

Identificación y caracterización de especies vegetales con potencial forrajero en trópico alto de la cuenca del río Tapias

Carlos Mario Bohada Hurtado, Luis Alejandro Ospina y Julio Ernesto Vargas Sainchez

Ciencias veterinarias, Universidad de Caldas, Manizales Caldas
karmarct92@gmail.com, AP 275

Resumen

El presente estudio atiende al plan de acción mundial para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura a través de la identificación y caracterización de especies vegetales que puedan ser utilizadas en los sistemas de producción animal, como alternativas productivas que aporten en el área de nutrición animal, energética y a su vez permitan mitigar el impacto de la ganadería sobre el medio ambiente, haciendo de los sistemas ganaderos, empresas más productivas.

Se realizó un análisis descriptivo que permitió conocer el valor nutricional, composición y digestibilidad de diferentes especies vegetales evaluadas en zona de trópico alto de la cuenca del río Tapias y Tareas; así, las especies con mayor potencial son: *Cucurbita ficifolia* (hojas), *Erythrina edulis* (fruto), *Arachis pintoii*, *Tithonia diversifolia*, *Hibiscus sp*, *Montanoa quadrangularis* y *Sambucus sp*.

Palabras clave: alimentación alternativa, forrajeras, medio ambiente, prospección, sistemas silvopastoriles

Identification and characterization of plant species with forage potential in the high tropics of the Tapias river basin

Abstract

The present study addresses the global plan of action for the conservation and sustainable use of plant genetic resources for food and agriculture through the identification and characterization of plant species that can be used in animal production systems as productive alternatives that contribute in the area of animal nutrition, energy and in turn allow to mitigate the impact of livestock on the environment, making the livestock systems, more productive.

A descriptive analysis was carried out to determine the nutritional value, composition and digestibility of different plant species evaluated in the high tropic zone of the Tapias and Tareas river basin; The species with the greatest potential were: *Cucurbita ficifolia* (leaves), *Erythrina edulis* (fruit), *Arachis pintoii*, *Tithonia diversifolia*, *Hibiscus sp*, *Montanoa quadrangularis* and *Sambucus sp*.

Key words: alternative feeding, environment, forages, silvopastoral systems

Introducción

Atendiendo al plan de acción mundial para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, la agenda global para la ganadería sostenible y la vocación natural de la tierra en América Latina se debe velar por la conservación y utilización sostenible de las especies vegetales arbóreas y arbustivas a través de prácticas de recolección selectiva con prioridades definidas para adicionar a las colecciones existentes y el uso racional de los recursos naturales (FAO 1996).

Un factor que limita la producción ganadera en el trópico es la baja calidad de los forrajes y las bajas tasas de producción de materia seca (Estrada 2001); así, los altos niveles de proteína cruda (PC), materia seca (MS) y de digestibilidad *In vitro* de materia seca (DIVMS) en especies vegetales leguminosas y no leguminosas las enmarca como plantas con potencia nutricional en la alimentación de rumiantes (Roa y Muñoz 2012).

Los estudios prospectivos de especies vegetales con potencial forrajero es una herramienta de estudio de carácter multidisciplinar, que a través del: análisis de calidad nutricional, pruebas de respuesta animal (consumo y fisiología), evaluación de parámetros agronómicos y económicos (Benavides 1999; Febles y Ruiz 2008) y siempre teniendo en cuenta el componente social, el conocimiento y tradición del campesino (Arboleda et al 2013; Holguán 2007; Nahed-Toral et al 2013) puede darnos idea de la funcionalidad de diferentes especies dentro de los sistemas ganaderos. Febles y Ruiz (2008), recomiendan que para ser llevado a cabo este tipo de análisis debe definirse: el propósito productivo, la especie o grupo de especies a evaluar y la zona en que se va trabajar, con el fin de ser más precisos.

El objetivo principal del presente trabajo es hacer una identificación y caracterización de los recursos forrajeros existentes en trópico alto de la cuenca del río Tapias y Tareas, con el fin de contar con un inventario de especies vegetales que a posteriori puedan ser validadas para ser usadas como alimento y a su vez los productores asuman como rol el cuidado, conservación y uso de estas especies dentro de los sistemas ganaderos.

Materiales y métodos

El material vegetal evaluado se recolectó en dos localidades de trópico alto (2000 a 2600 msnm) de la cuenca del río Tapias y Tareas, en ladera del departamento de Caldas (Colombia); dicha zona se caracteriza por tener temperaturas entre 12 – 18°C, precipitaciones de 2500 a 3000 mm anuales, relieve ondulado a fuertemente escarpado con suelos ácidos de textura franco-arcillosa y altos contenidos de materia orgánica (CORPOCALDAS 2000), correspondiendo así a una zona de vida de Bosque húmedo Montano Bajo (Holdridge 1978).

La identificación de especies vegetales con potencial forrajero y lista preliminar de estas se construye a partir de inventario libre, por medio de tres herramientas: apropiación del conocimiento empírico de los actores principales (productores y entidades) de la zona sobre arbóreas, arbustos y herbáceas, a partir de entrevistas; observación directa de los animales durante el pastoreo y revisión de información secundaria reportada en la literatura (Benavides 1994; Febles y Ruiz 2008) teniendo como parámetros principales: Usos (principalmente en alimentación animal), abundancia, distribución, plasticidad, adaptabilidad, grado de conservación o amenaza y método de reproducción (Álvarez y Saván 2012).

Clasificación Taxonómica

Se colectó la muestra según el British Columbia Ministry of Forest (1996) para hacer clasificación taxonómica del material vegetal en el Herbario de la Universidad de Caldas (Vargas 2002).

Pruebas Bromatológicas

Se recolectaron 3 muestras *in situ* de 150 g para cada especie a evaluar, simulando el bocado del bovino, es decir, recolectando hojas, tallos tiernos y cogollos a alturas de 0,5 – 1,7 m sobre el nivel del suelo ; a posteriori, se secaron las muestras en horno de aire forzado a 65°C y se molieron para realizar análisis proximal de acuerdo a los métodos establecidos por la AOAC (1980): proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl (Nx6.25) (método 955,04), cenizas (por calcinación a 550°C) (método 930,05) y extracto etéreo (E) (método 962,09). La determinación de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se realiza bajo el método descrito por Van Soest y Wine (1967).

Técnica In vitro de producción de gas

Se empleó la técnica descrita por Theodorou y Williams (1994), incubándose un total de 196 botellas (180 con sustrato y 16 blancos) en horno de aire forzado a una temperatura de 40°C (monitoreado por termómetro digital de incubadora y termómetro externo) durante 142 horas; las botellas y el sustrato se sometieron a precalentamiento a 39°C, el inóculo y el medio de cultivo se tuvieron en planchas de calentamiento durante el montaje del experimento.

Se utilizó como sustrato 0,5 g de cada una de las 3 muestras de cada forraje recolectado y por cada muestra se generó una réplica. El inóculo de fermentación utilizado se generó partir de una mezcla del líquido ruminal de dos bovinos de la central de sacrificio frígocentro (Manizales) (Robinson et al 1999). Se utiliza medio de cultivo descrito por Menke y Steingass (1988).

La medición de presión se desarrolló en tiempos acumulados de 3, 6, 10, 14, 18, 22, 28, 34, 40, 46, 58, 70, 94, 142 horas y se hizo por medio de un transductor de presiones electrónico, midiendo el gas en libras de presión por pulgada cuadrada (PSI). Las actividades se llevan a cabo en el laboratorio de fermentación ruminal de la Universidad de Caldas, por tal motivo se utiliza relación presión:volumen descrita en el trabajo de (Informe Colciencias Ospina 2016).

Los datos obtenidos de PSI en los respectivos intervalos de tiempo son depurados y corregidos a producción de gas por gramo (g) de MS; finalmente, estos se modelan con la ecuación descrita por France) en software estadístico statgraphics centurión XVI. Las variables dependientes entregadas por el modelo son:

A: Producción total de gas dada una degradación total de la materia seca.

c: Velocidad de degradación del sustrato y se expresa en mL/h.

L: Tiempo de retraso o tiempo en el cual inicia la producción de gas en la botella.

El presente estudio recopila la información de las especies identificadas y caracterizadas en la zona, sometidas a un análisis descriptivo.

Resultados y Discusión

Se identificaron y caracterizaron 30 especies con potencial forrajero (tabla 1, 2, 3), que

representaron 18 familias, de las cuales, las más representativas son la familia Asteraceae y Fabaceae con el 28 y 10 %, respectivamente. De acuerdo a su forma biológica, el 40% se clasifican como especies arbóreas, el 43% como arbustivas y el 17 % como herbáceas.

Figura 1. Distribución de plantas con potencial forrajeras de acuerdo a su familia

Las entrevistas realizadas en la zona revelan que entre los saberes campesinos existe un amplio conocimiento de plantas con potencial forrajero y sus usos alternativos, entre los más comunes se encuentran: posible alimentación animal (57%), cercos vivos (57%), madera (33%), medicinal (23%) y ornamental (20%); a pesar de ello, no se hace un uso racional y eficiente de los recursos identificados, haciendo que los sistemas de producción animal trabajen bajo adaptación incompleta de modelos desarrollados donde se da privilegio al uso de gramíneas no endémicas, y se lleva a cabo una fuerte remoción de material vegetal que fácilmente podría ser utilizado en modelos multiestrato que ayuden a intensificar la producción de rumiantes siendo amigables con el medio ambiente (Murgueitio y Chará 2013; Sánchez y Rosales 1998).

Los análisis bromatológicos revelan gran variación entre especies, consecuencia dada por las diferencias notables entre familias y géneros de las especies identificadas, sin embargo, es importante señalar que 23 especies se encuentran por encima del 16% de PC en MS, siendo este un valor óptimo para la suplementación de vacas lecheras en producción (Flores et al 1998) y a su vez una estrategia que permita: mejorar la oferta forrajera en términos de variedad y calidad, disminuir la dependencia a insumos de tipo pecuario (alimentos balanceados) y hacer un aporte que ayude a mitigar el impacto ambiental de la ganadería (Mahecha et al 2002; Rosales 1999; Zapata et al 2006)

Tabla 1. Especies forrajeras con alto potencial nutricional

Espece	MS	PC	FDN	FDA	EE	Cenizas	A
<i>Abutilon pictum</i>	20,1	31,7	-	-	2,2	14,0	270
<i>Tithonia diversifolia</i>	16,4	31,4	41,1	11,0	3,6	14,1	243
<i>Cucurbita ficifolia. Hojas</i>	23,9	31,2	36,8	8,7	1,1	10,1	299
<i>Montanoa cuadrangularis</i>	23,3	29,0	46,3	16,2	1,7	11,9	254
<i>Crotalaria sp</i>	18,3	27,6	31,6	14,8	8,1	9,5	290

<i>Hibiscus sp.</i>	22,1	24,8	34,9	11,7	2,3	11,6	241
<i>Trifolium repens</i>	15,3	24,1	34,8	19,0	3,6	10,1	280
<i>Arachis Pintoi</i>	18,7	23,4	45,4	21,3	0,9	9,3	294
<i>Raimondia sp</i>	20,6	22,3	44,2	17,7	2,7	8,0	261
<i>Erythrina edulis. Fruto</i>	25,2	22,2	25,1	6,2	2,5	6,2	400
<i>Plantago lanceolata</i>	13,1	21,7	46,0	23,0	2,2	18,3	202
<i>Bidens pilosa</i>	14,1	21,4	41,3	10,4	0,0	14,3	261
<i>Sambucus mexicana</i>	18,7	21,3	38,0	15,6	-	11,0	272
<i>Sambucus peruviana</i>	19,0	20,3	33,0	13,8	-	9,0	280

1 = Comestible; 2 – Maderable; 3 – Ornamental; 4 – Cercas vivas; 5 - Medicinal

Especies con alto nivel de proteína como: *T. diversifolia*, *Hibiscus sp.*, *A. pintoii*, *S. peruviana* y *T. repens*, vienen siendo utilizadas dentro de sistemas ganaderos bajo diferentes modelos silvopastoriles (Blanco et al 2005; Carvajal et al 2012; Humberto y Salazar 2011) con resultados positivos gracias a su fácil adaptación a suelos deficientes en nutrientes y de carácter ácido (Rao et al 1997); sin embargo, en lugares de clima frío la utilización de recursos forrajeros es más limitada, a falta de estudios que promuevan el uso de especies forrajeras en la zona, caso tal, el de *P. lanceolata*, cuyos parámetros nutricionales la enmarcan como una especie con alto potencial forrajero (Apríjiz et al 2014) y su oferta en potreros degradados de clima frío es alta, pero su manejo no es muy riguroso (Paucar 2010); *B. pilosa* nutricionalmente tiene gran potencial, sin embargo, los estudios realizados han tenido un enfoque de ámbito medicinal.

La pulpa, las flores y el follaje de algunas especies de Cucurbitáceas y Erytrinas tienen un gran potencial para la alimentación humana y animal, dado por sus altos valores proteicos, su fácil establecimiento y fácil manejo del cultivo, siendo así, una propuesta de interés para abordar programas de seguridad alimentaria a nivel de Latinoamérica (Valverde et al 2016), constituyendo especies vegetales multipropósito. Los valores bajos de FDA y FDN en el follaje de *C. ficifolia* aumentan las posibilidades de uso en la alimentación animal.

Algunos autores han descrito casos de intoxicación con el uso de algunas especies de *Crotalaria sp* en la alimentación animal (Tokarnia and Dobereiner 1982); sin embargo, se plantea que la toxicidad se presenta suministrando altos volúmenes de forraje y/o semilla.

Tabla 2. Especies con potencial forrajero medio

Especie	MS	PC	FDN	FDA	EE	Cenizas	A	c
<i>Alnus Acuminata</i>	31,0	20,4	55,2	42,7	4,8	3,6	-	-
<i>Acacia decurrens</i>	23,1	21,2	42,2	21,4	2,7	3,6	-	-
<i>Fraxinus chinensis</i>	22,0	19,1	-	-	1,2	7,0	209	0,02
<i>Asteracea sp</i>	14,3	18,8	38,6	18,4	4,5	15,4	198	0,05
<i>Smallanthus riparia</i>	16,2	18,6	39,9	18,6	3,8	12,2	193	0,04
<i>Clipadium sp</i>	15,4	17,9	-	-	-	20,3	221	0,07
<i>Rhytidocladium sp</i>	18,9	17,2	58,3	24,4	2,0	12,8	305	0,03
<i>Erythrina edulis.</i> (Hojas)	27,7	16,8	58,0	31,4	1,4	8,8	151	0,03
<i>Trichantea gigantea</i>	20,1	16,6	32,5	16,1	2,2	-	189	0,02
<i>Salix humboldtiana</i>	29,6	16,4	29,0	16,1	3,1	7,3	225	0,03

1 = Comestible; 2 – Maderable; 3 – Ornamental; 4 – Cercas vivas; 5 - Medicinal

El uso de especies arbóreas como *M. quadrangularis*, *F. chinensis*, *A. acuminata*, *E. edulis* y *A. decurrens* dentro de sistemas ganaderos es una alternativa para tener especies multipropósito dentro del predio ganadero, ya que se puede lograr producir follaje de alto valor nutricional para los animales (Conde et al 2008; Giraldo y Bolívar 1999; Naranjo y Cuartas 2011), producir madera, generar sombra, favorecer procesos de Andole biológico en los suelos y evitar la erosión; además son especies de alta rusticidad y adaptación a climas fríos.

Tabla 3. Especies con bajo potencial nutricional

Especie	MS	PC	FDN	FDA	EE	Cenizas	A
<i>Chusquea fendleri</i>	24,3	14,5	59,5	26,6	3,0	15,7	24
<i>Hedyosmin bonplandianum</i>	19,2	14,4	40,7	23,1	2,7	12,7	21
<i>Sauravia brachyobotrys.</i> (Hojas)	25,6	13,4	59,8	31,0	1,1	9,5	21
<i>Eucalyptus globulus</i>	42,6	11,5	24,9	12,8	7,2	4,8	18
<i>Quercus sp</i>	31,0	10,2	41,2	26,5	3,8	3,9	12
<i>Sauravia brachyobotry.</i> (Fruto)	14,2	10,1	32,3	23,4	4,1	7,1	26
<i>Weinmannia pubescens</i>	35,2	8,2	27,6	17,9	2,5	5,4	17

1 = Comestible; 2 – Maderable; 3 – Ornamental; 4 – Cercas vivas; 5 - Medicinal

El grupo de especies con bajo potencial nutricional, está conformado principalmente por organismos de tipo arbóreo que son utilizados normalmente para extracción de madera y uso en cercas viva, por lo tanto no se esperaba un alto potencial; el fruto de *S. brachyobotry* a pesar de tener bajos niveles de proteína, tiene alta producción de gas y una buena tasa de degradación ruminal, por lo tanto, se recomienda hacer análisis de energía.

En términos generales las especies halladas en este estudio que presentan niveles de proteína mayores al 16%, FDN menores al 50% y FDA menores al 20 % se pueden considerar como recursos forrajeros que pueden ser utilizados en planes de suplementación en rumiantes, ya que se ve favorecido el consumo de MS (Mertens 1994) sin limitar la disponibilidad de energía en los forrajes (NRC 2001). Comparando los análisis bromatológicos y los parámetros de cinética de fermentación ruminal obtenidos en este estudio frente a trabajos con gramíneas convencionales como pasto kikuyo y ryegrass que son especies con altos requerimientos de fertilización (Ochoa et al 2013) (Correa et al 2008), postula a estas especies vegetales como recursos con un alto potencial forrajero.

El contenido de MS en términos nutricionales es un parámetro indicador de calidad de pastura y a su vez, de oferta de forraje, por ende si se ve muy disminuido el aporte de nutrientes va ser más bajo y puede limitar de manera severa la producción.

Figura 2. Diferencia de producción de gas (%)

Se determinó un promedio general de la producción total de gas dada la fermentación total de la materia seca ($X = 236 \pm 58,6$; $n=30$) como patrón, con el fin de visualizar cuánto distaban porcentualmente el valor A del promedio general; Nsahlai et al (1995) argumenta que la FDN de los forrajes tiene una asociación directa y lineal con la producción de gas total, sin embargo, para este ensayo no se encontró ningún tipo de relación entre los parámetros bromatológicos y la producción de gas. El presente estudio coincide con lo expuesto por Nogueira et al (2000) quien argumenta que los pastos con alto valor nutritivo genera las condiciones óptimas para que la microfauna ruminal colonice y haga una degradación eficiente, presentándose una mayor tasa de fermentación. En el caso del eucalipto y el encenillo puede estar la posibilidad de existir factores antinutricionales que afecten el proceso digestivo.

La producción de gas va ligada a la producción de metano, AGVAs y otros gases de efecto invernadero, por lo tanto, para conocer el efecto de los forrajes en el animal y ambientalmente, se necesita realizar pruebas que permitan clasificar el tipo de gases inmersos en esa producción total.

Conclusiones

- El uso de especies arbóreas alternativas y residuos de cosechas serán una de las principales estrategias para atender la creciente demanda por fuentes de forraje, especialmente en sistemas de producción rural.
- Los estudios de prospección forrajera deben ir acompañados del estudio de factores antinutricionales, digestibilidad y ensayos de índole técnico-económico que permitan hacer una toma de decisiones certera en finca.
- En la identificación y caracterización de especies vegetales con potencial forrajero es primordial fijar parámetros como abundancia, distribución, plasticidad, adaptabilidad, grado de conservación o amenaza y método de reproducción con el fin de hacer una buena selección del material forrajero.
- El uso de especies forrajeras no convencionales pero endémicas genera impacto tanto en la nutrición animal como en el componente ambiental y social de las producciones que hagan uso de estas.
- Aunque en los trabajos de prospección forrajera no se tiene ideas claras de que especies se van a identificar, se debe pensar en promover aquellas especies que presten más de un servicio para el productor, ejemplo: *C. ficifolia* (alimento para humanos y animales), *F. chiniensis* y *M. quadrangularis* (sombra, madera y posible alimento), especies fijadoras de nitrógeno (*Crotalaria sp*, *Erytrina edulis*, otros).

Bibliografía

Álvarez A y Saván L 2012 Prospección de especies vegetales para la alimentación animal en

dos regiones montañosas de la provincia Guantánamo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 79–83.

AOAC 1980 *Official methods of analysis*.

Aprájez E, Gálvez A y Jojoa C 2014 Valoración nutricional y emisión de gases de algunos recursos forrajeros del trópico de altura. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31 (1), 122–134.

Arboleda D, Tombe A, Morales-velasco S y Vivas-quila N J 2013 Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero: en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano. *Biotecnología en el sector agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 154–163.

Benavides J 1994 *La investigación en Árboles forrajeros . Árboles Y Abustos Forrajeros en America Central*.

Benavides J 1999 Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. En *FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPER*.

Blanco M, Chamorro D, Arreaza L C y Rey A 2005 Evaluación nutricional del ensilaje de *Sambucus peruviana*, *Acacia decurrens* y *Avena sativa*. *Revista Corpoica*, 6(Ci), 81–85.

British Columbia Ministry of Forest 1996 *Techniques and procedurs for collecting, Preserving, Processing and Storing Botanical Specimens*(No. 18). British Columbia.

Carvajal T, Lamela L, y Cuesta A 2012 Evaluación de las especies arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Revista Pastos y forrajes*, 35(4), 417–429.

Conde A, Betancourt P L y Julio L C 2008 Establecimiento, adaptación y efecto sobre el uso del suelo y la pradera de diversos arreglos de cerca viva con acacia negra (*Acacia decurrens*), acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), y Aliso (*Alnus acuminata*), en el CIC Santa María, trópico alto colombiano. *Revista ciencia animal*, (1), 111–118.

CORPOCALDAS 2000 *PLAN DE GESTION AMBIENTAL PARA CALDAS PGAR 2001 - 2005*.

Correa C H J, Pabón R M y Carulla F J E 2008 Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development*(Vol. 20). <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd20/4/corra20059.htm>

Estrada J 2001 Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales, Colombia. Editorial Universidad de Caldas.

FAO 1996 Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el Mundo. *FAO*.

Febles G y Ruiz T 2008 Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. *Avances en investigación pecuaria*, 12(1), 4–27.

Flores O, Bolívar D M, Botero J A, y Ibrahim, M 1998 Parámetros nutricionales de algunas

arborescentes leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de ruminantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 10, Article #2. Retrieved December 11, 2016, from. *Livestock Research for Rural Development*, 10(2).
<http://www.lrrd.org/lrrd10/1/cati101.htm>

Giraldo L y Bolívar D 1999 Evaluación de un sistema silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* en clima frío de Colombia.

Holdridge L 1978 Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica

Holguán V 2007 El aprendizaje participativo como base de un cambio positivo del uso del suelo en fincas ganaderas de Costa Rica. *Livestock Research for Rural Development*.
<http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd19/4/holg19053.htm>

Humberto J y Salazar R 2011 Establecimiento de un banco proteico y un sistema silvopastoril para la producción de ovinos a base de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Corporación Universitaria La Sallista.

Mahecha L, Gallego L A y Pelaez F 2002 Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15, 213–225.

Menke K and Steingass H 1988 In vitro gas production technique Description of Solutions Required for the Gas Technique analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 6–7.

Mertens D 1994 Regulation of forage intake. 450–493. In: Fahey GC et al. (ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. *American Society of Agronomy*.

Murgueitio E y Chará J 2013 Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 313–316.

Nahed-Toral J, Sanchez-Muñoz B, Mena Y, Ruiz-Rojas J, Aguilar-Jimenez R, Castel J M, de Asis Ruiz F, Orantes-Zebadua M, Manzur-Cruz A, Cruz-Lopez J and Delgadillo-Puga C 2013 Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 43, 136–145.

Naranjo J F and Cuartas C A 2011 Nutritional characterization and ruminal degradation kinetics of some forages with potential for ruminants supplementation in the highland tropics of Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(1), 9–19.

Nogueira J, Fondevila M, Barrios M and González M 2000 In vitro microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. *Animal Feed Science and Technology*, 83, 145–157.

NRC 2001 *National Research Council. The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh edition. National Academy Press.*

Nsahlai I, Umunna N and Negassa D 1995 The effect of multi-purpose tree digesta on in vitro gas

production from napier grass or neutral-detergent fibre. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69, 519–528.

Ochoa S P, Cerón J M and Arenas J 2013. Evaluation of ryegrass (*Lolium sp.*) establishment in kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) paddocks using zero tillage. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 26–35.

Ospina L 2016 Análisis prospectivo de especies arbóreas y arbustivas con potencial nutricional en la cuenca del río Tapias y Tareas (Informe Colciencias) .

Paucar P F 2010 Evaluación y Caracterización Morfoagronómica del *Plantago lanceolata* .

Rao I M, Ortiz M, Beck R F y Gomez-Carabali A 1997 Adaptación de una gramínea (C4) y dos leguminosas (C3) forrajeras a un Andisol ácido degradado de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 20(1), 2–8.

Roa M y Muñoz J 2012 Evaluación de la degradabilidad in situ en bovinos suplementados con cuatro especies arbóreas. *Revista MVZ Córdoba*, 17(1), 2900–2907.

Robinson P H, Mathews M C and Fadel J G 1999 Influence of storage time and temperature on in vitro digestion of neutral detergent fibre at 48 h, and comparison to 48 h in sacco neutral detergent fibre digestion. *Animal Feed Science and Technology*, 80, 257–266.

Rosales M 1999 Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. *FAO - Animal Production and Health Paper*, 201–258.

Sánchez M y Rosales M 1998 Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica* (pp. 1–12).

Theodorou M and Williams B 1994 A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*.

Tokarnia C e Dobereiner J 1982 Intoxicación experimental por *Crotalaria mucronata* (Leg. Papilionoideae) em bovinos. *Pesquisa veterinaria brasileira= Brazilian*.

Valverde A, Gutierrez M, Merino B y Aguirre Z 2016 *Guía de plantas utiles*.

Van Soest P J and Wine R H 1967 Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Association of official analytical chemists*, 50(1), 50–55.

Vargas W 2002 *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales*.

Zapata A, Murgueitio E y Mejía C 2006 Efecto del pago por servicios ambientales en la adopción de sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos de la cuenca media del río La Vieja, Colombia. *Agroforestería de las Americas*, 86–92.

