

Comparación de los marcadores internos: fibra en detergente neutro (FDNi) y ácido (FDAi) indigestibles y colecta total de heces para estimar la digestibilidad en ovinos de pelo

Comparison of internal markers: neutral detergent fiber (iNDF) and acid (iADF) indigestible and total collection of faeces to estimate digestibility in hair sheep

Jesús Hemberg Duarte Vargas, MVZ. MSc.

Grupo de Investigación en Sistemas Agroforestales Pecuarios

Departamento de Producción Pecuaria, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, AA 546 Ibagué, Tolima.

jhduarte@ut.edu.co

Resumen

Se evaluaron los marcadores internos: Fibra en detergente neutro (FDNi) y ácido (FDAi) indigestibles, para determinar la digestibilidad in vivo de la materia seca (DMS) en Ovinos de pelo alimentados con los forrajes: Guinea Panicum maximum y Morera Morus alba. El experimento se realizó en la granja las Brisas de la Universidad del Tolima, utilizando cuatro ovinos, con un peso vivo promedio de $29,6 \pm 5,57$ Kg. Se evaluaron tres tratamientos consistentes en: Colecta total, Digestibilidad estimada por FDNi y Digestibilidad estimada por FDAi. Los valores promedios de digestibilidad fueron: 59,27 % de colecta total; 55,76 % de digestibilidad con FDAi y 39,36 % de digestibilidad con FDNi. Se concluye que el marcador FDAi es efectivo para estimar la digestibilidad In vivo en ovinos de pelo alimentados con los forrajes de Guinea Panicum maximum y Morera Morus alba. Mientras que el marcador FDNi no fue un marcador indicado para este propósito. Se propone una metodología para evaluar el consumo voluntario en pastoreo con el uso del marcador FDAi.

Palabras Clave: Consumo, jaulas metabólicas, indicadores, Producción de heces.

Abstract

Internal markers were evaluated: neutral detergent fiber (iNDF) and acid (iADF) indigestible in vitro versus in vivo of dry matter digestibility (DMD) of hair sheep fed with forage: Guinea Panicum maximum and Mulberry Morus alba. The experiment was conducted at Las Brisas Farm, University of Tolima, using four sheep, with an average weight of 29.6 ± 5.57 kg. Three treatments consisting of: Digestibility in vivo, digestibility estimated by iNDF and by iADF were evaluated. The average values of digestibility were 59.27 % Total collection, 55.76 % Digestibility with iADF and 39.36 % with iNDF. We conclude that the marker iADF is effective for estimating in vivo digestibility of hair sheep fed with forages of Guinea Panicum maximum and Mulberry Morus alba, while the marker iNDF was not suitable for this purpose. We propose a methodology to assess voluntary intake in grazing with the use of marker iADF.

Keywords: Consumption, metabolic cages, indicators, production of faeces.

Introducción

El ovino colombiano de pelo representa un importante recurso para el pequeño productor del campo. Pese a los inadecuados sistemas de manejo y al haber permanecido marginado de cualquier campaña de mejoramiento, el ovino de pelo se ha sostenido en nuestro medio, demostrando su rusticidad, adaptación, prolificidad y fácil manejo, razones valederas para impulsar la investigación en aquellos limitantes productivos actuales. Se busca con esto propiciar el desarrollo de una industria pecuaria promisoriosa con el consiguiente beneficio social de las comunidades donde esta especie constituye el eje de sus sistemas productivos. Por tanto, profundizar en los trabajos de investigación en nutrición y particularmente en determinar la digestibilidad, consumo voluntario en condiciones de estabulación y en pastoreo es una de las prioridades de esta cadena productiva (Arcos et al., 2002).

De modo general, la calidad de cualquier alimento esta dada por su valor nutritivo, representado por su composición química, por la digestibilidad de sus constituyentes, por el consumo voluntario y por el desempeño animal (Van Soest., 1994). La determinación de la digestibilidad es reconocidamente la primera aproximación en la obtención de la estimación de los parámetros del valor nutritivo de los alimentos (Correa et al., 2007).

La definición más simple de digestibilidad indica que es la medición de la cantidad de nutrimentos que después de pasar por el tubo digestivo no aparecen en las heces (Rodríguez y Llamas, 1990). En este sentido, el propósito fundamental de la determinación de la digestibilidad esta relacionado con la evaluación comparativa de los alimentos, ya sea de dietas completas o de los ingredientes que las componen.

La digestibilidad es uno de los parámetros más importantes para la evaluación del valor nutritivo de un alimento. La determinación de la digestibilidad por medio de ensayos de alimentación, incluyen la colecta total de heces, que requiere un control riguroso de las ingestas y excreciones, la cual se torna trabajosa y onerosa. Así en determinadas ocasiones este control es prácticamente imposible de ser realizado. El valor comúnmente utilizado es el coeficiente de digestibilidad aparente y se expresa como porcentaje de la materia seca y las técnicas para la evaluación de la digestibilidad de los alimentos posiblemente son las más conocidas y fundamentadas, siendo este asunto ampliamente discutido en la literatura (Titgemeyer, 1997, Zeoula et al., 2000, Ítavo et al., 2002).

Varias sustancias han sido sugeridas como indicadores del flujo de la digesta, no obstante ninguna es perfecta y presenta las características suficientemente adecuadas

para lograr datos significativos. Por esta razón, el encontrar indicadores reales constituye uno de los asuntos de gran interés en la investigación de técnicas que faciliten los estudios en nutrición animal.

La búsqueda de los métodos más simples para la determinación de la digestibilidad conducen al empleo de los indicadores o marcadores que pueden proporcionar una serie de informaciones, incluyendo la cantidad consumida de alimento o nutriente específico, la tasa de pasaje de la digesta a través de todo o parte del tracto digestivo y la digestibilidad de todo el alimento o los nutrientes específicos (Oliveira et al., 1991).

Constituyentes naturales de la dieta que presentan una baja digestibilidad han sido usados como indicadores, denominados indicadores internos, presentando la ventaja de estar presentes en el alimento y, de modo general, permanecen distribuidos en la digesta durante el proceso de digestión y excreción (Piaggio et al., 1991).

Los métodos de los indicadores presentan ciertas ventajas sobre el método de colecta total de heces, dada su simplicidad y conveniencia de utilización, además de que pueden proporcionar una serie de informaciones, incluida la cantidad ingerida de alimentos o de nutrientes específicos, la tasa de pasaje de la digesta por todo el tracto digestivo y la digestibilidad de todo el alimento y de nutrientes específicos (Oliveira y Fontes, 1991).

Los componentes de pared celular vegetal han sido evaluados en varios trabajos como indicadores internos, tales como la fibra en detergente neutro indigestible (FDNi) (Cochran et al., 1986, Nelson et al., 1990; Berchielli et al., 2000, Detmann et al., 2001), no obstante, estos autores resaltan la necesidad de mayores estudios. En virtud de esas razones, la aceptación de los indicadores internos constituyen uno de los asuntos de gran interés en la investigación de técnicas que faciliten los estudios de nutrición animal en ovinos de pelo.

Los marcadores internos son sustancias que existen en forma natural en los forrajes y que generalmente pasan por el tracto digestivo sin ser digeridos. Estas sustancias incluyen sílice, lignina, cromógenos, nitrógeno en las heces, ceniza insoluble en ácido clorhídrico (CIA), ceniza insoluble en detergente ácido (CIDA), fibra en detergente neutro indigestible (FDNi), fibra en detergente ácido indigestible (FDAi), entre otros. Al respecto, Sánchez (1990) sugiere que los requisitos que debe reunir un indicador son: ser esencialmente indigerible, seguir el mismo paso que los alimentos a través del tracto gastrointestinal, no producir efectos adversos en el animal, ni interferir con los procesos de digestión y finalmente, que sea posible cuantificarlo por los métodos analíticos comunes.

La fibra indigestible, es una adecuada medida, como

indicador interno útil para estimar la digestibilidad en experimentos de pastoreo (Lippke et al., 1986). El uso de la fibra en detergente neutro indigestible (FDNi) ha mostrado resultados promisorios como indicador interno. De hecho, su uso en ensayos de digestibilidad ha mostrado resultados semejantes a los obtenidos con cutina (Ezequiel et al., 1999). Sobrestimaciones de flujo de MS duodenal y fecal fueron observadas con la FDNi, resultando en coeficientes de digestibilidad subestimados (Zeoula et al., 2000). La FDNi en comparación con otros indicadores, como la fibra en detergente ácido indigestible (FDAi), óxido crómico y cloruro de iterbio fue evaluada por Berchieli et al. (1998) observaron que la FDNi y la FDAi presentaron una menor variación y no difirieron entre si en la determinación de la digestibilidad.

El objetivo de este trabajo de investigación fue comparar los marcadores internos, fibra en detergente neutro (FDNi) y ácido (FDAi) indigestibles in vitro y colecta total de heces en ovinos de pelo alimentados con los forrajes Guinea *Panicum maximum* y morera *Morus alba*.

Materiales y métodos

El trabajo de campo se realizó en la granja las Brisas de la Universidad del Tolima (04 27° N; 075° 14' W) a una altitud de 1100 m.s.n.m., temperatura promedio 23 °C, 1800 mm de precipitación anual, correspondiente a una zona de vida según Holdrige de Bosque húmedo premontano.

Las unidades de analisis consistieron en cuatro ovinos, machos castrados, cada animal se constituyó en una unidad de observación. El peso promedio de los animales fue de 29,6 ± 5,57 Kg, inicialmente se estimó el peso de los animales mediante cinta métrica, posteriormente se verificó con el pesaje en balanza y se hizo el ajuste respectivo.

Los tratamientos para determinar la digestibilidad consistieron en: T1, Colecta total de heces (in vivo); T2, FDNi (in vitro) y T3, FDAi (in vitro).

Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas con bebederos y comederos individuales. La alimentación con forrajes de Guinea y Morera durante el periodo experimental se realizó en condiciones de alimentación Ad libitum considerando un incremento de un 20 % respecto al consumo del día anterior para garantizar la existencia de sobras en los comederos durante el periodo de colecta. El alimento ofertado inicialmente se estableció con base en un 20 % del peso vivo por animal, en una proporción de 85 % de Guinea y 15 % de Morera. Diez gramos de sal mineralizada fueron ofrecidos a cada animal. Al inicio del periodo pre-experimental y experimental los animales fueron pesados, tomándose

el peso medio para el cálculo de la ración a suministrar.

El periodo pre-experimental fue de 15 días y el periodo de medición y colección se realizó durante un periodo de 7 días. Los periodos de adaptación y colecta, así como los cálculos de digestibilidad total, se hicieron de acuerdo a las recomendaciones descritas por Zeoula et al. (2002).

Los animales se desparasitaron antes de iniciar el periodo de adaptación y se revisó su estado general de salud. Durante el periodo de adaptación y colección de muestras. El forraje utilizado en las raciones fue pesado diariamente y ofrecido a los animales. La alimentación de los animales, fue suministrada dos veces al día (8:00 hs y 16:00 hs) y las sobras fueron retiradas y pesadas diariamente para calcular posteriormente el consumo diario de materia seca (CMS).

La colección de heces se hizo por medio de bolsas colectoras adheridas a los animales por arnes (Figura 1). La colección de heces empezó dos días después de iniciada la recolección de residuos de alimento y se continuó los dos días siguientes, después de finalizada la colección de los mismos. A partir de 48 horas del inicio de cada periodo de colecta, las heces fueron retiradas en bolsas dos veces al día para propiciar un mejor confort a los animales, siendo retirada una alícuota de 10 % del total excretado durante 24 horas, esta fue homogeneizada y conservada en congelador.

Las muestras de forrajes (en oferta y sobras) y las heces recogidas durante los siete días fueron homogeneizadas y fueron secadas a 60 °C, durante 24 horas, para la determinación del contenido de materia seca parcial (MSP) y molidas con una malla de 2 mm antes de su almacenaje en bolsas plásticas cerradas herméticamente y almacenadas en un cuarto seco.



Figura 1. Ovino con arnes y en jaula metabólica para determinación de producción de heces.

Las muestras fueron procesadas en el laboratorio Regional de suelos Laserex, de la Universidad del Tolima, según marcha recomendada por el Laboratorio de nutrición de la Universidad Nacional de Colombia.

Para determinar la digestibilidad *in vitro* de la FDNi y FDAi, se tomaron aproximadamente 0.5 g de las muestras de cada uno los dos forrajes en estudio y de las heces recolectadas en el experimento para ser sometidas a una incubación *in vitro* durante 144 h por triplicado (Cochran et al., 1986; Correa et al., 2009). Para ello se recolectaron 300 ml de líquido ruminal de un ovino por medio de sonda esofágica, los cuales fueron filtrados y recibidos en un termo y gaseados con CO₂ producido experimentalmente para mantener las condiciones de anaerobiosis. Las muestras se colocaron en tubos de centrifuga de 100 ml a los que se les adicionaron 10 ml del fluido ruminal y 40 ml de una mezcla constituida por una solución de caseína, una de buffer y otra de macro-minerales (pH= 6.9). Los tubos se gasearon con CO₂, se sellaron con tapones de corcho perforados con agujas y se incubaron por 144 horas a 39°C con agitación cada 12 horas en promedio. Simultáneamente con las muestras problema se incubaron en un tubo de centrífuga que contenía solamente el inóculo el cual fue utilizado como blanco para corregir la digestibilidad de las muestras analizadas. Al finalizar el periodo de incubación, el contenido de los tubos se filtró al vacío y el residuo resultante se secó durante 8 horas a 108 °C luego de lo cual se les analizó el contenido de FDN y FDA según Van Soest et al., (1991).

Las variables de estudio fueron:

Consumo voluntario: Se estableció por la diferencia entre: MS del forraje ofertado – MS de las sobras, de cada uno los materiales en evaluación.

Producción total de heces: Se recolecto con los arneses y se cuantifico con mediciones a las 8 y 16h.

Digestibilidad *in vivo*: Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Digestibilidad MS\%} = \frac{\text{MS consumida} - \text{MS excretada} \times 100}{\text{MS consumida}}$$

Digestibilidad por marcadores: Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Dig} = 100 - 100 \left(\frac{\% \text{ indicador en el alimento}}{\% \text{ indicador en heces}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutrientes en heces}}{\% \text{ nutrientes en alimento}} \right)$$

% Consumo voluntario de forraje verde (FV) en Kg respecto al peso vivo (PV) del animal en Kg: Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Consumo FV respecto PV} = \frac{(\text{Kg de forraje consumido}) \times 100}{(\text{Kg de peso vivo})}$$

% Consumo voluntario de Materia Seca (MS) en Kg respecto al peso vivo (PV) del animal en Kg: Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Consumo MS respecto Peso Vivo} = \frac{(\text{Kg de MS consumido}) \times 100}{(\text{Kg de peso vivo})}$$

% Consumo voluntario de Materia Seca respecto al peso metabólico (w0,75): Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{g MS Consumida respecto a Peso Metabólico} = \frac{(\text{Kg MS consumida}) \times 100}{(\text{Kg w0.75})}$$

Análisis estadístico

Para comparar las técnicas de digestibilidad se utilizó un diseño experimental con arreglo completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Para la comparación estadística de los resultados se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA); las diferencias entre medias se determinaron mediante la prueba de Duncan. Los análisis fueron realizados por el programa SAEG versión 4 (Universidad Federal de Viçosa – UFV, 1995).

El modelo estadístico se describe así:

Donde, Y, es el efecto del tratamiento en esta repetición; μ es la media general; T_{pi} es el efecto del i-ésimo; E es el error de la ij-ésima repetición.

Resultados

Las digestibilidades *in vivo* determinadas por colecta total de heces para los forrajes de Guinea y Morera se encontraron en el rango de 57,63 % a 61,21 % con una media de 59,27 ± 1,49 %, en tanto que las digestibilidades por el marcador FDAi oscilaron en un rango de 54,23 % a 57,11 % con una media de 55,76 ± 1,29 %. Las digestibilidades por el marcador FDNi se encontraron en un rango de 33,61 % a 46,57 % con una media de 39,36 ± 1,29 %, siendo estos últimos inferiores a la digestibilidad determinada por colecta total y por el marcador FDAi. En la figura 2 se puede observar que FDAi es el marcador que más se acerca en la estimación de la digestibilidad *in vivo*.

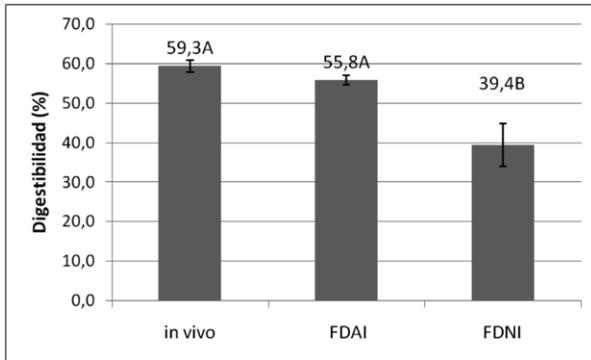


Figura 2. Digestibilidad in vivo frente a la estimación de la digestibilidad por marcadores Fibra en Detergente Acida Insoluble (FDAi) y Fibra en Detergente Neutra Insoluble (FDNi)., ($P < 0.05$)

El análisis de Duncan determinó que las medias correspondientes a los tratamientos Digestibilidad in vivo y Digestibilidad por medio del marcador FDAi son iguales, por lo cual el método de FDAi es un método adecuado para estimar la digestibilidad in vivo en ovinos de pelo alimentados con los forrajes Guinea y Morera. Mientras que el método de FDNi no fue un método adecuado para la estimación.

Consumo voluntario de forraje

Los consumos de forraje verde con respecto al peso vivo del animal oscilaron entre 12,42 % al 16,94 % con un promedio de $14,99 \pm 1,96$ %. El valor más bajo correspondió al animal 4 con un valor de 12,42 % y el más alto al animal 3 con 16,94 %.

Tabla 1. Consumo voluntario de forraje con respecto al peso vivo y el peso metabólico de ovinos de pelo alimentados con Guinea y Morera

Parámetros	Repeticiones				Promedio
	1	2	3	4	
Peso corporal (kg)	25	28,2	27,5	37,7	29,6 \pm 5,57
Peso metabólico W0,75 kg	11,18	12,23	12	15,21	12,66 \pm 1,53
Consumo de FV de Guinea (kg)	3078,36	3510,6	3838,6	3522,9	3487,59 \pm 312,21
Consumo de FV Morera (kg)	720	840	820	1160	885 \pm 190,7
Consumo de FV total (kg)	3798,36	4350,4	4658,6	4682,9	4372,55 \pm 411,61
Consumo de MS de Guinea (Kg)	0,83	0,95	1,04	0,95	0,94 \pm 0,08
Consumo de MS de Morera (Kg)	0,29	0,33	0,33	0,46	0,35 \pm 0,08
Consumo total de MS (kg)	1,12	1,29	1,37	1,41	1,30 \pm 0,13
Consumo MS/Peso Vivo (%)	4,48	4,56	4,97	3,75	4,44 \pm 0,51
Consumo MS kg/kg W0,75 (%)	10,02	10,55	11,42	9,27	10,31 \pm 3,16

MS Materia seca; FV forraje verde

Los consumos de materia seca con respecto al peso vivo del animal oscilaron entre 3,75 % a 4,97 % con un promedio de $4,44 \pm 0,51$ %. De igual manera el animal No 4 fue el animal con más bajo consumo de materia seca con 3,75 % mientras que el animal de mayor consumo fue el No 3 con 4,97 % del peso vivo. Los porcentajes del consumo de materia seca en Kg sobre el peso metabólico del animal en kg oscilaron entre 92,7 y 114,2 % con un promedio de $102,8 \pm 8,88$ deMs /KgW 0,75 % (tabla1).

Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación corresponden a lo encontrados por otros investigadores al estudiar los indicadores internos FDAi, FDNi y MS indigestible (MSI) (Detmann 1999, citado por Ítavo et al., 2002). Estos estudios reportaron valores de FDAi con un comportamiento superior a los obtenidos con la FDNi. Saliba et al., (1999) comparando diversos indicadores internos y externos con el método de colecta total de heces, afirmaron que la media obtenida con la FDAi fue más próxima a la obtenida por la colecta total, mostrándose tener gran potencial como indicador para los forrajes, debido a un bajo costo y facilidad metodológica.

Berchielli et al., (2000) concluyen que la FDAi presentó un resultado semejante al de la colecta total, en la estimación de la digestibilidad. Los coeficientes de digestibilidad (CD) de la materia seca (MS) y de la materia orgánica (MO) no diferían en relación con el nivel de sustitución de maíz por el FV, independientemente del indicador interno utilizado.

Freitas et al., (2001) compararon los indicadores internos FDNi y FDAi obtenidos después de 144 horas de incubación *in vitro* e *in situ* (FDNiv; FDNis; FDAiv; FDAis) y el óxido crómico como indicador externo, para estimar la producción fecal y el flujo duodenal de materia seca en novillos confinados. Los valores estimados de producción fecal, cuando están asociados a los datos en la digestibilidad para estimar el consumo en su comparación con el valor determinado a través de los pesajes diarios, permiten inferir que el indicador más adecuado fue la FDAi, independientemente de los métodos *in vitro* e *in situ*.

Zeoula et al., (2002) encontraron que la FDAi fue considerada un buen indicador en la estimación de los coeficientes de la materia seca y la materia orgánica. Piaggio et al., (1991) y Berchielli et al., (1998) mostraron que la FDAi fue un indicador promisorio, dado que los valores medios obtenidos para las digestibilidades de MS fueron semejantes a los obtenidos en la colección total de heces.

Zeoula et al., (2000) no encontraron resultados aceptables con el indicador FDNi, pues subestimó la digestión ruminal y la digestibilidad total de la MS y de la MO presentó una mayor variación experimental.

Lippke et al., (1986) confirmaron que las variaciones en la recuperación de FDNi es causada por variaciones en el tamaño de las partículas de los substratos fermentados y se deben tener cuidados para uniformizar el tamaño de la partícula del substrato para las fermentaciones *in vitro*. Zeoula et al., (2000) e Ítavo et al., (2002) afirmaron que la FDNi subestimó la digestibilidad y presentó altos coeficientes de variación. Freitas et al., (2001) no obtuvieron resultados eficientes con el uso de la FDNi, observando que las estimaciones de producción fecal obtenida con el uso de FDNi *in vitro* y FDNi *in situ* fueron sub y sobreestimadas, respectivamente. Verificándose que el tamaño de partícula, la composición de la fibra, el periodo de tiempo y el modo de incubación (*in vitro* o *in situ*) son factores de variación que deben ser considerados cuando se usa la FDNi como indicador.

Cunha Jr. et al., (2004) comparando los marcadores óxido de cromo y FDNi incubada por 144 horas en novillos Nelore alimentados con bagazo de caña y suplementados con fuentes proteicas, encontraron que utilizando el óxido de cromo, presentó resultados similares a la colecta total de heces, mientras que la FDNi subestimó la digestibilidad en todas las fracciones estimadas.

Otros investigadores han encontrado un mejor comportamiento de la FDNi. Detmann et al., (2001) observó que la FDNi presentó un comportamiento similar en términos de los resultados dentro de los tratamientos, comprobando las afirmaciones de Lippke et al. (1986)

sobre la utilidad como indicador interno. La FDAi demostró un comportamiento variable en relación con los suplementos ofrecidos. Variaciones similares fueron obtenidas por Cochram et al., (1986) y Lippke et al., (1986).

En relación con el consumo voluntario en ovinos de pelo en este trabajo de investigación son similares a los reportados por Mejía (1992) citado por Duarte (1995) en un experimento con ovejas de pelo (33 kg de peso vivo) con una dieta a base de matarratón *Gliricidia sepium*, cogollos de King grass *Pennisetum purpureum*, bloque multinutricional, pollinaza y sal mineralizada. En este trabajo se encontró un consumo en base fresca de 17,6 % del peso vivo y en materia seca 4,5 % del peso vivo. Ruiz et al., (2006) en una evaluación con 16 ovinos de pelo, con peso inicial $22,2 \pm 5,7$ kg, en dietas con base en heno de pasto estrella *Cynodon nlemfuensis* reportaron que el consumo de MS fue de 4,33 %.

Mejía y Vargas (1993) en otro experimento con ovinos machos enteros (20 kg de peso vivo) y con una dieta a base de matarratón *Gliricidia sepium*, cogollos de King grass *Pennisetum purpureum*, Nacadero *Trichantera gigantea* bloque multinutricional, pollinaza y sal mineralizada encontraron un consumo en base fresca de 24 % del peso vivo y en materia seca 4,81 % del peso vivo.

Conclusión

Se concluye que el marcador FDAi es efectivo para estimar la digestibilidad *in vivo* en ovinos de pelo alimentados con los forrajes de Guinea *Panicum maximum* y Morera *Morus alba*. Mientras que el marcador FDNi no fue un marcador indicado para este propósito.

Agradecimientos

Al autor de la Vida por la sencillez y altísima complejidad que le imprimió a la naturaleza, aspecto que induce a los investigadores a la búsqueda permanente de su profundidad y esencia; al Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima por la financiación de este proyecto de investigación; al Laboratorio Regional de suelos Laserex de la Universidad del Tolima por facilitar sus instalaciones y equipos para las determinaciones químicas y a todas aquellas personas que aportaron y apoyaron el desarrollo de este trabajo de investigación.

Referencias

- Berchielli, TT., Oliveira, SG., Garcia, AV., 2005. Aplicação de técnicas para estudos de ingestão, composição da dieta e digestibilidade (Application of techniques for intake, diet composition and digestibility studies) Arch Vet Sci.1: 29-40.
- Berchielli, TT., De Andrade, P., Lopes, FC., 2000. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. Rev. bras. zootec. 29(3):830 - 831.
- Berchielli, TT., Rodriguez, NM., Neto, EO., Rocha, SS., 1998. Comparação de marcadores de fase sólida para medir fluxo da matéria seca e matéria orgânica no duodeno. Arq. Bras. Med Vet. Zootec. 50:147 – 152.
- Chamorro, V., Diego, R., Gallo, JE., Arcos, JC., Vanegas, MA., 1998. Gramíneas y leguminosas. Consideraciones agrozoóticas para ganaderías del trópico bajo, Boletín de investigación, CORPOICA. Regional 6. Centro de investigación “Nataima” el Espinal, Tolima, Colombia, p 118.
- Correa, RA., Ferreira da Silva, L., Bett, V., De Souza, V., Edson, LR., Brussi, AR., Da Rocha, MA., Bertocco, JM., Massaro, LM., 2007. Consumo e digestibilidade aparente de algunos componentes nutritivos da silagem de sorgo *Sorghum bicolor* L. Moench) com ou sem aditivos, em ovinos. Seminario: Ciências Agrárias, Londrina, 28: 151-158.
- Correa, HJ., Pabón, ML., Carulla, JE., 2009. Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquia. R. Livestock Research for Rural Development. 21(4). Paper 59. <http://www.lrrd.org/lrrd21/4/cont2104.htm>
- Cochran, RC., Adams, DC., Wallace, JD., Galyean, ML., 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. J Anim Sci. 63: 1476 – 1483.
- Cunha de Oliveira, Jr R., Vaz, A., Resende, JJ., Susin, I., Portela, FA., Nascimento, VF., Canonenco, R., 2004. Avaliação de indicadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos Nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e fontes nitrogenadas. Rev. bras. zootec. 33(3):749-751.
- Detmann, E., Fonseca, M., Tilemahos, J., Campos, S., Federico, R., Rogeiro, PL., 2001. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços suplementados, a pasto. Rev. bras zootec. 30(5): 1600-1609
- De Oliveira, MA., 1991. Estimativa da digestibilidade através de indicadores e colecta total de fezes, consumo alimentar e biometria do trato gastrointestinal, em bovinos de cinco grupos genéticos. (Tese Mestrado). Viciosa Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa. Bras. 57 h.
- Ezequiel, JMB., Mendes, AR., Silva, LDF., et al. 1999. Estimativa da digestibilidade através da FDN indigestível de rações contendo dois níveis de casca de soja e diferentes fontes proteicas em novilhos mestiços. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia-Porto alegre, 36. NUR 130.
- Duarte, JH., 1995. Nutrición del ovino de pelo. Memorias Ovinos de pelo colombiano. Corpoica Regional 6: Ibagué. Compendio del curso, código 06-4. 1-96. 50.
- Freitas, D., Berchielli, TT., Da Silveira, R., Guimaraes, JP., Fatima, S De F., Bruno, J. R., 2001. Produções fecais e fluxo duodenal de matéria seca estimados através de indicadores. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia. Piracicaba. Piracicaba: Sociedade bras. zootec. 38:1114.
- Gusmão, D., 2008. Pastagens para ovinos e caprinos. In: simpogeco – Simpósio do grupo de estudos de caprinos e ovinos. 2. Salvador:UFBA. (Material didático). 34 p. universidade do estado da Bahia. Núcleo de estudo e pesquisas em produção animal. Programa de ovino-caprinocultura de Bahia. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/7047914/Pastagens-ovinos-caprinos-Neppa-prof>
- Ítavo, LC., Valadares, S., Ferreira, F., Diniz, RF., Fonseca, M., Ferreira, CB., Eduardo, EH., 2002. Comparação de Indicadores e Metodologia de Coleta para Estimativas de Produção Fecal e Fluxo de Digesta em Bovinos. Rev. bras. zootec. 31(4):1-4 .ISSN 1516-3598 Indicadores internos.pdf
- Ítavo, LC., Valadares, S., Silva, FF., 2002. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de feno de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. Rev bras. zootec. 31:1024-1032
- Ítavo, LCV., Silva, FF., Valadares, SC., et al. 2001. Indicadores internos para estimativas de produção fecal e digestibilidade de nutrientes em bovinos. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia Piracicaba. Anais. Piracicaba: Sociedade Bras. Zootec, 38:1028.
- Lippke, H., Ellis, WC., Jacobs, BF., 1986. Recovery of Indigestible Fiber from Feces of Sheep and Cattle on Forage Diets. J Dairy Sci. 69(2): 403.
- Marques de Brito, R., Moraes, AA., Tomás, K., Alexandre, FR., Henrique, W., De Souza, K., 2007. Avaliação de indicadores para estimativa das digestibilidades parciais e total de dietas em bovinos. Rev. bras. zootec. 36(2): 445-451
- Mejia, E., Vargas, JE., 1993. Análisis de selectividad de ovejas africanas con cuatro tipos de forrajes. R. Livestock Research for Rural Development. 5(3).Disponible en: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/fg/afri/espagnol/document/lrrd/LRRD5/3/MEJIA.HTM>
- Nelson, ML., Motjope, L., Finley, JW., Parish, SM., 1990. Ash-free indigestible acid detergent fiber as an internal marker to estimate digestibility with grazing ruminants. J. of range management. 43(3): 224 -227.
- Oliveira, RF., Fontes, AA., Silva, FC., 1991. Estudo da recuperação fecal do Cr2O3 e dos indicadores internos CIA e CIDA e lignina em períodos de coleta de dois a sete dias, em bovinos. Rev. Sociedade bras. zootec. 20:522-531.
- Owens, N., Hanson, CF., 1992. Symposium: external and internal markers: External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. J Dairy Sci. 75: 2605-2617.
- Piaggio, LM., Prates, ER., Pires, FF., Ospina, H., 1991. Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido indigestível como indicadores internos da digestibilidade. Rev. sociedade bras. zootec. 20(3):307-308.

- Rodríguez, GF., Llamas, LG., 1990. Manual de técnicas de investigación en rumiología. En: Castellanos, RA., Llamas, LG., Shimada AS. Manual de técnicas de investigación en rumiología. Publicado Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México.
- Saliba, EOS., Rodríguez, NM., Gonçalves, LC. et al. 1990. Estudo comparativo da lignina isolada da palha de milho com outros indicadores em ensaio de digestibilidade aparente. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia. 36. NUR-129
- Sanchez, EJ., 1990. Técnicas para medir el consumo voluntario de forraje por rumiantes en condiciones de pastoreo libre. En: Castellanos R A, Llamas L G y Shimada A s. Manual de técnicas de investigación en rumiología. Publicado Sistema de educación continua en producción animal en México. P 168.
- Sunvold, GD., Cochran, RC., 1991. Technical note: evaluation of acid detergent lignin, alkaline peroxide lignin, acid insoluble ash, and indigestible acid detergent fiber as internal markers for prediction of alfalfa, brome grass, and prairie hay digestibility by beef steers. *J Anim Sci.* 69:4951-4955
- Titgemeyer, EC., 1997. Design and Interpretation of Nutrient Digestion Studies. *J Anim Sci.* 75: 2235-2247.
- Van Soest, P., 1983. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University. Second printing, november. O & B BOOKS, Inc.
- Zeoula, LM., do Prado, PI., Moura, DH., Valério, LJ., de Caldas SF., Midore, E., Pra, PP., Marques, JA., da Silva FAJ., 2002. Recuperação Fecal de Indicadores Internos Avaliados em Ruminantes. *Rev. bras. zootec.* 31(4):1865-1867.
- Zeoula, LM., Kassies, MP., Fregadolli, FL., Prado, IN., Branco, AF., Neto, FS., Dalponte, AO., 2000. Uso de indicadores na determinação da digestibilidade parcial e total em bovinos. *Acta Scientiarum.* 22(3) 771 -777. 