

Efecto de la edad de rebrote de *Lotus uliginosus* cv Maku sobre la digestibilidad post-ruminal de la proteína no degradable en rumen*

Leydi Quirama**, José Julián Echeverry Zuluaga***, Jaime Eduardo Parra Suescún****

Resumen

Introducción. La leguminosa *Lotus uliginosus* cv Maku es una forrajera de buen comportamiento productivo que se destaca por su aporte de proteína y contenido de taninos condensados que pueden mejorar el uso de la proteína en el intestino. **Objetivo.** Determinar la digestibilidad post-ruminal de la proteína no degradable en rumen (DPPNDR) de *Lotus uliginosus* cv Maku utilizando la técnica de la bolsa móvil de nylon sin predigestión en cerdos. **Materiales y métodos.** Se utilizaron tres vacas de raza Holstein dotadas con cánula ruminal y seis cerdos en fase de crecimiento de 35 kg. Los animales fueron alojados en corrales y/o jaulas independientes. Se emplearon tres edades de rebrote, las cuales conformaron cada uno de los tratamientos: T1:15, T2:30 y T3:45 días de rebrote, respectivamente. Los datos de desaparición de proteína cruda en bovinos y cerdos fueron analizados mediante un diseño estadístico de bloques al azar. **Resultados.** Para la variable degradabilidad ruminal y digestibilidad total de proteína cruda, el mayor valor obtenido ($P < 0,05$) fue para T1 (57,24 y 73,99 %, respectivamente). Sin embargo, no se observaron diferencias en la DPPNDR entre tratamientos ($P > 0,05$). **Discusión.** La cantidad total de proteína cruda degradada en T1 pudo deberse al efecto de la baja cantidad de fibra y de taninos en dicha leguminosa. **Conclusión.** El *Lotus uliginosus* cv Maku cosechado a los 15 días de rebrote es una buena alternativa para alimentar vacas lecheras en sistemas de producción de trópico alto en Colombia.

Palabras clave: cánula ruminal, cerdos en crecimiento, digestibilidad total, proteína cruda, técnica de la bolsa móvil de nylon

Effect of the *Lotus Uliginosus* cv Maku regrowth age on the post-ruminal digestibility of the protein that can not be degraded in rumen

Abstract

Intoduction. The *Lotus uliginosus* cv Maku legume is a forage plant with a good productive behavior. It is known because of its protein contribution and its content of condensed tannins, which can improve the use of the protein in the intestine. **Objective.** To determine the post-ruminal digestibility of the *Lotus uliginosus* cv Maku's protein that can not be degraded in rumen (DPPNDR) by the use of the mobile nylon bag technique with no pre-digestion in pigs. **Materials and methods.** Three Holstein cows, each one with a ruminal cannula, were used, and so were three 35 kg pigs in their growth stage. The animals were kept in corrals and/or independent cages. Three regrowth ages were used, and they conformed the treatments T1:15, T2:30 and T3:45 regrowth days, respectively. The data of raw protein disappearance in cows and pigs were analyzed by the use of a random blocks statistic design. **Results.** For the ruminal degradability variable and the total raw protein digestibility, the highest value obtained was that of T1 (57,24 and 73,99 %, respectively). Nevertheless, no differences were observed in the not degraded in rumen raw protein between treatments ($P > 0,05$). **Discussion.** The total quantity of raw protein degraded in T1 could be caused by the effect of the low fiber and tannins quantity in such a legume. **Conclusion.** The *Lotus uliginosus* cv Maku harvested after 15 days of regrowth is a good alternative to feed dairy cows in high tropic production systems in Colombia.

* Artículo derivado del proyecto de investigación "Comparación de tres métodos para estimar la digestibilidad intestinal de la materia seca y de la proteína no degradable en rumen, en bovinos de leche y cerdos en crecimiento". Trabajo de Investigación realizado entre septiembre 2009-marzo 2010. Proyecto financiado por DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES MEDELLÍN (DIME), Código Quipú 20101006716. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

** Zootecnista. UNAL de Colombia, sede Medellín.

*** Zootecnista, MSc Biotecnología Animal, PhD(c) Mejoramiento Animal; Profesor Auxiliar, Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias; Grupo BIOGEM.

**** Zootecnista, MSc Nutrición Animal, PhD(c) Nutrición Animal; Profesor Auxiliar, Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias; Grupo BIOGEM.

Correspondencia: Jaime E. Parra S. e-mail: jeparrasu@unal.edu.co

Artículo recibido: 14/09/2010; Artículo aprobado: 25/04/2011

Key words: ruminal cannula, growing pigs, total digestibility, raw protein, mobile nylon bag technique.

Efeito da idade de reincidência de *Lotus Uliginosus* cv maku sobre a digestibilidade pós-ruminal da proteína não degradável em rúmen

Resumo

Introdução. A leguminosa *Lotus uliginosus* cv Maku é uma máquina de bom comportamento produtivo que se destaca por seu aporte de proteína e conteúdo de taninos condensados que podem melhorar o uso da proteína no intestino. **Objetivo.** Determinar a digestão pós-ruminal da proteína não degradável em rumen (DPPNDR) de *Lotus uliginosus* cv Maku utilizando a técnica da bolsa móvel de nylon sem pré-digestão em porcos. **Materiais e métodos.** Utilizaram-se três vacas de raça Holstein dotadas com cânula ruminal e seis porcos em fase de cres-

cimento de 35 kg. Os animais foram alojados em pátios e/ou jaulas independentes. Se empregaram três idades de reincidência, as quais conformaram cada um dos tratamentos: T1:15, T2:30 e T3:45 dias de reincidência, respectivamente. Os dados de desaparecimento de proteína crua em bovinos e porcos foram analisados mediante um desenho estatístico de blocos a esmo. **Resultados.** Para a variável degradável ruminal e digestão total de proteína crua, o maior valor obtido ($P < 0,05$) foi para T1 (57,24 e 73,99 %, respectivamente). No entanto, não se observaram diferenças na DPPNDR entre tratamentos ($P > 0,05$). **Discussão.** A quantidade total de proteína crua degradada em T1 pôde dever-se ao efeito da baixa quantidade de fibra e de taninos em dita leguminosa. **Conclusão.** O *Lotus uliginosus* cv Maku colhido aos 15 dias de reincidência é uma boa alternativa para alimentar vacas leiteiras em sistemas de produção de trópico alto na Colômbia.

Palavras importantes: cânula ruminal, porcos em crescimento, digestão total, proteína crua, técnica da bolsa móvel de nylon.

Introducción

En condiciones tropicales, un elemento clave dentro de los sistemas de producción con rumiantes son los sistemas de alimentación, los cuales se basan principalmente en pasturas naturales o cultivadas¹. En Colombia, en los últimos años se ha venido implementando la utilización de leguminosas en el sistema de pastoreo, tomando mucha importancia como fuente alternativa de proteína suplemento de las gramíneas. Las leguminosas tienen altos contenidos de proteína y una gran capacidad para fijar nitrógeno, lo que las convierte en una de las alternativas para mitigar la limitante de disponibilidad de proteína². Debido a lo anterior, el *Lotus uliginosus* cv Maku parece ser una buena opción, ya que normalmente es rico en proteína cruda (PC), nitrógeno no proteico (NNP) y nitrógeno soluble (NS); además, presenta un buen desempeño al ser asociado con gramíneas de trópico alto como lo es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium sp.*). Sin embargo, la eficiencia de su utilización está sujeta al conocimiento de sus características nutricionales, donde los principales parámetros de evaluación son el contenido de nutrientes y la digestibilidad del material. Los actuales programas de formulación para ganado de leche diferencian entre la proteína cruda

degradable (PDR) y la no degradable en rumen (PNDR). La estimación de la digestibilidad post-ruminal de la proteína cruda no degradable en rumen (DPPNDR) para alimentos es un factor utilizado para mejorar la precisión de la medida de contribución que la PNDR hace al metabolismo de la proteína, y por tanto, la predicción de la respuesta animal³. Sin embargo, en la actualidad ha habido mucho énfasis en el desarrollo y estandarización de técnicas para la evaluación de alimentos en el nivel ruminal, pero es menor el desarrollo de técnicas en el nivel post-ruminal. Recientemente, ha habido gran interés en la utilización de otras especies animales para estimar la digestibilidad intestinal de la proteína para rumiantes⁴. El modelo animal no rumiante ha sido desarrollado para disminuir trabajo y costos⁵. En la literatura se ha reportado que los cerdos han sido utilizados exitosamente como modelo para determinar la DPPNDR⁶. Además, Loveday *et al.*⁷ y Villa *et al.*⁸ utilizaron la técnica *in situ* de la bolsa de nylon ruminal en combinación con la técnica *in vivo* de bolsa móvil de nylon en cerdos para determinar la DPPNDR de algunas materias primas, y encontraron resultados muy similares a los reportados por la literatura en bovinos canulados duodenalmente. Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar

la digestibilidad post-ruminal de la proteína no degradable en rumen (DPPNDR) de *Lotus uliginosus* cv Maku utilizando la técnica de la bolsa móvil de nylon sin predigestión en cerdos.

Materiales y métodos

Localización: El presente trabajo de investigación se realizó en varios centros de experimentación, según cada uno de los componentes:

- **Componente vegetal.** La accesión *Lotus uliginosus* cv Maku fue previamente establecida en una granja ubicada en el municipio de Santa Rosa de Osos (Antioquia) en la vereda Mina Vieja a una altitud promedio de 2300 msnm y temperatura promedio de 13° C.
- **Componente animal:** La primera fase del trabajo de investigación que tenía como componente animal bovinos fue llevada a cabo en el Centro de Producción Paysandú perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ubicado en el corregimiento de Santa Elena del municipio de Medellín, que se encuentra a 2600 msnm, con una temperatura promedio de 16 °C, correspondiendo a una zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB). La segunda parte del trabajo tuvo cerdos como animales en experimentación, y se realizó en el Centro de Producción San Pablo perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ubicado en el municipio de Rionegro, paraje “El Tablacito”, localizado a 2100 msnm, con una temperatura entre 12 y 18 °C, que corresponde a una zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).
- **Componente instrumental.** Los análisis de laboratorio fueron realizados en los laboratorios de análisis químico y bromatológico, y nutrición animal pertenecientes a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Animales. Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron dos especies animales diferentes:

- **Rumiantes.** Se utilizaron tres vacas Holstein dotadas con cánula ruminal, aproximadamente de 550 kg de peso vivo. Los

animales permanecieron en estabulación y se les suministró pasto kikuyo a voluntad con aproximadamente 45 días de rebrote, sal mineralizada y agua fresca a voluntad.

- **Cerdos.** Se utilizaron 6 cerdos en fase de crecimiento, aproximadamente de 35 kg de peso vivo. Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas (120 x 80 cm) para mayor facilidad en el manejo, alimentación y recolección de muestras. Durante el estudio, los animales recibieron 1,0 kg/día de un alimento comercial para crecimiento, y el agua fue ofrecida *ad libitum*. Los animales fueron alimentados dos veces al día: a las 08:00 y 16:00h.

Manejo de forrajes y muestreo. En la granja se seleccionó un área con cobertura mayor al 80%, la cual fue dividida en tres parcelas cada una con un área aproximada de 400 m². Dichas parcelas fueron subdivididas, a su vez, en tres sub-parcelas cada una, en las cuales se obtuvieron muestras de *L. uliginosus* de 15, 30 y 45 días de rebrote post-corte de uniformización. Adicionalmente, se recolectaron 2 kg de forraje de cada subparcela para un total de 6 kg de muestra. Todas las muestras fueron empacadas en bolsas de papel y secadas en un horno de aire forzado a 60 °C. Estas muestras de forrajes se analizaron para determinar el porcentaje de materia seca (MS) y proteína cruda (PC), según los métodos descritos por AOAC⁹ (tabla 1).

Diseño experimental. Dependiendo de la especie animal utilizada, se llevaron a cabo cada una de las siguientes consideraciones:

- **Incubación Ruminal.** La tasa de degradación del *L. uliginosus* se estimó por la técnica *in situ*, de acuerdo con la metodología descrita por Orskov y Shand¹⁰. Seis bolsas de nylon fueron utilizadas por animal y muestra experimental, en las cuales se incubaron 5 g de muestra por bolsa durante 16 horas en rumen¹¹, cuyos residuos fueron empleados para la estimación de la digestibilidad post-ruminal. Al final del período de incubación ruminal se mezclaron las seis bolsas incubadas por cada muestra, para obtener una muestra final que se constituyó en la repetición para cada animal. Las bolsas de nylon utilizadas tenían un tamaño de poro entre

30-50 μm , con dimensiones que permitieron una relación de 10 a 15 mg de muestra por centímetro de superficie expuesta. Las muestras de las diferentes materias primas se secaron a 60 °C durante 48 horas y se molieron a 2,0 mm. Posteriormente, tanto las bolsas de nylon como las muestras molidas se secaron a 60 °C durante 24 horas, para permitir que adquieran la temperatura ambiental en el interior de un desecador. Inmediatamente después, se pesaron las bolsas vacías y luego las bolsas con aproximadamente cinco gramos de muestra. Antes de incubar las bolsas en el rumen, estas se

sumergieron tres veces en agua a temperatura ambiente. Luego de la incubación, las bolsas se lavaron manualmente hasta que el agua salió limpia y se secaron en una estufa de aire forzado hasta que se obtuvo un peso constante a 60 °C. En las muestras analizadas se determinó el contenido de MS y PC de acuerdo con los procedimientos descritos por la AOAC¹². La PNDR fue calculada por la diferencia entre la cantidad de PC en la muestra antes de incubar y en el remanente después de 16 horas de incubación ruminal y fue expresada como un porcentaje de la proteína cruda total.

Tabla 1. Composición Nutricional de los alimentos evaluados (%)

<i>Edad de corte</i>	<i>% MS</i>	<i>%PC</i>	<i>%EE</i>	<i>%CE</i>	<i>% FDN</i>	<i>%FDA</i>
15 días	11.42	41.8	4.42	6.21	34.85	24.64
30 días	12.10	39.2	4.19	6.45	37.45	25.57
45 días	13.72	37.4	3.43	7.89	39.39	28.86

% MS: porcentaje de materia seca; % PC: porcentaje de proteína cruda,
 %EE: porcentaje extracto etéreo; %CE: porcentaje de cenizas;
 %FDN: porcentaje fibra detergente neutro; %FDA: porcentaje fibra detergente ácida

- *Digestibilidad post-ruminal de la proteína no degradable en rumen (DPPNDR)*. Como se mencionó anteriormente, parte de los residuos ruminales que fueron incubados por 16 horas se utilizaron para estimar la DPPNDR en cerdos en crecimiento. Para ello se tomaron 3 g del residuo resultante de la incubación ruminal de cada muestra, los cuales fueron distribuidos y empacados en 30 bolsas móviles de nylon (BN) de 2 x 1 cm con un tamaño de poro de 11 μm y con un peso promedio de muestra de 0,1 g. Luego estas BN fueron selladas al calor para ser introducidas oralmente en cerdos en crecimiento sin ningún tipo de predigestión. Se introdujeron 7 y 8 BN inmediatamente después de cada período de alimentación, para un total de 15 BN por animal/día. La introducción de las BN se realizó en forma forzada de manera que cada cerdo recibiera un mínimo de 5 BN por cada muestra. Las heces fueron colectadas tres veces al día, y después de la recuperación de las BN estas fueron lavadas con agua, y se les agregó

5ml de HCl al 0.2 N para evitar la proliferación bacteriana. Luego se mezcló el contenido de las BN que pertenecían al mismo alimento y cerdo para obtener una muestra representativa, la cual fue almacenada en un contenedor de plástico que se mantuvo a -20 °C hasta su análisis de laboratorio. Estas muestras fueron puestas en una estufa de aire forzado a 60 °C por 48 horas hasta realizar las determinaciones de laboratorio del residuo final. En dichos residuos se determinó el contenido de MS y PC de acuerdo con los procedimientos descritos por la AOAC¹³. La DPPNDR fue calculada por la diferencia entre la cantidad de PC en el remanente después de 16 horas de incubación ruminal y la cantidad de PC en las BN colectadas en heces, y fue expresada como un porcentaje de la proteína cruda total. La digestibilidad total (DTP) de PC se obtuvo mediante la suma de la cantidad de ésta degradada en el rumen (DRP) de bovinos fistulados y (DPPNDR) la cantidad digerida en el intestino de los cerdos. Para evitar la

pérdida de las BN, el animal experimental se mantuvo en la jaula metabólica desde dos días antes de la introducción de las BN y hasta tres días después de las mismas, en donde se pudo vigilar la excreción de las heces y recuperar las BN.

Diseño estadístico. Los datos de desaparición de PC fueron analizados mediante un diseño estadístico de bloques al azar, donde cada uno de los tratamientos (edad de rebrote) fue aleatorizado a uno de los (animales) bloques¹⁴. El análisis estadístico de los datos obtenidos fue desarrollado utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS^{®15}. Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron determinadas por mínimos cuadrados y analizadas por ANOVA. Además, se utilizó una prueba de Duncan para detectar significancia ($P < 0.05$).

Resultados

Para el caso particular de los cerdos, no se presentaron bloqueos intestinales por la alta frecuencia de introducción de bolsas de nylon ni síntoma alguno de incomodidad ni enfermedad revelada por ningún signo clínico y al nivel al que se fijó el consumo diario de alimento, no hubo sobrante de alimento. Los promedios generales de DRP, DPPNDR y DTP de las dife-

rentes muestras de *L. oliginosus* se presentan en la tabla 2.

Para las variables DRP y DTP se obtuvieron diferencias significativas entre las diferentes muestras de *L. oliginosus* ($P < 0.05$), donde la muestra de 15 días de rebrote presentó los mayores valores (57.24 y 73.99 %, respectivamente), seguida de las muestras de 30 y 45 días de rebrote (en su orden). Para la variable DPPNDR, no se presentó diferencia estadística significativa entre las distintas edades de rebrote (tabla 2). Sin embargo, se puede observar un mayor valor numérico para la edad de 15 días de rebrote (39.21%) cuando se compara con las edades de 30 y 45 días (38.89 y 37.81 %, respectivamente).

La mayoría de las BN que fueron eliminadas del experimento se descartaron debido a mal manejo en el lavado, por daños físicos o por un tiempo excesivo de pasaje a través del tracto gastrointestinal. El tiempo promedio requerido para que las BN pasaran a través del tracto digestivo fue de 38,3 horas. Este valor es consistente con los datos publicados por Metz y Dekker¹⁶ y Cherian *et al.*¹⁷, quienes reportaron que el tiempo promedio de tránsito de la digesta en cerdos en crecimiento fluctúa entre 24 y 48 horas. Las BN que fueron colectadas después de 72 horas representaron únicamente el 1,2% del total de las BN que fueron introducidas oralmente.

Tabla 2. Promedios generales de DRP, DPPNDR y DTP de *Lotus uliginosus* cv Maku cosechado a tres edades de rebrote.

Edad de rebrote (días)	15	30	45	EEM
DRP	57.24 ^A	45.11 ^B	38.13 ^C	1.44
DPPNDR	39.21 ^A	38.89 ^A	37.81 ^A	1.81
DTP	73.99 ^A	65.71 ^B	60.83 ^C	1.22

DRP: digestibilidad ruminal de la proteína cruda. DPPNDR: digestibilidad post-ruminal de la proteína cruda no degradable en rumen. DTP: digestibilidad total de la proteína cruda.

^{ABC} Medidas dentro de literales distintas son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

EEM: error estándar de la media.

Discusión

Como se mencionó anteriormente, se obtuvieron diferencias significativas entre las distintas edades de corte de *L. oliginosus* ($P < 0.05$), donde la muestra de 15 días de rebrote pre-

sentó los mayores valores de DRP y DTP, seguida de las muestras de 30 y 45 días de rebrote (en su orden). La diferencia obtenida entre tratamientos puede deberse a que el *L. oliginosus* posee altos niveles de fibra (FDN), los cuales fueron suficientes para modificar la

acción de los microorganismos ruminales sobre la PC del alimento. Además, la fibra actúa como una capa protectora de la PC, evitando la colonización rápida de ésta por los microorganismos del rumen, provocando, a su vez, la disminución de su degradabilidad¹⁸. Sin embargo, la mayor DRP de *L. oliginosus* se encontró a los 15 días de corte, posiblemente debido a la calidad nutritiva (menor presencia de FDN) de la leguminosa, la cual cambia de acuerdo con las condiciones ambientales y con la madurez de la planta¹⁹. En general, las plantas tienden a aumentar sus defensas químicas frente a condiciones adversas, ya que en estos casos les resulta más difícil regenerar los tejidos dañados²⁰.

Contrario a lo esperado, la DPPNDR del *L. oliginosus* no presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en estudio. Una menor cantidad de FDN y FDA en el *L. oliginosus* debería reflejarse en una mayor digestibilidad²¹. Esta aparente contradicción podría explicarse por la presencia de taninos^{22,23} o por la alta concentración de lignina, característica principal de las leguminosas²⁴. El efecto de los taninos sobre la degradabilidad de la proteína radica en que estos se combinan con proteínas dietarias y endógenas (inclusive del tracto digestivo), y forma complejos tanino-proteína que afectan la digestibilidad de las proteínas entre un 3 y un 15%, especialmente cuando se encuentran en una concentración igual o superior al 5%²⁵. Aunque en este estudio no se determinó la concentración de taninos para *L. oliginosus*, en el trabajo de Chipatecua *et al.*²⁶, se hizo la extracción y cuantificación de taninos de esta leguminosa mediante el método de Terrill *et al.*²⁷, modificado por Carulla²⁸, y se encontraron valores del 5% de taninos en *L. oliginosus*. El complejo tanino-proteína de la dieta incrementa las proteínas "by pass" o pasantes. Este complejo es insoluble al pH del rumen (4 -7), sin embargo, dicho complejo es soluble, tanto al pH del abomaso (< 4) como al pH del intestino delgado (> 8)²⁹. De esta forma, la proteína dietaria "escaparía" a la degradación ruminal y llegaría "tal cual" a los sitios de digestión (duodeno) y así se incrementaría la absorción a sangre de aminoácidos de ese origen³⁰. Sin embargo, los datos obtenidos en este trabajo podrían sugerir que el complejo tanino-proteína no se disocia completamente en el abomaso a pesar del pH ácido, provo-

cando una disminución de la digestibilidad de la proteína en intestino delgado, y por ende, su utilización³¹. Estudios en Nueva Zelanda han encontrado efectos positivos en producción y reproducción ovina mediante el uso de plantas taníferas del género *Lotus*, asociados a un mayor flujo de proteína al intestino^{32,33}. Varios autores han sugerido que los efectos positivos de los taninos se presentan para ciertas especies vegetales pero no para otras. Los efectos positivos de los taninos han sido demostrados en estudios con *L. corniculatus* pero no en *L. pedunculatus*, mientras que estudios con *L. uliginosus* han sugerido que la presencia de estos compuestos en esta variedad trae consecuencias negativas sobre la digestibilidad intestinal de la proteína^{34,35}. Debido a que la DPPNDR en este estudio no fue diferente entre tratamientos, se podría sugerir que no hay una ventaja en el uso de plantas ricas en taninos sobre la utilización de la PC en el nivel intestinal, como ha sido sugerido por otros autores³⁶.

La proteína no degradada en rumen y no digerida en intestino delgado es parcialmente digerida en intestino grueso por acción de las bacterias. Debido a que las BN fueron recolectadas en las heces, la DTP fue calculada como la suma de la desaparición de proteína en rumen (DRP), intestino delgado e intestino grueso (DPPNDR). Aunque en este trabajo la digestibilidad en intestino grueso no fue medida, otros estudios indican que la fermentación en intestino grueso tiene únicamente un efecto limitado sobre la digestibilidad total³⁷⁻³⁹. Además, Hvelplund *et al.*⁴⁰ han sugerido que la digestibilidad intestinal de la PC podría ser calculada basada en la información obtenida únicamente con la digestibilidad intestinal del alimento intacto, sin necesidad de someter el alimento a pruebas de degradabilidad ruminal.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que el *Lotus uliginosus* cv Maku cosechado a los 15 días de rebrote podría ser una buena alternativa para la suplementación forrajera en la ganadería de trópico alto en Colombia, ya que presentó los mayores valores en las variables: DRP, DPPNDR, DTP. Esta información,

permitiría al nutricionista establecer un orden entre la disponibilidad de la proteína cruda y los requerimientos del animal.

La utilización de *Lotus uliginosus* cv Maku dentro de los sistemas de pastoreo podría ser de gran importancia para mantener una elevada productividad, ya que tiene una alta capacidad para fijar nitrógeno, por lo cual se convierte en una de las alternativas para mitigar el uso de fertilizantes y la disponibilidad limitante de proteína. Sin embargo, se recomienda desarrollar nuevos trabajos para determinar en forma fehaciente la concentración y los mecanismos de acción de los taninos presentes en dicha leguminosa sobre el aprovechamiento de la proteína cruda por parte del animal. Además, sería de gran interés realizar nuevas investigaciones en las que se evalúe la viabilidad económica de la incorporación de *Lotus uliginosus* cv Maku en los sistemas de producción, y su persistencia en combinación con otras forrajeras de trópico alto.

Referencias

1. FRANCE, J, *et al.* Feed evaluation for animal production. En: Feeding systems and feed evaluation models. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing, 2000. 10 p.
2. RODRÍGUEZ, D. Caracterización de la respuesta a la fertilización en producción y calidad forrajera en los valles de Chiquinquirá y Simijaca (Estudio de caso). Tesis de pregrado. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá D.C., 1999. 105 p.
3. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *et al.* Nutrient requirements of Dairy Cattle, 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381 p.
4. MUSTAFA, A.; *et al.* Assessment of the value of cannulated pigs for measuring intestinal protein digestibility of ruminal undegradable protein of canola meal. En: Canadian Journal of Animal Science. Diciembre 2000. vol. 80, no. 4, p. 519-522.
5. STERN, Marshall; BACH, Alex and CALSAMIGLIA, Sergio. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. En: Journal of Animal Science. Agosto 1997. Vol. 75, no. 8, p. 2256-2276.
6. MUSTAFA, A.; *et al.* Op. Cit. p. 519-522.
7. LOVEDAY, D.; *et al.* Validation of the cannulated pig model for determining intestinal nutrient disappearance in cattle. En: Canadian Journal of Animal Science. Marzo 2005. vol. 85, no. 1, p. 85-91.
8. VILLA, Manuela; ORTIZ, María y PARRA, Jaime. Validación de la técnica de digestibilidad total en cerdos como método de determinación de la digestibilidad posruminal de la proteína en bovinos. En: Livestock Research for Rural Development. Abril 2010. vol. 22, no. 4, # 66.
9. AOAC INTERNATIONAL. Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg, Maryland: Association of Analytical Communities, 2000.
10. ORSKOV, E. and SHAND, W. Use of the nylon technique for protein and energy evaluation and for rumen environment studies in ruminants. En: Livestock Research for Rural Development. Enero 1997. Vol. 9, no. 1, #3.
11. AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. 1992. Nutritive Requirements of Ruminant Animals: Protein. Technical Committee on Responses to Nutrients, report No. 9. Nutrition Abst. And Rev., series B: Livestock Feeds and Feeding. 1992. p. 787 – 835.
12. AOAC INTERNATIONAL. Op. Cit.
13. *Ibid.*
14. STEEL, Robert and TORRIE, James. Principles and Procedures of Statistics. 2 ed. New York: McGraw-Hill. 1980. 633 p.
15. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS (SAS®). SAS/STAT User's Guide. Version 9.1th Ed. Cary: NC: SAS Institute Inc, 2006
16. METZ, S. H. and DEKKER D, R. Effects of housing on gastrointestinal transit time and digestibility of feeds in growing pigs. En: Proc. 3rd Int. Seminar on Digestive Physiology in the Pig. Memorias. Copenhagen, Den. 1985. p. 369-372.
17. CHERIAN, G.; SAUER W. C. and THACKER P. A. Effect of Predigestion Factors on the Apparent Digestibility of Protein for Swine Determined by the Mobile Nylon Bag Technique. En: Journal of Animal Science. Agosto 1988. Vol. 66, no. 8, p. 1963-1968.
18. SERGIO, C. Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras. México: Departamento Nutrición Animal y Bioquímica. FMVZ UNAM, 2008. 9 p.
19. CONTRERAS, Jorge. Determinación de la tasa de digestión de gramíneas tropicales en el estado de Veracruz. Tesis de Maestría. México:

- Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, 2001. 88 p.
20. HERVÁS, Gonzalo. Los taninos condensados de quebracho en la nutrición de ovejas. Efecto sobre la fermentación en el rumen y la digestibilidad, toxicidad y utilización como protectores frente a la degradación ruminal. Tesis Doctoral. España: Universidad de León. EAE-CSIC. León, 2001. 30p.
 21. Van SOEST, Peter. Nutrition ecology of the ruminant. 2nd ed. Cornell University. 1994. 476 p.
 22. JULIER, Bernadette, *et al.* Variation in protein degradability in dried forage legumes. En: Animal Research. Octubre 2003. vol. 52, no. 5, p. 401-412.
 23. MAKKAR, P. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. En: Small Ruminant Research. Septiembre 2003. Vol. 49, no. 3, p. 241-256.
 24. JUNG, H. and ALLEN, S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. En: Journal of Animal Science. Septiembre 1995. vol. 73, no. 9, p. 2774-2790.
 25. MIN, R; *et al.* *Lotus corniculatus* condensed tannins decrease *in vivo* populations of proteolytic bacteria and affect nitrogen metabolism in the rumen of sheep. En: Canadian Journal of Microbiology. Noviembre 2002. Vol. 48, no 11, p. 911-921.
 26. CHIPATECUA, Martha, *et al.* Efecto de la combinación de una leguminosa tanífera (*Lotus uliginosus* cv *Maku*) con *Pennisetum clandestinum*, sobre la degradación *in vitro* de proteína y materia seca. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Marzo 2007. Vol. 20, no.1, p. 40-48.
 27. TERRILL, H.; *et al.* Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants, protein concentrated meals and cereal grains. En: Journal of the Science of Food and Agriculture. Septiembre 1992. vol. 58, no. 3, p. 321-329.
 28. CARULLA, Juan. Forage intake and utilization by sheep as affected by condensed tannins. Thesis Doctoral. USA: University of Nebraska. Nebraska, 2004. 96 p.
 29. JONES, William and MANGAN, James. Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH. En: Journal of the Science of Food and Agriculture. Febrero 1977. vol. 28, no. 2, p. 126-136.
 30. ASQUITH, Thomas and BUTTER, Larry. Interactions of condensed tannins with selected proteins. En: Phytochemistry. Noviembre 1986. vol. 25, no. 6, p. 1591-1593.
 31. BERNAL, B. Efecto de las mezclas de las leguminosas *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea* y *Vigna unguiculata* ensiladas y henificadas sobre los parámetros de fermentación ruminal *in vitro* y producción de leche en bovinos. Tesis de Maestría. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Palmira, 2007. 112 p.
 32. MIN, R; *et al.* Op. Cit. p. 911-921.
 33. BARRY, T. and McNABB, W. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperature forages fed to ruminants. En: British Journal of Nutrition. Abril 1999. vol. 81, no 4, p. 263-272.
 34. CHIPATECUA, Martha, *et al.* Op. Cit. p. 40-48.
 35. McSWEENEY, C, *et al.* Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. En: Animal Feed Science and Technology. Mayo 2001. vol. 91, no. 2, p. 83-93.
 36. MIN, R; *et al.* Op. Cit. p. 911-921.
 37. VAN STRAALLEN, W; ODIGA, J and MOSTERT, W. Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon-bag techniques. En: British Journal of Nutrition. Enero 1997. vol. 77, no 1, p. 83-97.
 38. VAN STRAALLEN W. and TAMMINGA, S. Protein degradation of ruminant diets. in Feedstuff Evaluation. J. Wiseman and D. J. A. Cole, ed. Butterworths, London, UK. 1990. p. 55
 39. VOIGT, J.; *et al.* Measurement of the post-ruminal digestibility of crude protein by the bag technique in cows. En: Archiv für Tierernährung. Agosto 1985. vol. 35, no. 8, p. 555-562.
 40. HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. and ANDERSEN, L. Estimation of the true digestibility of rumen undergraded dietary protein in the small intestine of ruminants by the mobile bag technique. En: Acta agriculturæ Scandinavica. En: Section A, Animal science. Febrero 1992. vol. 42, no. 1, p. 34-39.