZ-ARRÁEZ, A.; CASTRO GONZÁLEZ, J.; CASTRO GARCÍA, P.; CARDELLE CAMPOS, J.; FERNÁNDEZ LORENZO, B.; VALLADARES ALONSO, J., 2003. Evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de ensilajes de hierba y planta entera de maíz. *Pastos*, **33** (1), 5-99.
- GIVENS, D. I.; EVERINGTON, J. M.; ADAMSON, A. H., 1989a. The nutritive value of spring-grown herbage produced on farms throughout England and Wales over four years. I. The effect of stage of maturity and other factors on chemical composition, apparent digestibility and energy values measured *in vivo*. *Animal Feed Science and Technology*, **27**, 157-172.
- GIVENS, D. I.; EVERINGTON, J. M.; ADAMSON, A. H., 1989b. The digestibility and metabolisable energy content of grass silage and their prediction from laboratory measurements. *Animal Feed Science and Technology*, **24**, 27-43.
- GIVENS, D. I.; EVERINGTON, J. M.; ADAMSON, A. H., 1990. The nutritive value of spring-grown herbage produced on farms throughout England and Wales over four years. II. The prediction of apparent digestibility *in vivo* from various laboratory measurements. *Animal Feed Science and Technology*, **27**, 173-184.
- GIVENS, D. I.; MOSS, A. R.; ADAMSON, A. H., 1993. Prediction of the digestibility and energy value of grass silage conserved in big bales. *Animal Feed Science and Technology*, **41**, 297-312.

- HAIGH, P. M., 1987. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of grass silage on commercial farms. *Grass and Forage Science*, **42**, 1-8.
- HAIGH, P. M., 1990. Effect of herbage water soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. *Grass and Forage Science*, **45**, 263-271.
- HAIGH, P. M.; PARKER, W.G., 1985. Effect of silage additives and wilting on silage fermentation digestibility and intake, and on liveweight change of young cattle. *Grass and Forage Science*, **40**, 429-436.
- HOFFMAN, W. S., 1937. A rapid photoelectric method for the determination of glucose in blood and urine. *Journal Bromatological Chemist*, **120**, 51-55.
- INRA (INSTITUT NACIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE), 1981. *Alimentación de los Rumiantes*. Mundi Prensa, 697 pp. Versión de C. DE BLAS, M.J. FRAGA. Madrid (España).
- JASTER, E. H., 1995., Legume and grass silage preservation. En: *Post-harvest physiology and preservation of forages*, 91-115 . ED. K. J. MOORE AND M. A. PETERSON. CSSA Special Publication 22. American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc; Soil Science Society of America, Inc. Madison. Wisconsin (EEUU).
- KEADY, T. W. J.; MURPHY, J. J., 1997. The effects of treating low dry matter herbage with a bacterial inoculant or formic acid on the intake and performance of lactating dairy cattle. *Animal Science*, **64**, 25-36.
- KOKKONEN T.; TUORI M.; LEIVONEN L.; SYRJÄLÄ-QVIST L., 2000. Effect of silage dry matter content and rapeseed meal supplementation o dairy cows. 1. Milk production and feed utilisation. *Animal Feed Science and Technology*, **84**, 213-228.
- KUNG, L.; MUCK, R. E., 2002. The end products of silage fermentation and their relationships to forage management. *Joint Meeting Abstracts Journal of Dairy Science* **85**, *Suppl. 1*, *Journal of Animal Science*, **80**, *Suppl. 1*, **585**, 146.
- MARTÍNEZ, A., 2003. *Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo, 450 pp. Oviedo (España).
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E., 1991. *The biochemistry of silage*. Chalcombe Publications, 340 pp. Marlow Bucks. Londres (Gran Bretaña).
- MINSON, D. J., 1982. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)*, **52**, 591-615.
- MUCK, R.; KUNG, L., 2002. The end products of silage fermentation and their relationships to animal performance. *Joint Meeting Abstracts Journal of Dairy Science* **85**, *Suppl. 1*, *Journal of Animal Science* **80**, *Suppl. 1*, **40**, 11.
- MUÑOZ, F.; ARGAMENTERÍA A.; ANDUEZA D., 1995. Cadena de análisis interlaboratorial de alimentos para el ganado. *Información Técnica Económica Agraria* **91**, 29-160.
- NICHOLSON, J. W. G.; MCQUEEN R. E.; CHARMLEY E.; BUSH R. S., 1991. Forage conservation in round bales or silage bags: effect of ensiling characteristics and animal performance. *Canadian Journal Animal Science*, **71**, 1167-1180.
- NELSON, C. J. ; MOSER, L. E., 1994. Plant factors affecting forage quality. En *Forage quality, evaluation, and utilization*, 115-154. ED. G. C. FAHEY. American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science Society of America, Inc. Madison. Wisconsin (EEUU).
- NOUSIAINEN, J.; RINNIE, M.; HELLÄMÄKI M.; HUHTANEN, P., 2003. Prediction of the digestibility of the primary growth of grass silage harvest at different stages of maturity from chemical composition and pepsin-cellulase solubility. *Animal Feed Science*, **103**, 97-111.

- O'KIELY, P.; FLYNN, A. V., 1985. Silages made by five different systems. En: *Animal Production. Research Report*, 62. An Foras Taluntais. Dublin (Irlanda).
- O'KIELY, P. ; FLYNN, A. V., 1988. Comparison of formic acid with a formic acid/formaldehyde mixture as preservatives for unwilted grass silage fed to male Friesian cattle. *Irish Journal of Agricultural Research*, 27, 111-122.
- O'KIELY, P. ; FLYNN, A.V. ; WILSON R., 1987. New concepts in silage making. *Irish Grassland and Animal Production Association Journal*, 21, 38-50.
- PATTERSSON, K., 1988. *Ensiling of forages: factors affecting silage fermentation and quality*. Report N°. 179. Swedish University of Agricultural Science. Uppsala (Suecia).
- PIDGEN, W. J. ; HEANEY, D. P., 1969. Lignocellulose in ruminant nutrition. *Advances in Chemistry Series*, 95, 245-260.
- REHBERGER, T., 2002. Microbiology of silage. *Joint Meeting Abstracts Journal of Dairy Science*, 85, Suppl. 1, *Journal of Animal Science*, 80, Suppl. 1, 38, 10.
- RINNIE, M.; HUHTANEN, P. ; JAAKKOLA, S., 2002. Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. *Journal of Animal Science*, 80, 1986-1998.
- RIVEROS, E. ; ARGAMENTERÍA, A., 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. I. Forrajes verdes. II. Henos. III. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal*, 12, 9-75.
- ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J., 1981. The detergent system of analyses and its application to human foods. En: *The Analysis of Dietary Fibre of Food*, 123-158. Ed. W. P. T. JAMES, O. THEAN. Marcell Dekker. New York (USA).
- ROOK, A. J. ; GILL, M., 1990. Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. I. Linear regression analyses. *Animal Production*, 50, 425-438.
- ROTZ, C. A.; MUCK, R. E., 1994. Changes in forages quality during harvest and storage. In *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*, 828-868. Ed. G. C. FAHEY. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin (EEUU).
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE, 1988. *SAS/STAT user's guide, version 6*. Ed. SAS Institute Inc. Cary. North Carolina (EEUU).
- STEEN, R. W. ; GORDON, F. J. ; DAWSON, L. E. R. ; PARK, R. S. ; MAYNE, C. S. ; AGNEW, R. E. ; KILPATRICK, D. J. ; PORTER, M. G., 1998. Factors affecting the intake of grass silage by cattle and prediction of silage intake. *Animal Science*, 66, 115-127.
- STEEN, R. W.; GORDON, F. J.; MAYNE, C. S.; POOTS, R. E.; KILPATRICK, D. J.; UNSWORTH, E. F.; BARNES, R. J.; PORTER, M. G.; PIPARD, C. J., 1995. Prediction of the intake of grass silage by cattle. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*, 67-89. Ed. P. C. GARNSWORTHY, D. J. A. COLE. Nottingham University Press. Nottingham (Gran Bretaña).
- TECATOR,., 1984. *Determination of ammonia nitrogen in water by flow injection analysis and gas diffusion. Application Note*. ASN 50-04/84, Perstoorp Analytical. Didcot. Oxfordshire (Gran Bretaña).
- VAN ES, A.H.J.; VAN DER MEER, J.M., 1980. *Methods of analysis for predicting the energy and protein value of feeds for farm animals*. Ed. A.J.H. VAN ES AND J.M. VAN DER MEER. 106 pp. Lelystad (Holanda).
- VAN SOEST, P. J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, 476 pp. New York (EEUU).
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.

- WILKINSON J. M., WADEPHUL F., HILL J., 1996. *Silage in Europe. A survey of 33 countries*. Chalcombe Publications, 154 pp. Lincoln (Gran Bretaña).
- WOOLFORD, M. K., 1984. *The Silage Fermentation*. Marcel Dekker Inc., 350 pp. New York (EEUU).
- YAHAYA, M. S.; HAWAI M.; TAKAHASHI J.; MATSUOJA S., 2002. The effect of different moisture contents a ensiling on silo degradation and digestibility of structural carbohydrates of Orchardgrass. *Animal Feed Science and Technology*, **101**, 127-133.
- YAN, T. ; AGNEW, R. E., 2004. Prediction of nutritive values in grass silages: I. nutrient digestibility and energy concentrations using nutrient compositions and fermentation characteristics. *Journal of Animal Science*, **82**, 1367-1379.

VOLUNTARY INTAKE AND DIGESTIBILITY OF BIG-BALE AND HORIZONTAL SILAGES MADE OF A PERENNIAL RYEGRASS, HYBRID RYEGRASS AND WHITE CLOVER MIXTURE

SUMMARY

Two different systems of silage-making were compared (horizontal silages vs big-bale silage) in order to determine possible nutritional reasons in favor of big-bale system as a method of forage preservation *versus* the conventional silage systems. An area of 10.6 ha of sown pasture (*Lolium perenne*, *L. x hybridum* and *Trifolium repens*) was mown twice in the 1st year, in the spring, after 6 months growth. In the 2nd year, 6.4 ha, were mown in the same way and other 4.0 ha were mown only once in May, after 8 weeks growth. In each cut, a horizontal silage (clamp- and/or bunker-type) and a big-bale silage were elaborated. The forage placed in horizontal silages was acid-treated (formic acid 3.5 L/t of forage) and not wilted. The big-bale silages were elaborated after wilting and without additive. Wilting incremented the ash content due soil contamination and reduced crude protein content. Chemical composition of the silage was very variable although on average big bales silage showed a greater proteolysis and alcoholic fermentation than the horizontal silage. Intake and digestibility trials were made, based on six wether sheep, using each type of forage as a sole feed at maintenance feeding level. In the 1st year, the original grasses intake were 40.5g DM/kg^{0.75} and 43.7 for the 1st cut, and 58.4g DM/kg^{0.75} and 58.0 for 2nd cut, for green and wilted forage, respectively. Besides, silages intake always was lower than that of the original grasses and lower in the big bales than in the horizontal silage: 32.2g DM/kg^{0.75} vs 37.3 vs 41.0 in the 1st cut and 42.2 vs 47.7 vs 49.0 in the second, for big bale, clamp and bunker silages, respectively. Nevertheless, the silage of the 2nd year showed a higher intake than the original grasses. The apparent digestibility of the nutritional principles was lower in big-bale than in bunker-silos for the 1st cut of the 1st year, in which the climatic conditions were adverse for wilting. In the remaining cuts, there was no consistent trend and although on occasions there were significant differences in favor of the big bales, they were of limited magnitude. It was demonstrated that despite the massive use of big bales as a method of silage making, from the nutritional viewpoint there is no evidence in favor of this system compared to the traditional one of horizontal bunker silages.