

Estudio de caso: degradabilidad de la materia seca y nitrógeno del lotus (*Lotus subbiflorus*) cv. El Rincón en tres cortes primaverales

*Case study: forage in situ dry matter and nitrogen degradability of lotus (*Lotus subbiflorus*) cv. El Rincón harvested on three dates during growth spring*

Trujillo¹, A.I., Marichal¹, M. de J., Guerra¹, M.H., y Soca², P.
Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal y Pasturas

Resumen

Se evaluó la desaparición de la materia seca (DMS) y la cinética de la degradación de la materia seca (MS) y del nitrógeno (N), de *Lotus subbiflorus* cv El Rincón en 3 momentos (18 de octubre, C1; 12 de noviembre, C2 y 4 de diciembre, C3 del 2007) en INIA Treinta y Tres, Uruguay. Las plantas se encontraban en estado vegetativo (C1 y C2) y reproductivo (C3). La DMS y la cinética se estimaron incubando forraje en bolsas sintéticas (10 x 5 cm; tamaño del poro $50 \pm 15 \mu\text{m}$; 12 mg forraje/cm²) en el rumen de dos ovinos canulados consumiendo heno de alfalfa. La DMS se estimó para plantas enteras (PE), hojas (H) y tallos (T) incubados 48h. La cinética se estudió en muestras de PE incubadas 2, 4, 8, 12, 24, 48, y 72 h en dos períodos consecutivos. De C1 a C3 la relación H:T cambió de 2 a 0,6; en PE, H y T, aumentó la FDN_{mo} y la FDN_{mo}, y disminuyó la PB. Asimismo, la DMS disminuyó (75 a 66%, 92 a 85% y 70 a 59%, para PE, H y T, respectivamente) siendo siempre DMS mayor en H que en T. De C1 a C3, no se modificó la fracción soluble (FS) de la MS (33%), disminuyendo la fracción potencialmente degradable (FPD) (51 a 31%), incrementándose la tasa de degradación (kd) (7% a 11%/h), y detectándose un tiempo de retardo en el inicio de la digestión en C3 (4h). En los dos primeros cortes la cinética de degradación del N no varió; en C3, FS aumentó (25 a 39%), FPD disminuyó (60 a 31%), y kd no varió (7%/h). Durante el crecimiento primaveral puede variar el aporte de energía disponible para los animales así como la cantidad y disponibilidad de las fracciones proteicas de la especie estudiada.

Palabras clave: composición química, degradabilidad, lotus subbiflorus, nitrógeno.

Summary

Lotus subbiflorus cv. El Rincón is an annual winter legume widely used in extensive grassland management systems in Uruguay. However, there is not much information related to its nutritive value. This study was performed to assess the dry matter disappearance (DMD), and DM and N degradation kinetics of *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón grown in the Experimental Station of the Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria in Treinta y Tres (33°S, 54°W), Uruguay. Pasture was hand (scissor) harvested at ground level in spring 2007 (October 18, November 12,

Recibido: septiembre de 2008

Aceptado: diciembre de 2009

1. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal y Pasturas, Montevideo – Uruguay. Avda. E. Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: anatruijster@gmail.com

2. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal y Pasturas, Paysandú – Uruguay.

and December 4; C1, C2, and C3, respectively) when plants were in vegetative (C1 y C2) and reproductive (C3) stages. DMD and rumen kinetics were estimated by incubating dried forage samples (60°C) in synthetic bags (10 x 5 cm; pore size $50 \pm 15 \mu\text{m}$; 12 mg DM/cm^2) in the rumen of two weathers fed alfalfa hay. DMD was estimated for whole plants (WP), leaves (L), and stems (S) by placing bags 48 h in the rumen. Additionally, forages were incubated 2, 4, 8, 12, 24, and 48, y 72 h in two consecutive periods to study DM and N kinetics. From C1 to C3, L: S ratio varied from 2 to 0.6, and in WP, L and S, NDFom and ADFom increased while CP decreased. DMD was also reduced from C1 to C3 (75 to 66%, 92 to 85% and 70 to 59%, for WP, L and S, respectively). DMD values for L were always higher than for S. The DM soluble fraction (SF) did not differ from C1 to C3 (33%), the potentially degradable fraction (PDF) decreased (51 to 31), the rate of degradation (kd) increased (7% to 11%/h), and a lag time (4h) was detected in C3. In C2 and C3, N degradation kinetic did not differ; in C3, SF increased, (25 to 39%), PDF decreased (60 to 31%), and kd was similar (7%/h). Along the spring season, forage from *Lotus subbiflorus* cv El Rincón may differ in energy availability for animals as well as the amount and quality of the protein fractions.

Key words: chemical composition, lotus subbiflorus, degradability, nitrogen.

Introducción

El *Lotus subbiflorus* cv El Rincón es una leguminosa forrajera anual invernal, muy promisoría para mejoramientos extensivos en cobertura ya que se adapta a un amplio rango de suelos, siendo en los suelos superficiales ácidos y de baja fertilidad donde presenta ventajas comparativas importantes frente a otras leguminosas (Ayala y Bermudez, 2001). Esta especie, ampliamente difundida en las zonas ganaderas del Uruguay, presenta una excelente aptitud colonizadora y de persistencia debido a su gran capacidad de semillazón y de resiembra a través del tracto digestivo de los animales (Asuaga, 1994; Risso y Carámbula, 1998). El aporte de forraje es bajo en otoño-invierno, y presenta una marcada producción estacional de agosto a diciembre equivalente a la producción de *Lotus corniculatus* pero menor al *Lotus pedunculatus* cv. Maku (Ayala y Bermudez, 2001). El conocimiento de la disponibilidad de los nutrientes tanto a nivel de todo el tracto gastrointestinal como a nivel ruminal, y de sus variaciones a lo largo del ciclo de crecimiento, es clave para adecuar la asignación del forraje a las exigencias de los animales, a través de manejos estratégicos del forraje. Sin embargo, existen muy pocos antecedentes que aporten información acerca de los nutrientes contenidos y

su disponibilidad nutricional en esta especie y de su variación en el período de mayor aporte de forraje. Carámbula et al. (1994) y Risso et al. (1997) realizaron evaluaciones agronómicas de esta especie en varias regiones del Uruguay, y las compararon con otras especies de lotus. Los valores hallados por estos autores para *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón de proteína bruta (PB) en otoño-invierno y en primavera, y de fibra detergente ácida (FDA) en otoño-invierno, fueron 20, 17 y 27% respectivamente. Esta leguminosa presentaría características nutritivas semejantes al *Lotus corniculatus*; los valores de composición química del *L. subbiflorus* se ubican dentro de los rangos informados para *L. corniculatus* por varios autores (Marichal et al., 2009; Mieres, 2004; Formoso, 1993 y Hoffman et al., 1993), y los valores de digestibilidad de la materia orgánica (*in vitro*) observados para estas dos especies son también similares (57 y 58%, para *L. subbiflorus* y *L. corniculatus*, respectivamente; Carámbula et al., 1994).

El estudio de caso que se presenta aquí corresponde a un mejoramiento de un campo natural con *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón que constituyó uno de los tratamientos de oferta de forraje posparto de vacas de cría en un estudio de performance reproductiva.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el valor nutritivo del *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón, a través de su composición química y la degradabilidad de la materia seca y del nitrógeno durante el crecimiento primaveral en la zona de sierras de la Región Este del Uruguay.

Materiales y Métodos

Muestreo de la pastura

El forraje de *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón fue cosechado en un potrero del Campo Experimental "Palo a Pique" del INIA Treinta y Tres (33°S, 54°W del hemisferio Sur), sobre un suelo Arguidol típico donde había sido sembrado por avión en otoño del año 2001 a razón de 5 kg/ha de semilla con una fertilización inicial de 60 unidades de P y refertilizaciones anuales de 30 unidades de P.

La pastura fue muestreada el 18 de octubre (C1), el 12 de noviembre (C2) y el 4 de diciembre (C3) del 2007 con tijera manual a ras del suelo en un potrero de 60 ha. Se recolectaron 10 muestras de aproximadamente 1 kg de material fresco de *Lotus subbiflorus* en sitios (visiblemente no pastoreados) distribuidos uniformemente en la totalidad de la superficie del potrero. Al momento de los muestreos, la altura promedio de las plantas fue $30 \pm 7,4$ cm, y los estadios fenológicos identificados fueron: estado vegetativo (V; C1 y C2) y reproductivo (R; C3). En cada fecha de corte, con la totalidad del material cosechado se formó una muestra compuesta de la cual se seleccionaron al azar 100 tallos en los cuales se determinó altura, y se separó manualmente hojas, tallos, y cuando presentes, flores y vainas. El resto del material se reservó para los estudios de degradabilidad ruminal. Posteriormente, todos los materiales se pesaron en fresco, se secaron en estufa de aire forzado a 60°C y se molieron con un molino Whitley con malla 2 mm.

Degradación en el rumen

La materia seca (MS) desaparecida a las 48 h de incubación en el rumen, empleando la técnica de la bolsa de nylon descrita a conti-

nuación, fue considerada un estimador de la disponibilidad de la MS (DMS) en la totalidad del tracto (Weiss, 1994). La DMS se estimó en muestras de plantas enteras (PE), hojas (H) y tallos (T) que fueron incubadas en el rumen en dos períodos consecutivos (1bolsa/capón/período). La cinética de la degradación ruminal de la MS y el N se estudió en muestras de PE empleando la técnica de la bolsa de nylon (Ørskov y McDonald, 1979). Las muestras (1,8 g de MS) se incubaron en bolsas sintéticas (10 x 5 cm; tamaño del poro $50 \pm 15 \mu\text{m}$; 12 mg forraje/cm²) durante 2, 4, 8, 12, 24, 48, y 72 h en dos periodos consecutivos (1bolsa/capón/período). Para ello se emplearon dos ovinos Corriedale machos castrados con cánulas permanentes de rumen. Los animales recibieron diariamente 1,5 kg de MS heno de alfalfa de buena calidad (17% PB, 42% fibra detergente neutro en la materia orgánica, FDNmo) distribuidos en dos porciones iguales (8:00 y 17:00 h), tuvieron acceso libre a agua de bebida y sales minerales, y fueron tratados de acuerdo a los criterios de buenas prácticas de laboratorio establecidos en la Ordenanza sobre uso de animales en experimentación, docencia e investigación Universitaria (Diario Oficial, 2000).

Las bolsas conteniendo las muestras fueron introducidas todas juntas en el rumen, luego de la comida de la mañana, y retiradas en los tiempos correspondientes. Adicionalmente, se incubaron (1 bolsa/capón/período) muestras de las fracciones H y T por 48 h para estimar la desaparición del N. Previo a su incubación, todas las bolsas fueron inmersas en agua tibia (39°C, 15 min.). Inmediatamente luego de su extracción del rumen, las bolsas se colocaron en agua fría con hielo, se almacenaron (-20°C), se lavaron (3 veces) en lavarropa automático (30 litros, 30 bolsas por ciclo de lavado, 3 min., programa de lavado suave), se secaron en estufa de aire forzado (60°C, 48 h), y se pesaron. En todos los materiales que se incubaron (PE, H y T de todos los cortes), 4 bolsas por material no se incubaron en el rumen, se manipularon como las incubadas, y se emplearon para estimar las fracciones solubles (tiempos cero).

La DMS de PE, H y T, se calculó como: (MS incubada – MS residuo 48h de incubación) / MS incubada. La desaparición del N a las 48 h de incubación ruminal se calculó en forma análoga a la DMS, pero afectando los materiales iniciales y finales por los respectivos contenidos de N. Para las PE se calculó la degradabilidad efectiva a cuatro tasas de pasaje (2, 4, 6 y 8%/h) y los parámetros de la cinética de la degradación para las variables MS y N. Los parámetros de la cinética se estimaron a partir del ajuste de los valores de desaparición ruminal de la MS y el N en el tiempo, a los modelos exponenciales de Ørskov y McDonald, 1979 (modelo 1 sin tiempo de demora de inicio de la digestión) y Dhanoa, 1988 (modelo 2 con tiempo de demora de inicio de la digestión) usando el PROC NLIN con el método Marquardt del SAS (2001). Los modelos 1 y 2, son respectivamente $D = FS + FPD \times (1 - e^{-kdt})$, y $D = FS + FPD \times (1 - e^{-kd(t-L)})$. Los parámetros presentados son aquellos estimados con el modelo con mayor r^2 . La degradabilidad efectiva se calculó usando la ecuación $DE = FS + [FPD \times (kd/(kd + kp))] \times e^{-kpL}$. En las ecuaciones anteriormente presentadas, D es desaparición (MS o N) en el rumen luego de t horas, DE es la degradabilidad efectiva, FS la fracción soluble (%), FPD la fracción potencialmente degradable (%), kd la tasa de desaparición de FPD (%/h), kp la tasa de pasaje (%/h) y L tiempo de demora de inicio de la digestión (lag time, horas).

Análisis químico

En muestras de PE, H y T, se determinó MS por secado a 105° C, cenizas, nitrógeno total (N, Kjeldahl utilizando standard Lisina; PB= N \times 6,25) según AOAC (1990), fibra detergente neutro (FDNmo, sin sulfito ni alfa amilasa) y fibra detergente ácido (FDAmo) fueron determinadas con tecnología Ankom en forma secuencial y corregidas por cenizas residuales según Van Soest et al. (1991). Adicionalmente, N insoluble en detergente neutro (NIDN) y N insoluble en detergente ácido (NIDA) fueron determinados de acuerdo a Van Soest et al. (1991). Una vez que las bolsas incubadas se

pesaron, los residuos correspondientes a los dos periodos se unieron para obtener una muestra por capón y por tiempo de incubación. En cada una de esas muestras se cuantificó el contenido de N total (Kjeldahl).

Resultados y Discusión

Composición química

La composición morfológica de las plantas se modificó de la primera a la última fecha de cosecha, incrementándose de C1 a C3 la proporción de T (33 a 50%), disminuyendo la proporción de H (67 a 29%) y detectándose la presencia de flores (7%) y de vainas (14%) en C3. Estos cambios morfológicos se manifestaron en la composición química de las PE. De C1 a C3, el contenido de MS se duplicó y el contenido de PB disminuyó un 20%. No se apreciaron diferencias en los contenidos de FDNmo y FDAmo en C1 y C2, incrementándose estas fracciones (15 y 16% para FDNmo y FDAmo, respectivamente) entre estos cortes y C3 (Cuadro 1). En todos los cortes, las H presentaron mayores contenidos de PB, y menores de FDNmo y FDAmo que los T, disminuyendo el contenido de PB de H y T (6 y 17%, respectivamente), e incrementándose el contenido de FDNmo y FDAmo (37 y 18% y 27 y 18%, para FDNmo y FDAmo de H y T, respectivamente) al pasar del corte C1 al corte C3 (Cuadro 1). Las variaciones observadas en H y T pueden explicar las diferencias en composición química de las PE.

Las concentraciones de PB, FDNmo y FDAmo informados en este trabajo se encuentran dentro del rango de valores de *Lotus cv subbiflorus* Rincón muestreado en 2 años sucesivos durante la misma estación de crecimiento (15 a 21, 38 a 51 y 26 a 38% de PB, FDNmo y FDAmo, respectivamente; Marichal et al., datos inéditos). Asimismo los valores de PB y FDAmo fueron próximos a los valores presentados por Carámbula et al., 1994 (20% PB y 27,2% de FDA, promedio para el período otoño-invernal) y por Risso et al., 1995 (17% PB de una cobertura con 95% de Lotus Rincón en primavera).

Cuadro 1: Estado fenológico y composición química (base seca) durante crecimiento primaveral del *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón.

Table 1: Chemical composition (dry matter basis) and phenological stages during spring growth of *Lotus subbiflorus* cv El Rincón.

	C1 ¹	C2 ¹	C3 ¹
Estado Fenológico	Vegetativo	Vegetativo	Reproductivo
Composición química ² (%)			
Planta entera			
Materia Seca	14,0	17,5	29,4
Materia Orgánica	92,9	91,6	93,1
Proteína Bruta	21,4	19,3	17,0
Fibra Detergente Neutro ²	40,8	39,2	46,1
Fibra Detergente Ácida ²	31,8	30,3	36,0
Nitrógeno insoluble en detergente Neutro ³	23,7	23,4	47,8
Nitrógeno insoluble en detergente Ácido ³	7,5	9,3	10,5
Hoja			
Materia Orgánica	92,5	90,5	93,3
Proteína Bruta	24,0	22,7	22,6
Fibra Detergente Neutro ²	25,0	28,7	34,3
Fibra Detergente Ácida ²	18,1	21,2	22,9
Tallo			
Materia Orgánica	93,4	94,3	93,3
Proteína Bruta	13,3	10,1	11,0
Fibra Detergente Neutro ²	47,0	57,7	55,6
Fibra Detergente Ácida ²	37,4	45,8	43,9

¹ Fechas de corte: C1 octubre, C2 noviembre y C3 diciembre, ² Libre de cenizas, ³ % del N total

La disminución del contenido de PB y el aumento en los contenidos de FDNmo y FDAmo de las PE, de las fracciones H y T, pero en mayor grado de los tallos, al pasar de estado vegetativo a reproductivo concuerdan con lo informado por Van Soest (1994) para las leguminosas, y por otros autores para PE de la especie *Lotus corniculatus* (Hoffman et al., 1993). La disminución en la concentración de N y los incrementos en la concentración de las fracciones FDNmo y FDAmo al incrementarse las temperaturas ambientales que ocu-

rran al avanzar la época de crecimiento pueden deberse a la mayor actividad metabólica y enzimática de las plantas, provocando una disminución en la cantidad de metabolitos en el contenido celular (nitratos y proteína) y un aumento de los componentes de la pared celular (Van Soest, 1994).

La proporción de NIDN y NIDA de las PE se modificaron en las diferentes fechas de corte, el NIDN se incrementó (45%) de C2 a C3, mientras que el NIDA se incrementó en cada fecha de corte (24% de C1 a C2 y 13%

de C2 a C3) (Cuadro1). Los valores de NIDN reportados en este trabajo están dentro del rango de valores obtenidos (23 a 48% de la PB) para la misma especie durante el crecimiento primaveral (Marichal et al, datos inéditos), mientras que los valores de NIDA resultaron inferiores (9 vs 16% de la PB). Los aumentos observados en NIDN y NIDA están acordes con el incremento del contenido de pared celular ocurrido durante la estación de crecimiento (Sanderson y Wedin, 1989).

Desaparición de la materia seca en el rumen

Durante la primavera, la DMS de PE fue de media a alta (72,5%) decreciendo 13% al pasar de la primera a la última fecha de corte, y no difiriendo entre los dos primeros cortes (75%). En todas las fechas de corte, las H presentaron mayor DMS que los T, observándose una superioridad de 23 unidades de porcentaje en la DMS de las H frente a la de los T. En las hojas y en los tallos, la DMS disminuyó 7 y 11 unidades de porcentaje, respectivamente, de la primera a la última fecha de corte, mostrando una tendencia a disminuir del primer al segundo corte (92 y 88%, 70 y 65% para H y T, respectivamente) (Figura 1).

Los valores de DMS encontrados en este trabajo (75, 75 y 66%, para C1, C2 y C3 respectivamente), son superiores a los valores de digestibilidad *in vitro* de la MO observados por Carámbula et al. (1994) en Uruguay para la misma especie, en un periodo otoño-invernal (57,5%). Asimismo, parecerían superiores a los valores informados por Formoso (1993) para *L. corniculatus* en momentos del año similares (70, 69 y 58% en octubre, noviembre y diciembre, respectivamente), y a los publicados por Carámbula et al. (1994) para *L. corniculatus* (58%) y *L. pedunculatus* (49%) durante un periodo otoño-invernal. Los valores superiores encontrados en este trabajo frente a los informados por Carámbula et al. (1994) para esta especie, posiblemente respondan a la distinta estación del año considerada, a diferente tipo de suelo donde se evaluó la leguminosa y a diferentes condiciones de fertilización nitrogenada, y asimismo, a las técnicas empleadas en ambos casos para estimar la DMS.

La disminución de la DMS de la PE se puede relacionar a la evolución de la relación hoja: tallo (H:T), y a la composición química de las hojas y de los tallos en el transcurso del período de estudio. Los cambios observados

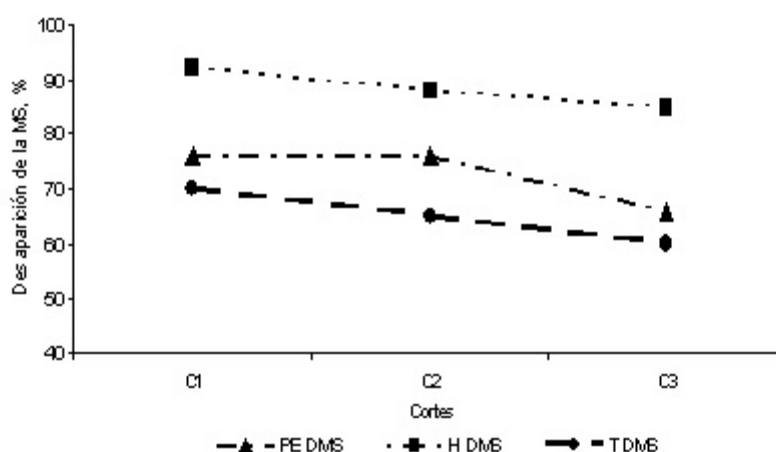


Figura 1: Desaparición de la MS (DMS) de las plantas enteras (PE), hojas (H) y tallos (T) durante el crecimiento primaveral de *Lotus subbiflorus* cv El Rincón.

Figure 1: Dry matter disappearance (DMD) of whole plants (PE), leaves (H) and stems (T) components of *Lotus subbiflorus* cv El Rincón during spring growth.

en la DMS de la PE en el C3 podrían responder a la disminución de la relación H:T (2 a 0,6 del corte C1 al C3) y a la disminución de las DMS de los dos componentes morfológicos (Figura 1). Las reducciones de las DMS de estos últimos podrían responder al incremento en la cantidad (FDNmo) y a la disminución en calidad (FDAmo) de la pared celular (Cuadro 1), indicando una reducción de la proporción de los componentes altamente digestibles a medida que avanza la madurez del forraje (Buxton y Redfearn, 1997).

Cinética de la degradación de la materia seca

Del primer al tercer corte, la cinética de la degradación de la MS mostró variaciones en alguno de los parámetros estudiados. La proporción de FPD disminuyó (40%), y la tasa de degradación (kd) de FPD se incrementó (59%), mientras que la proporción de FS de la MS no varió al avanzar la temporada de crecimiento de las plantas. Asimismo, en el último corte, la dinámica de la desaparición de la MS manifestó un tiempo de retardo en el inicio de la digestión (4 h, Cuadro 2). Las variaciones observadas en la cinética de la degradación de la MS resultaron en un incremento de 74% de la fracción no degradable (FND= 100 - FS - FPD), y en una disminución de la degradabilidad efectiva (DE) de 10% del primer al último corte, cuando en su estimación se consideró una tasa de pasaje baja ($k_p = 2\%/h$). Estas últimas diferencias no se evidenciaron cuando en la estimación de DE se consideraron k_p mayores. Marichal et al. (datos inéditos) observaron valores en *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón (cosechado en octubre del 2006) de 36 y 42% de FS y FPD, respectivamente, y una tasa de degradación de la FPD de 13%/h. Estos datos son concordantes con el rango de valores de los parámetros de la degradación de la MS reportados en nuestro trabajo. El aumento en la fracción no degradable de la MS observada en este trabajo, es coincidente con los incrementos reportados por Carriquiry et al., 2007 (95%) y Hoffman et al., 1993 (135%) para la FND de la MO y de la MS de *Lotus corniculatus*, respectivamente, en similares momentos de cosecha.

El efecto combinado de la disminución de la relación H:T, y los incrementos de los contenidos de FDNmo y de FDAmo en tallos y hojas, pueden haber explicado la caída observada en la FPD de la MS y por lo tanto el incremento de la FNDmo. La detección de un tiempo de retardo en el inicio de la digestión en el corte C3, sugiere la presencia de componentes menos fermentescibles en la fracción potencialmente degradable de las plantas de este corte. Sin embargo, el incremento del k_d de la FPD observado en el corte C3 no es concordante con lo anteriormente expuesto, no encontrándose explicación para ello.

Cinética de la degradación del N

El avance en el estado de madurez del forraje, modificó algunos de los parámetros de la cinética de degradación del N en esta especie forrajera; sin embargo, las DE del N estimadas a varias tasas de pasaje (de 2 a 8%/h) fueron similares. En el corte C3, la FPD disminuyó (48 %) y la FS se incrementó (59%) con respecto a las FPD y FS de los cortes C1 y C2, respectivamente, los cuales no difirieron entre sí en ninguno de los dos parámetros (60 y 25% para FPD y FS, respectivamente). Lo anterior se manifestó en un incremento del 98% de la proporción de N no degradable al pasar del corte C1 al corte C3. Los valores de k_d del N no difirieron entre ninguno de los cortes siendo 7,4, 8,4 y 5,6 %/h para C1, C2 y C3, respectivamente.

En los cortes evaluados, los valores de desaparición de material nitrogenado en los tiempos ceros de incubación de las fracciones H y T, estuvieron cercanos a los valores de la FS de la planta entera, y mostraron la misma tendencia al avanzar la madurez. En hojas y tallos, los valores se incrementaron 115 y 47% de C1 a C3, respectivamente. En la fracción tallo, la desaparición del N de los dos primeros cortes no difirieron entre sí, mientras que en la fracción hoja, los valores fueron incrementándose en cada fecha de corte. A las 48 h de incubación, los valores de desaparición del N no difirieron entre los cortes, siendo siempre los valores presentados por los T menores a los de las H (89 vs. 77; Cuadro 3).

Cuadro 2: Cinética de la degradación ruminal y degradabilidad efectiva de la materia seca y del nitrógeno durante el crecimiento primaveral del *Lotus subbiflorus* cv El Rincón.

Table 2: Dry matter and nitrogen ruminal degradation kinetics and effective degradability of *Lotus subbiflorus* cv El Rincón during seasonal growth.

	C1 ¹	C2 ¹	C3 ¹
Parámetros de degradación de la MS			
FS ² , %	30,4	32,6	36,7
FPD ² , %	51,1 ^a	44,7 ^a	30,9 ^b
k _d ² , %/h	7,1 ^b	8,3 ^b	11,3 ^a
L ² , h	0	0	4,4
Degradabilidad efectiva de la MS (DE), %			
DE k _p ³ =2%/h	70,2 ^a	68,5 ^a	62,9 ^b
DE k _p ³ =4%/h	63,0	62,7	59,5
DE k _p ³ =6%/h	58,8	58,4	56,9
DE k _p ³ =8%/h	54,3	55,3	54,8
Parámetros de degradación del N			
FS ² , %	24,6 ^b	24,7 ^b	39,2 ^a
FPD ² , %	59,9 ^a	59,6 ^a	31,1 ^b
k _d ² , %/h	7,5	8,4	5,6
Degradabilidad efectiva del N (DE), %			
DE k _p ³ =2%/h	71,7	72,8	71,9
DE k _p ³ =4%/h	63,4	65,1	67,1
DE k _p ³ =6%/h	57,7	59,5	64,0
DE k _p ³ =8%/h	53,4	55,3	61,8

¹ Fechas de corte: C1: octubre, C2: noviembre y C3: diciembre ² Parámetros de la degradación de la MS y del N: FS: fracción soluble, FPD: fracción potencialmente degradable, k_d: tasa de degradación, L: tiempo lag ³ Tasa de pasaje utilizada para la estimación de la degradabilidad efectiva.

Cuadro 3: Desaparición *in situ* del N (0 y 48 h, %) de las fracciones hoja y tallo del *Lotus subbiflorus* cv El Rincón.

Table 3: N disappearance after *in situ* digestion (0 and 48 h, %) of leaves and stems components of *Lotus subbiflorus* cv El Rincón.

	C1 ¹	C2 ¹	C3 ¹
Desaparición <i>in situ</i> del N, %			
Hoja			
0 h	25,9	30,9	54,8
48 h	91,8	86,6	88,9
Tallo			
0 h	31,4	26,7	46,3
48 h	78,3	78,3	73,7

¹ Fechas de corte: C1: octubre, C2: noviembre y C3: diciembre.

Los parámetros de la cinética de degradación del N se compararon con valores encontrados en *Lotus corniculatus* ya que no se encontró en la literatura valores para la especie *subbiflorus*. Los valores de las DE del N encontrados en este trabajo, considerando una tasa de pasaje del 6%/h, se aproximan a los valores de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel (cosechado en similar época de crecimiento y estimados con la misma tasa de pasaje) observados por Carriquiry et al., 2007 (67 y 61% para los cortes de octubre y diciembre, respectivamente), y por Hoffman et al., 1993 (77 a 58% para plantas que pasaban de estado vegetativo a floración media). En este último trabajo, los valores de DE del nitrógeno en estado vegetativo (77%) y las altas tasas de degradación del N posiblemente respondan a condiciones de fertilización nitrogenada que no se asemejan a nuestras condiciones. Con respecto a los cambios ocurridos en la cinética de degradación a medida que aumenta la madurez del *Lotus corniculatus*, algunos autores (Carriquiry et al., 2007) no observaron diferencias en los parámetros de la cinética del N mientras que otros (Hoffman et al., 1993) mostraron diferencias en las tasas de degradación del N y muy poca variación en las fracciones FS y FPD.

En gramíneas cerealeras Coblenz et al. (2004) informan un incremento significativo de la degradabilidad del N en los primeros momentos de llenado del grano. Dado que en el corte C3 las plantas presentaban 14% de vainas y 7% de flores, el incremento de la FS del N (59%) en el último corte podría responder a una mayor concentración de proteínas intermediarias en el metabolismo fotosintético, en momentos de formación de las vainas y del llenado de grano. La formación de nuevas hojas y de tallos secundarios observados en las plantas del C3, también podrían explicar los incrementos de la FS ya que aumentan los valores de desaparición del N en los tiempos cero de incubación en hojas y tallos. Este aumento de la FS del N no se vio reflejado en aumentos de la FS de la MS de C1 a C3. Las condiciones climáticas de temperatura y de lluvias en el período evaluado no registraron fenómenos que pudieran contribuir

a explicar el incremento en el nitrógeno de la fracción soluble.

La disminución observada en la FPD del N, la cual se refleja en la disminución de la FPD de la MS puede responder a un aumento de los compuestos nitrogenados asociados a la pared celular, particularmente del N indigestible ligado a la pared celular.

La mayor proporción de N desaparecido a las 48 h en las hojas con respecto a los tallos, está de acuerdo con la función de estas estructuras en las leguminosas, en las cuales las hojas, en general, presentan una mayor actividad metabólica y enzimática que los tallos (Van Soest, 1994).

El corto período de evaluación de la pastura (octubre-diciembre), coincidente con el de mayor producción y actividad fotosintética de esta leguminosa anual, podría explicar que tanto las hojas como los tallos mantuvieran sus proporciones de N desaparecido a las 48 h a lo largo del período evaluado.

Conclusiones

Durante el período de crecimiento primaveral en que se estudiaron las plantas de *Lotus subbiflorus* cv El Rincón sembradas en un mejoramiento en la Región Este del país, la disminución de la DMS observada al final del período sugiere que la disponibilidad de energía para los animales podría disminuir. Paralelamente, se habría producido un cambio en las características de los compuestos nitrogenados de las plantas que se manifestaron en un incremento del N rápidamente disponible para la degradación ruminal y una disminución de la cantidad del nitrógeno potencialmente degradable. La evolución de la cinética de degradación de la MS y del N sugiere diferencias en la disponibilidad, y en la sincronía de liberación de N y de energía para la fermentación ruminal, por lo que el manejo del pastoreo a lo largo de la primavera podría requerir estrategias diferentes. Asimismo, sería necesario realizar estudios en esta área contemplando variabilidad en las condiciones agroecológicas y ambientales para tener una caracterización de la especie.

Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto "Estudio de la mejora en la eficiencia bioeconómica de la cría vacuna mediante la combinación de diferentes recursos genéticos y ofertas de forraje en pastoreo de campo natural", financiado por Fondos de Promoción de Tecnología Agropecuaria. Los autores desean expresar su agradecimiento por las colaboraciones brindadas a la Ing. Agr. PhD. G. Quintans del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INIA, Treinta y Tres) y Bach. Shirley Furtado, Ing. Agr. Gabriela Arias y Srta. Ana Miranda de la Facultad de Agronomía.

Bibliografía

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th.Ed) Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- Asuaga, A. 1994. *Lotus subbiflorus* cv El Rincón. A new alternative for extension Improvement of natural pastures. Proceeding of the First International Lotus Symposium. Eds. Beuselink y Roberts. pp 147-148.
- Ayala, W. y Bermudez, R. 2001. Caracterización productiva de mejoramientos de campo en base a Lotus El Rincón y Lotus Maku. *In: Jornada de Utilización de Mejoramientos de Campo en la Zona Este del País.* Rocha. Uruguay.
- Buxton, D.R. and Redfearn, D.D. 1997. Plant Limitations to Fiber Digestion and Utilization. *J. Nutr.* 127: 814S-818S.
- Carámbula, M., Ayala, W. y Carriquiry, E. 1994. *Lotus pedunculatus*. Adelantos sobre una forrajera que promete. Serie Técnica No. 45. INIA Treinta y Tres. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. 14p.
- Carriquiry, M., Trujillo, A.I. y Marichal, M. de J. 2007. Degradabilidad de la materia orgánica y del nitrógeno de leguminosas sembradas para pastoreo: I. Efecto del estado fenológico. *Arch. Latinoam. Prod. Animal* Vol 15(Supl 1). (PF 032).
- Cassida, K.A., Griffin, T.S., Rodriguez, J., Patching, S.C., Hesterman, O.B. and Rust, S.R. 2000. Protein degradability and forage quality in maturing alfalfa, red clover, and birdsfoot trefoil. *Crop Sci.* 40: 209-215.
- Coblentz, W., Coffey, K.P., Turner, J.E., Scarborough, D.A., Weyers, J.S., Harrison, K.F., Johnson, Z.B., Daniels, L.B., Rosenkrans Jr., C.F., Kellogg, D.W. and Hubbel, D.S. 2001. Ruminant disappearance from sod-seeded cereal grain forages in Northern Arkansas. *Anim. Feed Sci and Tech.* 89:17-32.
- Diario Oficial N° 25.467, Febrero 21 de 2000, 1440-C a 1444-C, carillas N° 64 a 68. Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales, Montevideo. Uruguay.
- Dhanao, M.S. 1988. On the analysis of dacron bag data for low degradability feeds. *Grass and Forage Sci.* 43:441- 443.
- Formoso, F. 1993. Lotus corniculatus. I. Performance forrajeras y características agronómicas asociadas. *In: Lotus corniculatus*. Serie Técnica No. 37. INIA La Estanzuela. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. pp 2-21.
- Hoffman, P., Sievert, S., Shaver, R., Welch, D. y Combs, S. 1993. *In situ* Dry Matter, Protein, and Fiber Degradation Perennial Forages. *J Dairy Sci* 76: 2632-2643.
- Marichal, M. de J., Carriquiry, M. y Trujillo, A.I. 2009. Tablas de Composición química, valor proteico y aporte energético de pasturas cultivadas 25-48 in Marichal, M.J.M (Ed). Facultad de Agronomía, Montevideo. Uruguay.
- Mieres, J. 2004. Guía para la Alimentación de los Rumiantes. Serie Técnica 142. INIA. Montevideo, Uruguay.
- Ørskov, E.R and McDonald, J. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92:499-503.
- Risso, D. y Carámbula, M. 1998. Lotus El rincón. Producción y utilización de los mejoramientos. Boletín de Divulgación. 65. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Montevideo. Uruguay. pp 1-32.
- Risso, D., Berretta, E. y Zarza, A. 1997. Caracterización de mejoramientos de campo utilizados con novillos de recría/engorde. INIA. Serie Actividades de Difusión 154 (La Carolina), Nov. 1997, pp25-32.
- Sanderson, M.A. and Wedin, W.F. 1989. Nitrogen in the detergent fibre fractions of temperate legumes and grasses. *Grass and Forages Science* 44: 159-158.

- SAS. 2001. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Van Soest, P.J., Roberston, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Van Soest, P. 1994 Ruminant Ecology of the Ruminant. Cornell University. New York. 374p.
- Weiss, W.P. 1994. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods *In: Fahey G.C. (Ed) Forage Quality, Evaluation and Utilization.* ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, pp. 644-681.