

Comportamiento de verdeos invernales en Santa Rosa, La Pampa. II. Estimación de la degradabilidad ruminal *in sacco*.

Performance of small grain pastures in Santa Rosa, La Pampa. II. Estimation of rumen degradability *in sacco*.

Recibido: 1/2/96 Aceptado : 30/9/96

Ferri¹, C.M. y N.P. Stritzler^{1,2}

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la cinética de la degradación ruminal de la materia seca (MS) en cultivares (cvs) de verdeos invernales. Estos fueron: avena (*Avena sativa* L.) cv Don Víctor, avena (*Avena byzantina* C. Koch) cv Millauquén, Cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv Uñaiché, centeno (*Secale cereale* L.) cvs Choiqué y Naicó, tricepiro (*Triticum x Secale x Thinopyrum*) línea 3/40 y triticale (*XTriticosecale* Witt.) cvs Don Norman y Tehuelche. Se realizaron cuatro cortes sobre una misma parcela en las fechas 07-06, 12-08, 30-09 y 30-11. El forraje secado y molido, fue incubado en bolsitas de nylon suspendidas en rumen. Se utilizaron 3 novillos Holando-argentino con fistula ruminal, alimentados con heno de alfalfa y agua a voluntad. La tasa de desaparición de la MS fue el criterio utilizado para calcular la degradabilidad, a través de un modelo exponencial $p = a + b(1 - \exp(-Ct^b))$. Los datos fueron analizados mediante ANOVA, utilizando un diseño de parcelas divididas, y Test de Tukey ($\alpha=0,05$). En general, las diferencias en degradabilidad efectiva entre cvs se correspondieron a diferencias en la relación entre la fracción soluble y la fracción insoluble potencialmente degradable, y a diferencias en la tasa fraccional de degradación. La fracción indegradable resultó similar ($p>0,05$) entre cultivares.

Palabras claves: verdeos invernales, degradación ruminal.

Summary

The objective of this study was to evaluate dry matter (DM) rumen degradation kinetics of cultivars (cvs) of small grain pastures. Cultivars were: avena (*Avena sativa* L.) cv Don Víctor, avena (*Avena byzantina* C. Koch) cv Millauquén, cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv Uñaiché, centeno (*Secale cereale* L.) cvs Choiqué y Naicó, tricepiro (*Triticum x Secale x Thinopyrum*) línea 3/40 y triticale (*XTriticosecale* Witt.) cvs Don Norman y Tehuelche. Each plot was cut four times, on the following dates: June 7th, August 12th, September 30th and November 30th. The harvested forage, dried and milled, was incubated in the rumens into suspended nylon bags. Three Holstein-Freisian steers, fitted with permanent rumen canulae were used in the experiment. Animals were fed on *ad libitum* alfalfa hay and water. Rumenal degradability

¹ Cátedra de Ecología Vegetal, Facultad de Agronomía UNLPam, CC 300, 6300 Santa Rosa, La Pampa.

was estimated using DM rate of disappearance, through an exponential model $p = a + b(1 - \exp(-cb))$. Data were compared by ANOVA, under a split-plot design. Treatment mean were separated using Tukey's test ($\alpha=0.05$). Most differences between cultivars in effective degradability were given by differences in the soluble:insoluble potentially degradable fractions ratio, and due to different fractional rates of degradation. Non-degradable fraction was similar ($p>0.05$) between cultivars.

Key words: small grain pastures, ruminal degradation.

Introducción

En la Región Pampeana Semiárida, la oferta forrajera -desde fines de otoño a principios de primavera- se ve limitada por el efecto de la sequía y las frecuentes e intensas heladas, que limitan el crecimiento de las pasturas perennes. Los verdeos invernales, por lo tanto, se constituyen en un recurso indispensable para disminuir el desequilibrio estacional en la producción de forraje. Durante los últimos años, se han producido aportes al conjunto de cultivares disponibles, principalmente en lo que respecta a triticales, tricepiros y avenas (Covas, 1976; Covas y Frecentese, 1982; Cairnie, 1984; Frecentese y Covas, 1984; Tomaso, 1990). Por otro lado, la información sobre valor nutritivo y alimenticio de estos materiales es escasa. Sin embargo, existen evidencias que prueban diferencias en las ganancias diarias de peso vivo entre especies de verdeos invernales (Hernández y Gonella, 1986; 1989).

En condiciones de pastoreo, el consumo de forraje puede ser más importante que la digestibilidad en determinar la productividad potencial de los animales (Minson, 1990). Uno de los principales atributos de la técnica de la degradación *in sacco* o bolsa de nylon es la de permitir estimar la tasa de degradación

(Weakley, Stern y Satter, 1983). Orskov y Ryle (1990) han enfatizado sobre el cálculo de la misma, ya que ésta puede ser importante en la determinación del consumo. Por otro lado, Mertens y Ely (1982) sugieren que la digestibilidad y el consumo podrían estar más asociados a la extensión de la degradación (fracción degradable disponible en rumen), que la tasa a la cual se degrada un alimento.

La técnica de la degradación *in sacco* permite cuantificar las fracciones soluble, indegradable y potencialmente degradable, así como la tasa a la cual es degradado un alimento (Mehrez y Orskov, 1977). El objetivo de este estudio fue evaluar la cinética de la degradación ruminal de la materia seca (MS) en cultivares (cvs) de verdeos invernales, incubados en bolsa de nylon en rumen de bovinos, en cuatro fechas de corte.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en las instalaciones de la Facultad de Agronomía (UNLPam) (36°46'S, 64°16'W, 210 msnm). El forraje provino de parcelas sembradas el 15 de marzo de 1989, con los siguientes verdeos invernales: avena (*Avena sativa* L.) cv Don Víctor, avena amarilla (*Avena byzantina* C. Koch) cv Millauquén INTA, cebada

(*Hordeum vulgare* L.) cv Uñaiché INTA, centeno (*Secale cereale* L.) cvs Choiqué INTA y Naicó INTA, tricepiro (*Triticum* x *Secale* x *Thinopyron*) línea 3/40 y triticale (*XTriticosecale* Witt.) cvs Don Norman y Tehuelche INTA. Las muestras se extrajeron mediante corte manual a 6 cm sobre el nivel del suelo, cada vez que uno o más cultivares alcanzaron una altura del canopeo de 25 cm, totalizando 4 cortes, correspondientes a las fechas 7 de junio, 12 de agosto, 30 de setiembre y 30 de noviembre. El forraje fue secado en estufa de circulación forzada a 65°C hasta peso constante y molido con malla de 1 mm. Se conformó una muestra compuesta para cada cv en cada fecha de corte, a partir de cuatro repeticiones.

Se utilizaron tres novillos Holando-argentino con fistula ruminal, previo período de acostumbramiento de siete días, alimentados con heno de alfalfa y agua a voluntad. Se incubaron bolsas de nylon *in sacco* (tamaño de poro: 50 μm), manteniéndose una relación de 10 mgMS cm^{-2} de superficie efectiva, de acuerdo a lo sugerido por Lindberg (1985). Las bolsas fueron atadas con hilo plástico (del tipo usado en línea de pesca) y sujetas a una cuerda de 1 m de longitud. Los tiempos de incubación fueron de 72, 48, 24, 12, 8, 4 y 2 h, utilizando dos bolsas para cada cultivar en cada animal/tiempo y extraídas simultáneamente. El lavado se efectuó con máquina de lavar con recambio de agua durante 1 h, luego fueron secadas en estufa a 65°C durante 72 h y pesadas. La tasa de

desaparición de la materia seca de la bolsa de nylon, fue el criterio utilizado para calcular la degradabilidad. Para describir este proceso se ajustó un modelo exponencial $p = a + b(1 - \exp(-ct))$, propuesto por Orskov y McDonald (1979). En esta ecuación p es la degradación al tiempo (t) y a , b y c son constantes. La interpretación biológica de los parámetros obtenidos indica que: a : estima el material soluble, b : el material insoluble potencialmente degradable y c : la tasa de degradación, $a+b$: representa la degradabilidad potencial. Este último valor puede ser comparado con la digestibilidad *in vivo* (Orskov, Reid y Kay, 1988). La estimación de la fracción soluble (a') en buffer se realizó de acuerdo a lo propuesto por Madsen y Hvelplund (1985). Se incubaron bolsitas con muestra durante 15 minutos en una solución buffer mantenida a 38°C. Durante la incubación se impuso a las bolsitas un movimiento alternativo de 40 ciclos minuto^{-1} . La composición química de la solución buffer fue la siguiente: 0,46% NaHPO_4 , 0,98% NaHCO_3 , 0,06% KCl , 0,05% NaCl , 0,006% MgCl_2 , 0,004% CaCl_2 . Una vez finalizada la incubación en buffer, se siguió el mismo procedimiento ya descrito para las incubadas *in sacco*. La fracción insoluble potencialmente degradable fue recalculada a partir de $(a+b)-a' = b'$. La degradabilidad efectiva (DE) fue estimada ponderando los valores de desaparición de la materia seca de las bolsitas por una tasa de pasaje fijada previamente (8% h^{-1} para el 1° corte, 7% h^{-1} para el 2°, 6% h^{-1} para el 3° y 5% h^{-1} para el 4°). Para ello se utilizó

el modelo matemático propuesto por McDonald (1981). A partir de este modelo también se calculó el tiempo de retardo (L), de acuerdo a la expresión: $L = 1/c(b/a+b-a')$. El tiempo de retardo es una medida del tiempo transcurrido entre el ingreso de una partícula de alimento al rumen y el comienzo del proceso de digestión microbiana.

Los resultados fueron analizados mediante ANOVA, utilizando un diseño de parcelas divididas (Steel y Torrie, 1960), con arreglo en bloques (animal) de la parcela mayor (C_v) y fecha de corte (FC) como subparcela. Las medias se compararon mediante el Test de Tukey ($\alpha=0,05$).

Resultados y discusión

Las variaciones entre fechas de corte de la DE y de las fracciones a' y b' y de $a'+b'$ mostraron diferencias entre cultivares (Interacción $FC \times C_v$; $p<0,05$) (Cuadro 1). La tasa de degradación y el tiempo de retardo difirió ($p<0,05$) entre cvs y FC .

En el Corte 1 avena cv Don Víctor presentó un valor de a' mayor ($p<0,05$) al resto de los cvs, y de DE mayor ($p<0,05$) que cebada, centeno cv Choiqué y triticale cv Don Norman. Los valores de DE en avena cv Millauquén, centeno cv Naicó, tricepiro y triticale cv Tehuelche fueron intermedios (Cuadro 1).

La DE en el Corte 2, en avenas, tricepiro y triticales fue mayor ($p<0,05$) que en cebada y centeno cv Choiqué, mientras que centeno cv Naicó registró un valor intermedio. La

fracción a' en avenas y tricepiro fue mayor ($p<0,05$) que en cebada y centenos. La fracción b' en avenas fue menor ($p<0,05$) e intermedia para tricepiro y triticale cv Tehuelche (Cuadro 1).

En el Corte 3 la DE y fracción a' en avenas fue mayor ($p<0,05$) que en cebada cv Uñaiché, centenos y triticale Tehuelche; además, la fracción a' de los cvs de avena superó ($p<0,05$) a triticale cv Don Norman. La fracción b' de los cvs de avena fue menor ($p<0,05$) que la de centenos, cebada y triticales. Los valores de $a'+b'$ fueron similares ($p>0,05$) entre cvs en los tres primeros cortes (Cuadro 1). Ello sugiere que las diferencias en DE fueron debidas fundamentalmente a distintas relaciones entre la fracción soluble y fracción insoluble potencialmente degradable. La DE en el Corte 4 en cebada fue superior ($p<0,05$) que en avena cv Don Víctor, centenos, tricepiro y triticale cv Don Norman (Cuadro 1).

La DE de avenas y tricepiro en general fue mayor. En los cvs de avena ello estaría explicado por un contenido mayor en fracción a' ; mientras que en tricepiro, se debería a una mayor tasa en la degradación de la fracción b' .

La tasa de degradación de la materia seca en tricepiro fue de 0,0956, la cual fue más rápida ($p<0,05$) en 19, 23, 24 y 27% que en avena cv Don Víctor, cebada, centeno cvs Naicó y Choiqué, respectivamente (Cuadro 1). El triticale cv Tehuelche presentó un tiempo de retardo mayor ($p<0,05$) que centeno cv Choiqué

(Cuadro 1). Las diferencias en la tasa de degradación podrían ser atribuidas a la estructura morfológica de los tejidos (Brazle y Harbers, 1977; Akin, 1989). Wilson (1993) sugiere que la accesibilidad física de la pared celular para los microbios ruminales podría ser un problema tanto o más importante que la lignificación de las mismas. Aunque no han sido medidas hasta el presente, la composición y proporción de los distintos tejidos entre los cultivares de verdeos evaluados podrían ser las razones que provocan las diferencias encontradas. Si bien los contenidos celulares se consideran altamente digestibles (Van Soest, 1982), las paredes celulares presentan susceptibilidades muy variables a la digestión microbiana ruminal, intrínsecas a cada tejido, variando desde 0% para xilema a 100% en tejido parenquimático (Akin, 1993). Las diferencias en accesibilidad y digestión potencial de las paredes celulares afectarían, por lo tanto los parámetros medidos en este estudio. La velocidad de hidratación influye sobre la accesibilidad de la pared celular a la digestión microbiana y por lo tanto sobre el tiempo de retardo, ya que las enzimas microbianas sólo pueden actuar en un medio acuoso (Hooper y Welsch, 1985; Miller y Hobbs, 1994). La susceptibilidad a la digestión de los tejidos afectaría la tasa y degradabilidad del material incubado (Mertens, 1977).

La DE calculada a partir de los parámetros de degradación (tiempo de

retardo, solubilidad, tasa de digestión, digestión potencial), resume la información obtenida y tiene importancia productiva. Una mayor DE puede promover una rápida desaparición de la materia seca del rumen, un menor llenado ruminal y en consecuencia un mayor consumo.

Evaluaciones *in vivo* pueden ser necesarias para determinar si las diferencias en las características de la degradación se traducen en diferencias en la digestibilidad y consumo voluntario.

Conclusiones

En general, las diferencias en DE entre cvs se correspondieron a diferencias en la relación entre la fracción soluble y la fracción insoluble potencialmente degradable, y a diferencias en la tasa fraccional de degradación, resultando la fracción indegradable similar entre cultivares de verdeos invernales

Agradecimientos

Los autores agradecen a los Med. Vet. Margarita Busetti y Daniel Bedotti, quienes colocaron las cánulas ruminales y al Sr. Juan Américo Rodríguez, quien colaboró durante el trabajo experimental. Además, los autores desean agradecer las sugerencias aportadas por tres revisores anónimos.

Cuadro 1: Valores de solubilidad en buffer, parámetros de la degradación de acuerdo a la ecuación $p = a+b(1-\exp(-ct))$ y degradabilidad efectiva de la materia seca en cultivares de verdes invernales, incubados en bolsitas en el rumen de bovinos.

Variable	Corte	Cv1	Cv2	Cv3	Cv4	Cv5	Cv6	Cv7	Cv8
g/100 g MS									
a⁽¹⁾	I	56,6a	51,0bc	46,6d	47,2cd	52,0b	49,8bcd	48,7bcd	51,7b
	II	50,0ab	51,9a	43,0cd	42,6d	44,8cd	49,2ab	46,5bcd	47,1bc
	III	53,0a	52,1a	46,2bcd	42,5de	40,0e	49,1ab	46,9bc	44,0cde
	IV	35,6ab	37,5a	32,5bc	32,8bc	33,5abc	31,4c	32,0bc	33,0bc
	Media:	48,8	48,1	42,1	41,3	42,6	44,9	43,5	43,9
b⁽²⁾	I	40,1c	44,1bc	49,8a	46,2ab	43,0bc	45,1abc	44,7abc	41,8bc
	II	43,9b	44,0b	52,2a	51,5a	50,1a	46,9ab	50,3a	48,7ab
	III	39,0c	38,7c	46,7ab	48,4a	51,7a	48,2bc	46,8ab	47,9ab
	IV	50,0a	50,9a	49,2ab	40,6cd	39,5d	43,8bcd	45,5abc	47,6ab
	Media:	43,3	44,5	49,5	46,7	46,0	44,7	46,8	46,5
a'+b'	Y	96,8a	95,1a	96,5a	93,3a	95,0a	95,0a	93,4a	93,5a
	II	93,9a	95,9a	95,2a	94,0a	94,9a	96,0a	96,8a	95,7a
	III	92,0a	90,9a	92,8a	91,0a	91,7a	92,0a	93,7a	91,9a
	IV	85,6ab	88,4a	81,7bc	73,5d	73,0d	75,2d	77,5cd	80,7bc
	Media:	92,1	92,6	91,5	87,9	88,6	89,5	90,3	90,5
DE⁽³⁾	Y	76,2a	73,4ab	70,7b	70,6b	73,7ab	73,3ab	71,5b	72,6ab
	II	69,8a	70,3a	64,5b	65,7b	67,6ab	70,9a	69,5a	70,2a
	III	74,7a	73,2a	69,2bcd	65,5de	64,5e	72,6ab	72,0abc	68,5cd
	IV	52,2bcd	55,6ab	57,0a	50,8cd	50,3d	52,5bcd	52,6bcd	53,8abc
	Media:	68,2	68,1	65,4	63,1	64,0	67,3	66,4	66,3
c⁽⁴⁾	Media:	0,0801b	0,0813ab	0,0777b	0,0752b	0,0771b	0,0956a	0,0863ab	0,0878ab
L⁽⁵⁾	Media:	2,10ab	2,13ab	2,33ab	1,39b	1,64ab	2,09ab	1,75ab	2,28a

Cv1: Avena Don Víctor, Cv2: Avena Millauquén, Cv3: Cebada Uñaché, Cv4: Centeno Choiqué, Cv5: Centeno Naicó, Cv6: Tricepiro I. 3/40, Cv7: Triticale Don Norman, Cv8: Triticale Tehuelche.

⁽¹⁾ solubilidad en buffer.

⁽²⁾ $b' = (a+b)-a'$, donde a = fracción soluble, rápidamente degradable; b = fracción insoluble potencialmente degradable; a' = definido en (1).

⁽³⁾ $DE = a'+b*c/(c+k)*\exp(-(c+k)*L)$, donde DE = degradabilidad efectiva; a' y b = definidos anteriormente; c = tasa de degradación de la fracción b ; k = tasa de pasaje; L = tiempo de retardo.

⁽⁴⁾ tasa de degradación de la fracción b .

⁽⁵⁾ $L = 1/c(b/a + b-a')$, donde L , c , b , a y a' definidos anteriormente.

CV %: a' : 3,56; b' : 4,55; $a'+b'$: 2,26; DE : 2,16; c : 24,01; L : 32,06.

Para un mismo corte, medias seguidas con letras iguales no difieren ($p>0,05$) entre cultivares.

Bibliografía

- AKIN, D.E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agron. J.* **81**:17-25.
- 1993. Perspectives of cell wall biodegradation. *In*: Jung, H.G.; Buxton, D.R.; Hatfield, R.D. y Ralpheds, J. (eds.). Forage cell wall structure and digestibility. ASA, CSSA, SSSA, USA.
- BRAZLE, F.K. y HARBERS, L.H. 1977. Digestion of alfalfa hay observed by scanning electron microscopy. *J. Anim. Sci.* **46**:506-512.
- CAIRNIE, A.G. 1984. Triticale: verdeo invernal con buenas características para la zona semiárida. Informativo EERA Anguil **82**:2-3.
- COVAS, G. 1976. Tricepiro: un nuevo verdeo que involucra al trigo, centeno y agropiro. Informativo EEA Anguil **68**:5-7.
- y FRECENTESE, M.A. 1982. Dos nuevos cultivares de triticale forajero para la región semiárida. Informativo EEA Anguil **80**:1-3.
- FRECENTESE, M.A. y COVAS, G. 1984. Comportamiento de nuevos verdeos en la región pampeana semiárida. Informativo EEA Anguil **82**:3-4.
- HERNANDEZ, R.A. y GONELLA, C.A. 1986. Verdeos invernales para el nor-oeste de la provincia de Buenos Aires. Boletín Técnico Informativo. EEA Villegas **2**:6-9.
- y GONELLA, C.A. 1989. Evaluación de verdeos invernales. Boletín Técnico Informativo. EEA General Villegas **7**:3-7.
- HOOPER, A.P. y WELSCH, J.G. 1985. Effects of particle size and forage composition on functional specific gravity. *J. Dairy Sci.* **68**:1181-1188.
- LINDBERG, J.E. 1985. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the *in sacco* technique and various *in vitro* methods: A review. *Acta Agric. Scand.* **25**:64-97.
- MADSEN, J. y HVELPLUND, T. 1985. Protein degradation in the rumen. A comparison between *in vivo*, nylon bag, *in vitro* and buffer measurements. *Acta Agric. Scand.* **25**:103-124.
- McDONALD, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.* **96**:251-252.
- MEHREZ, A.Z. y ORSKOV, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.* **88**:645-650.
- MERTENS, D.R. 1977. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Federation Proc.* **36**:187-192.
- MERTENS, D.R. y ELY, L.O. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization - a dynamic model evaluation. *J. Anim. Sci.* **54**:893-905.
- MILLER, J.R. y HOBBS, N.T. 1994. Effect of forage hydration on lag time during *in vitro* digestion of meadow hay. *Grass and Forage Sci.* **49**:107-110.
- MINSON, J.M. 1990. Ruminant production and forage nutrients. *In*: Cunha, T.J. (eds.). Forage in ruminant nutrition. CSIRO St. Lucia, Queensland, Australia. pp 1-8.
- ORSKOV, E.R. y McDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Camb.* **92**:499-503.

- ORSKOV, E.R., REID, G.W. y KAY, M. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Anim. Prod.* **46**:29-34.
- ORSKOV, E.R. y RYLE, M. 1990. Energy nutrition in ruminants. Elsevier Applied Sci., London, New York, 149 p.
- STEEL, R.G. y TORRIE, J.H. 1960. Principles y procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. 481 p.
- TOMASO, J.C. 1990. Avena Millauquén INTA. EEA Bordenave, INTA. Circular de extensión N° 28.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, Oregon. O y B Books Inc. 373 p.
- WEAKLEY, D.C., STERN, M.D. y SATTER, L.D. 1983. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. *J. Anim. Sci.* **56**:493-507.
- WILSON, 1993. Organization of forages plant tissues. *In*: Jung, H.G.; Buxton, D.R.; Hatfield, R.D. y Ralpheds, J. (eds.). Forage cell wall structure and digestibility. ASA, CSSA, SSSA, USA.