

# Valor nutricional de la morera (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum máximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*)

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN



Diana Isabel Hurtado<sup>1</sup>, Sergio Nocua<sup>2</sup>, William Narváez-Solarte<sup>2</sup>, Julio E. Vargas-Sánchez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Salud Animal, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

<sup>2</sup> Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

<sup>3</sup> Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

wnarvaez@ucaldas.edu.co

(Recibido: noviembre 24, 2011; aprobado: marzo 2, 2012)

**RESUMEN:** Se evaluaron cuatro forrajes tropicales en la alimentación de cuyes. Se utilizaron 20 cuyes machos adultos, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos, cinco repeticiones por tratamiento y un animal por unidad experimental. Los animales fueron alimentados con morera (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum máximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*). La mayor calidad nutricional la presentó el forraje de arboloco, al presentar los mejores coeficientes de digestibilidad de la materia seca, fibra bruta, extracto etéreo, extracto no nitrogenado, el mayor valor energético en nutrientes digestibles totales y energía digestible de 3734 Kcal/kg de forraje en MS. Sin embargo, el consumo expresado en materia seca de este forraje por parte de los animales fue el 58% con relación al consumo de pasto india. El forraje de morera presentó un valor energético alto, aunque inferior al del arboloco, se destaca el valor energético de 2660 Kcal de ED/kg, la digestibilidad de la proteína del 75% y el consumo de materia seca de 41,1 g/animal/d. El matarratón presentó el mayor contenido de proteína bruta con el mayor coeficiente de digestibilidad, sin embargo, su valor energético fue de solo 1924 Kcal de ED/kg; bajo consumo en materia seca. El pasto india, tuvo el menor valor nutricional, explicado por el bajo contenido de nutrientes, una digestibilidad de los nutrientes de 32 a 55% y bajo contenido energético; sin embargo, fue el mejor consumido en materia seca, lo cual parece ser el resultado del esfuerzo de los animales por satisfacer sus requerimientos nutricionales. Existió alta relación entre el coeficiente de digestibilidad de la materia seca y el contenido de NDT, así como entre los NDT y el contenido de energía digestible.

**Palabras clave:** alimento, digestibilidad, forraje, nutrición, proteína

## Nutritional value of mulberry (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), indian grass (*Panicum máximum*) and arboloco (*Montanoa quadrangularis*) in the feeding of guinea pigs (*Cavia porcellus*)

**ABSTRACT:** Was evaluated the nutritional value of four tropical forages in the feeding of guinea pigs. Food consumption, apparent digestibility coefficients and energy values (TDN and digestible) were measured. Twenty mature male guinea pigs, were used. They were distributed in a complete randomized block design, with four treatments, five repetitions for treatment and one animal for experimental unit. The animals were fed either with mulberry (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), Indian grass (*Panicum máximum*) or arboloco (*Montanoa quadrangularis*), during the experimental period. The highest nutritional value was shown by arboloco, since it presented the higher digestibility coefficients for dry matter, crude fiber, ether extract and free nitrogen extract, and the highest energy value expressed in total digestible nutrients and digestible energy of 3734 Kcal/kg of DM. However, its consumption level was only 58% of indian grass. Mulberry was de second best, it showed lower energy value than arboloco (2660 Kcal DE/kg) and a crude protein digestibility coefficient of 75% and dry matter consumption level of 41.1 g/animal/d. Matarratón showed the highest crude protein content with the uppermost digestibility coefficient, however its energy value was only of 1924 Kcal DE/kg; and consumption level were low. Indian grass had the lowest nutritional value with low nutrients content, digestibility coefficients of 32 to 55% and low energy value content; however it showed the highest dry matter consumption by the animals, which seems to be the result of an animal effort to fulfill its nutritional requirements. There was a high relationship between dry matter digestibility coefficient and TDN, as well as between TDN and digestible energy content.

**Key words:** food, digestibility, forage, nutrition, protein

## Introducción

A nivel mundial se vienen desarrollando importantes esfuerzos para desarrollar el potencial nutricional de los recursos alimenticios disponibles localmente; dentro de estos recursos se ha dado particular importancia a los árboles y arbustos forrajeros (Sánchez & Rosales, 1998). Entre las especies arbóreas forrajeras tropicales más estudiadas se destaca principalmente el matarratón (*Gliricidia sepium*), y en menor grado la morera (*Morus* sp.). Sin embargo dada la megadiversidad biológica propia del trópico americano, es factible que exista un apreciable número de especies vegetales con las características ideales en un árbol o arbusto forrajero. Una de estas especies puede ser el arboloco (*Montanoa quadrangularis*), ya que ha mostrado características importantes en una forrajera como son: facilidad de propagación, adaptación a suelos pobres, fuertes sistema radicular, rápido crecimiento, buen nivel de nutrientes en sus hojas y múltiples formas de usos.

La evaluación del valor nutricional es uno de los primeros pasos en la identificación y desarrollo de nuevas alternativas de especies forrajeras; sin embargo, cuando se ha superado el análisis químico y es necesario trabajar con animales, los costos de investigación se pueden elevar considerablemente, pero con una especie animal herbívora como el cuy (*Cavia porcellus*), que tiene gran capacidad de adaptación a diferentes ecosistemas, es factible evaluar en primera instancia el valor nutricional de nuevos recursos de forma rápida y eficiente. El objetivo del presente experimento fue determinar el valor nutricional del forraje del arboloco, la morera y el matarratón en la alimentación de cuyes.

## Revisión de literatura

**El cuy (*Cavia porcellus*):** El cuy se explota en la región Andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú; se adapta a diversas condiciones climáticas pudiendo encontrarse desde la costa o el llano hasta alturas de 4500 msnm y en zonas tanto frías

como cálidas. Algunas de las ventajas del cuy son su calidad de especies herbívoras, su ciclo reproductivos corto, la capacidad de adaptación a diferentes ecosistemas y su alimentación versátil que utiliza insumos no competitivos con la alimentación de otros monogástricos (Chauca, 1997).

El cuy es una especie herbívora monogástrica, pero la digestión enzimática que se inicia en el estómago es complementada con la fermentación microbiana que se realiza en el ciego, cuyo grado de actividad depende de la composición de la dieta. Sin embargo, para el normal funcionamiento del aparato digestivo es necesario que la dieta contenga altos niveles de fibra. Según Gómez & Vergara (1993) mientras el tránsito del alimento entre el estómago y el ciego dura solo dos horas, en el ciego permanece por más 48 horas. Allí se lleva a cabo la fermentación bacteriana de la celulosa y la hemicelulosa con producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbial y vitamina del complejo B, semejante a los procesos ruminales (Caicedo & Egas, 1993). La absorción de los ácidos grasos de cadena corta se lleva a cabo en el ciego y en el intestino grueso, mientras la absorción de los otros nutrientes se realiza en el estómago e intestino delgado (Hagen & Robinson, 1986 *apud* Gómez & Vergara, 1993).

La energía requerida proviene principalmente de los carbohidratos, que constituyen el 75% de la materia seca de los vegetales y están compuestos por una combinación de azúcares solubles, dextrinas, almidón, hemicelulosa, celulosa y lignina. Los carbohidratos solubles se absorben en la porción anterior de intestino delgado, mientras los estructurales son degradados por la microflora del ciego (Church & Pond, 1977). Además se obtiene energía de los lípidos y las proteínas vegetales.

A nivel del ciego, la acción microbiana también da origen a vitaminas y otros nutrientes (Aliaga, 1979) cuya absorción se favorece por el contenido de fibras de los alimentos, ya que estos retardan el paso del contenido intestinal. Según el mismo

autor, en esta especie los mejores rendimientos productivos se han obtenido con la inclusión del 15% de fibra en la dieta.

Como en otras especies animales, el suministro inadecuado de proteína tiene como consecuencia un menor peso al nacimiento, escaso crecimiento, baja en la producción de leche, baja fertilidad y menor eficiencia alimenticia. Con relación a los minerales cabe mencionar que la solubilidad y el aprovechamiento dependen de la forma en que se encuentren en el alimento y del pH intestinal (McDonald et al., 1999).

Los cuyes carecen de las enzimas necesarias para convertir L-gulonolactona en ácido ascórbico, por eso, al ser alimentados con forrajes secos deben recibir una suplementación de vitamina C, hasta cubrir los 200 mg/kg requeridos por los animales para una adecuada síntesis de esteroides adrenales (Ortegón & Morales, 1987).

Las fuentes de agua del cuy son las proporcionadas por los alimentos, por el agua de bebida y la producida en el metabolismo por oxidación de los nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno (Correa, 1986). El mismo autor, señala que el consumo de agua es inversamente proporcional al consumo de forraje verde. Según Zaldívar & Chauca (1994), los cuyes requieren diariamente 105 ml de agua por kilogramo de peso vivo, cantidad que puede variar dependiendo del tamaño del animal, estado fisiológico, sanitario y de producción, cantidad y tipo de alimento ingerido, temperatura y humedad ambientales (Gómez & Vergara, 1993).

**Morera (*Morus sp.*):** Especie que crece en zonas con fotoperiodo entre nueve a 13 horas de luz, ubicadas entre los 1000 a 1500 msnm, con humedad relativa del 65 al 80%, precipitación anual de 600 a 2500 mm y temperatura ambiental entre los 24 a 28°C. Esta especie presenta mayor producción en suelos profundos, de textura liviana a media, que posean alta cantidad de materia orgánica, con pH cercano a 7 y que no sean inundables.

Una de las principales variedades de la especie es la kamba 2, originaria de la India, en donde se han obtenido hasta 40 ton/ha/año de hojas frescas, equivalentes a 10 ton de materia seca (Mehla et al., 1987). Entretanto, en Colombia se han observado producciones mayores a las 30 ton/ha/año (Bustamante, 1997). El cual señala que la morera se caracteriza por su alto valor nutricional. La hoja posee alto valor proteico, vitamínico y mineral, con bajo contenido de materia seca, sin compuestos tóxicos o antinutricionales identificados, características que la han convertido en alimento de alta calidad para la alimentación de gusano de seda

Esta especie forrajera se ha utilizado con buenos resultados zootécnicos en la alimentación de novillos, de vacas lecheras (Benavides et al., 1994; Jegou et al., 1994). El follaje de la morera se ha utilizado en la alimentación de cabras (Benavides et al., 1994) y de corderos estabulados como suplemento al pasto de corte (Jayal & Kehar, 1962; Benavides, 1986; Prasad & Reddy, 1991).

En los conejos se observa disminución en el consumo de ración balanceada pasando de 110 a 17,5 g/d, al recibir morera *ad libitum*, con mínimo efecto sobre la ganancia de peso, pero con reducción en más del 50% de los costos de producción (Lara et al., 1998). Similar disminución en el consumo de alimento balanceado y en los costos de producción fue observada por Singh (1984), al suplementar con hojas de morera a conejos Angora. Así mismo, Desmukh et al. (1993) ofrecieron hojas de morera como alimento exclusivo a conejos adultos, y encontraron consumos de 68,5 g de MS al día, con 11,2 g de proteína y 175 Kcal de energía digestible. Los valores de digestibilidad que determinaron fueron de 74% para la proteína cruda, 59% para la fibra cruda y 64% para la materia seca.

**Matarratón (*Gliricidia sepium*):** Leguminosa arbórea originaria de Centro América y norte de Sur América, que crece desde el nivel del mar hasta los 1600 m de altitud, en una amplia variedad de suelos incluyendo los ácidos con pH

de 5 a 7, y erosionados, con buen crecimiento tanto en suelos livianos como en los profundos. Para su mejor crecimiento requiere temperaturas ambientales entre 22°C y 30°C, con 800 a 2300 mm de precipitación. El matarratón se caracteriza por alcanzar hasta 15 m de altura y 40 cm de diámetro, con una producción de 6200 kg/ha/corte de forraje verde en época de lluvia y 800 kg/ha/corte en época seca, con cortes trimestrales. Esta leguminosa, se usa comúnmente para ramoneo o como banco de proteína, además de ser utilizada también para cercas vivas, siendo propagada ya sea sexual o asexualmente (Bernal, 1991).

El matarratón contiene nitratos, nitritos y glucósidos cianogénicos precursores del ácido cianhídrico que inhiben la citocromo-oxidasa y provocan la muerte por anoxia histotóxica, a la cual los monogástricos son más sensibles que los rumiantes (Humpheyers, 1990).

El matarratón contiene un alto contenido de proteína bruta, con valores que van desde 18,8 hasta 27,6% en las hojas y de 14,1 a 25% en tallos tiernos con un 65% digestibilidad.

**Pasto india o guinea (*Panicum maximum*):** Especie originaria del África tropical. Es perenne y de crecimiento erecto, con desarrollo en matojos y con baja cobertura del suelo. Según Estrada (1991) se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm, y gracias a su buen sistema radicular resiste bien las sequías. En estado de prefloración o cuando alcanza de 0,8 a 1 m de altura se considera la época más adecuada para el pastoreo, pues, en estas condiciones presenta hasta 60% de digestibilidad. El pasto india puede producir de 12 a 15 ton de forraje seco/ha/año, equivalentes a 70 ton de forraje verde/ha/año.

En cuanto a su toxicidad el pasto india contiene nitratos y nitritos y glucósidos cianogénicos. Además posee filoeitricinas productoras de fotosensibilidad (Humpheyers, 1990).

**Arboloco (*Montanoa quadrangularis*):** Es un árbol propio de la zona Andina de Colombia y Venezuela, crece desde los 1400 a 2500 msnm,

en terrenos sueltos con profundidad mediana, húmedos y bien drenados y se adapta tanto a tierras fértiles como a erosionadas (Restrepo, 1997).

Con una densidad de siembra de 1.111 árboles/ha, se alcanza una producción de forraje fresco de 5,83 ton/ha y de 13,12 ton/ha sembrando 2.500 árboles/ha. Con esta última producción se pueden alimentar 14 terneros destetos durante un año, ofreciéndoles entre 100 y 120 g de proteína al día, la cual suple en 30% los requerimientos proteicos de los animales (Vallejo, 1999).

Según Álvarez (1999), los resultados del análisis bromatológico, realizados en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Caldas, permiten clasificar al arboloco como una especie susceptible de ser establecida como cultivo o banco de proteína para la producción de forraje, sembrada a densidades entre 5.000 y 2.500 plantas/ha. El mismo autor afirma no haber detectado compuestos antinutricionales como fenoles, alcaloides, esteroides y saponinas.

Para hacer un cálculo adecuado de la digestibilidad, es importante que las heces recolectadas representen cuantitativamente el residuo no digerido del alimento consumido previamente medido (Maynard *et al.*, 1989).

En monogástricos, los residuos de alimentos pasan a través del tracto gastrointestinal en un periodo comprendido entre uno y tres días, en consecuencia, en los ensayos de digestibilidad es necesario disponer de un período pre-experimental durante el cual el tracto digestivo elimina los residuos de alimentos consumidos previamente, y el animal se adapta a la dieta a evaluar, para lo cual se recomienda un periodo de recolección de cuatro a seis días (Gálvez, 1998).

## Materiales y Métodos

**Localización:** El experimento se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas, en

Manizales, Colombia, situada a 5°02'50" de latitud Norte y 75°29'02" de longitud Oeste y a 2085 msnm, con una humedad relativa promedio de 80%, y temperatura ambiental promedio de 17°C.

Los cuyes fueron alojados individualmente en jaulas metabólicas cilíndricas (20 cm de altura, 30 cm de diámetro y 0,188 m<sup>2</sup> de área), provistas de comedero y bebedero. Las jaulas se ubicaron en un local de 5 x 4 m con temperatura ambiental promedio de 20,7±6,0°C y ventilación controlada.

Se emplearon 20 cuyes machos adultos mestizos de raza peruana por colombiana, con un peso promedio de 794 g. Los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación a los tratamientos, que duró 10 días; el cambio de dieta se realizó gradualmente, en consecuencia, la oferta de forraje se incrementó diariamente hasta constituirse en el único alimento ofrecido. Además se les administro complejo B y una dosis de vermífugo. Finalizado el período de adaptación, los animales se pesaron y se inició el período experimental, el cual tuvo una duración de cinco días.

Se empleó un diseño en bloques completos al azar, la variable que se bloqueo fue el peso inicial de los animales, con cuatro tratamientos (T1: morera, T2: matarratón, T3: pasto india y T4: arboloco), cinco repeticiones por tratamiento y un animal por unidad experimental. Diariamente, cada animal recibió 250 g de forraje verde, cantidad establecida durante el periodo pre-experimental, y agua a voluntad.

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza, cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas se realizó la prueba de Tukey (P<0,05).

### VARIABLES EVALUADAS

**Consumo de alimento:** Se determinó diariamente mediante la diferencia entre las cantidades de alimento ofrecido y rechazado.

**Coefficiente de digestibilidad aparente:** Se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca (MS) proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y cenizas (C), mediante el método de colecta total de heces. El coeficiente de digestibilidad (CD) se calculó usando la siguiente fórmula:

$$CD = \frac{\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

La ingestión de nutrientes se determinó con base en los resultados del análisis proximal del alimento ofrecido en cada tratamiento, compuesta de sus muestras colectadas diariamente, 300 g forraje fresco, y el valor promedio de la variable consumo de materia seca.

Diariamente se cuantificó la cantidad de heces producidas por cada unidad experimental. Igualmente, para la ingestión de nutrientes, se realizaron los análisis bromatológicos de las heces de cada tratamiento. Normalmente, junto con las heces se encontraron algunas impurezas como pelos y residuos de alimento, las cuales se retiraron antes de realizar el pesaje y selección de la muestra para el análisis proximal, realizado en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Caldas.

El valor biológico de los tratamientos se calculó determinando inicialmente los nutrientes digestibles totales (NDT) y posteriormente la energía digestible (ED), mediante las siguientes ecuaciones:

$$NDT = (PC\%)(CD) + (EE\%)(CD) + (ELN\%)(CD) + (FB\%)(CD)$$

$$ED = \text{Energía bruta de alimento (EBA)} - \text{Energía bruta de las heces (EBH)}$$

El calor de combustión o valor de energía bruta, tanto del alimento como de las heces se determinó en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, utilizando una bomba calorimétrica de Parr.

## Resultados y Discusión

**Consumo de alimento.** El máximo consumo de materia seca ( $P < 0,05$ ) se presentó con el pasto india, con un promedio de 57,1 g, seguido por la morera con 41,2 g, arboloco 31,5 g y matarratón 28,9 g, siendo los dos últimos estadísticamente similares ( $P > 0,05$ ) entre sí y en los cuales los animales presentaron los peores consumos.

La notoria diferencia en consumo entre los animales de tratamiento pasto india y los demás, puede estar relacionado con la baja densidad nutricional del pasto (Cuadro 1), frente a lo cual los animales alteran su consumo pretendiendo satisfacer sus requerimientos nutricionales energéticos, los cuales el pasto no alcanza a satisfacer (Caicedo, 1992).

**Tabla 1.** Análisis proximal<sup>1</sup> y energía bruta<sup>2</sup> en Kcal/kg, de la morera, el matarratón, el pasto india (*Panicum maximum*) y el arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes.

Tratamiento	MS %	PB %	FB %	EE %	ELN %	MM %	EB Kcal/kg
Morera	31,5	18,1	24,3	2,1	42,1	13,2	4.121,5
Matarratón	27,5	27,5	24,5	3,5	31,3	13,1	4.563,7
India	22,8	8,7	16,3	2,5	59,3	13,0	4.009,5
Arboloco	27,2	14,1	19,4	3,1	52,0	11,1	4.500,1

<sup>1</sup> Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Caldas.

<sup>2</sup> Laboratorio de Química de la Universidad Nacional Sede Manizales.

MS: materia seca; PB: proteína bruta; FB: fibra bruta; EE: extracto etéreo; ELN: extracto no nitrogenado; MM: materia mineral; EB: energía bruta.

El bajo consumo de matarratón (28,9 g) puede ser debido a su contenido de nitratos, nitritos, factores antinutricionales, especialmente de glucósidos precursores de ácido cianhídrico los cuales inhiben la citocromo oxidasa A3 (Humpheys, 1990).

El nivel de consumo intermedio obtenido con los forrajes arboloco y morera, coincide con el máximo consumo de energía digestible de 117 y 109 Kcal, respectivamente, lo cual hace pensar que el consumo pudo estar limitado por el nivel de energía. Esta aproximación también explica el mayor consumo observado en el tratamiento de pasto india, en donde el consumo de energía solo alcanzó 79,8 Kcal. Caicedo *et al.* (1995), afirman que en los cuyes el consumo de energía es un factor determinante del consumo.

**Digestibilidad de la materia seca.** Con relación a la digestibilidad de la materia seca (Tabla 2), se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,01$ ) entre el arboloco y la morera y entre estos dos forrajes difirieron ( $P < 0,05\%$ ) con el matarratón y el pasto india.

En términos generales, la digestibilidad de la materia seca permite identificar que el arboloco y la morera presentan un mayor valor nutricional que el matarratón y el pasto india.

**Digestibilidad de la proteína bruta.** Se determinaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0,01$ ) entre los coeficientes de digestibilidad de los tratamientos (Tabla 2). La prueba de Tukey determina que los coeficientes de digestibilidad de la proteína del matarratón y del arboloco son estadísticamente similares ( $P > 0,05$ ); y que la digestibilidad de estos es superior ( $P < 0,05$ ) a la de la morera y a la del pasto india.

La alta digestibilidad de la proteína del matarratón y del arboloco, puede estar influenciada por el bajo nivel de consumo de estos forrajes, ya que esta puede ser la consecuencia de un mayor tiempo de permanencia del bolo alimenticio en el tracto gastrointestinal lo que aumentaría la digestión, gracias al mayor tiempo de contacto de la digesta con las vellosidades del intestino delgado (Gómez & Vergara, 1993). Además,

Aliaga (1979) sostiene que la digestibilidad de la proteína se encuentra ligada al contenido de fibra del alimento, debido a que esta última, retarda el paso del contenido intestinal, permitiendo así mayor absorción de los nutrientes.

**Digestibilidad de la fibra bruta.** La digestibilidad aparente de la fibra bruta del arboloco (Tabla 2) presenta diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ) al ser comparada con la de los demás tratamientos. Entretanto, no existieron diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ) entre la digestibilidad de la fibra bruta de la morera y la del matarratón. Por otro lado, fue la proteína del pasto india, la que presentó el menor coeficiente de digestibilidad (Tabla 2). Es de resaltar que en el pasto india la baja digestibilidad de la fibra coincide con un bajo nivel de proteína cruda; y se ha demostrado que los alimentos ricos en proteínas promueven el desdoblamiento microbiano de la fibra, pues provee de vitaminas específicas o de otros factores necesarios para el mejor crecimiento de las bacterias estimulando la actividad microbiana (Maynard *et al.*, 1989).

**Digestibilidad del extracto etéreo.** Existieron diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ) entre las medias

de tratamientos de la digestibilidad del extracto etéreo; los forrajes arboloco y pasto india tuvieron mayor digestibilidad que el matarratón y la morera (Tabla 2). En general, los valores de digestibilidad de este nutriente son bajos y posiblemente estén relacionados con el bajo contenido de extracto etéreo de todos los forrajes experimentados (Tabla 1), situación que dificulta la determinación precisa de la digestibilidad y genera alta variabilidad de los resultados, como se puede corroborar en el coeficiente de variación de los resultados mostrados en la Tabla 2; adicionalmente, dichos valores pueden deberse a la presencia de ceras y esteroides, los cuales no son absorbidos en el tracto gastrointestinal y dificultan la absorción de grasas saturadas e insaturadas de bajo peso molecular (Gálvez, 1998; McDonald *et al.*, 1999).

**Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno.** La digestibilidad del ELN del arboloco y de la morera (Tabla 2) fue mayor ( $P < 0,01$ ) que la del pasto india y el matarratón, los cuales fueron a su vez diferentes entre sí ( $P > 0,01$ ).

**Tabla 2.** Coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca (%).

Tratamiento	MS	PB	FB	EE	ELN	MM	NDT	EB
Morera	73,5b	74,9b	80,0b	14,6c	77,5a	65,6b	63,6b	2660,6b
Matarratón	49,9c	91,6a	75,0b	15,1b	15,3c	68,4b	42,3c	1924,9c
India	45,5c	40,9c	54,0c	32,5ab	45,1b	41,5c	41,2c	1398,5c
Arboloco	86,8a	87,7a	89,0a	53,9a	88,4a	82,6a	79,7a	3734,7a
CV%	8,6	5,9	5,2	15,5	4,4	8,5	9,1	11,6

Medias de tratamientos seguidos por letras diferentes dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

MS: materia seca; PB: proteína bruta; FB: fibra bruta; EE: extracto etéreo; ELN: extracto no nitrogenado; MM: materia mineral; EB: energía bruta; CV%: coeficiente de variación.

El arboloco y la morera presentan una alta digestibilidad del ELN, lo cual puede indicar que en dicho forraje esta fracción tiene una mayor proporción de carbohidratos solubles que de carbohidratos estructurales; caso contrario puede estar sucediendo en el pasto india que muestra la menor digestibilidad. La imprecisión en la determinación de la fracción extracto libre de nitrógeno es una de las debilidades del análisis proximal de alimentos, especialmente de aquellos con alto contenido de fibra (Van Soest, 1994). La digestibilidad del extracto libre de nitrógeno del matarratón muestra valores negativos, lo cual puede estar relacionado con la imprecisión del método comentada anteriormente, pero agravada por el hecho que en el matarratón existen algunos compuestos que taponan los filtros y dificultan la determinación de la fracción de fibra bruta y por consiguiente la de extracto libre de nitrógeno.

**Digestibilidad de la materia mineral.** La digestibilidad de las cenizas (Tabla 2) del arboloco fue mayor ( $P < 0,05$ ) que la del matarratón, sin embargo, la digestibilidad de la fracción mineral de este último fue similar ( $P > 0,05$ ) a la de la morera. Por otro lado, fueron las cenizas del pasto india las que presentaron la peor digestibilidad de las materias primas evaluadas. La absorción de minerales está influenciada por la forma en que se encuentran los minerales dentro del alimento (McDonald et al., 1999) y por interrelaciones entre estos y las fracciones orgánicas de los alimentos (Maynard et al., 1989). Los valores de digestibilidad que se observaron en este ensayo deben ser utilizados con precauciones, ya que una gran proporción de los minerales absorbidos son secretados en el intestino y por lo tanto el coeficiente de digestibilidad no es totalmente preciso.

**Nutrientes digestibles totales (NDT).** Se identificaron diferencias significativas ( $P > 0,01$ ) entre los NDT del arboloco y los de la morera (Tabla 2) y entre los NDT de estos forrajes con los del matarratón y el pasto india ( $P < 0,05$ ).

Existe una estrecha relación entre el coeficiente de digestibilidad de la materia seca y los nutrientes digestibles totales, considerando que el cual necesita una ración con 65 a 70% de NDT (Caicedo, 1992), se puede plantear que únicamente el arboloco satisface estos requerimientos, seguidos por la morera que se acerca al límite inferior, mientras que el matarratón y el pasto india no cubren estas necesidades, quedando la dieta del animal deficiente en NDT.

**Energía digestible.** Se observaron diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ) entre la ED del arboloco (Tabla 2) y los otros tratamientos; al igual que la energía digestible de la morera es estadísticamente superior ( $P < 0,05$ ) que la del matarratón y el pasto india. El cual en fase de crecimiento requiere 2.800 Kcal de ED/kg de alimento, cantidad de energía que es cubierta únicamente por el arboloco, seguido por la morera que presenta una deficiencia de 134,6 Kcal de ED/kg de forraje; mientras que el matarratón y el pasto india no satisfacen los requerimientos energéticos del animal. (Nutrient Requirements of Laboratory Animals, 1990 *apud* Caicedo, 1992),

## Conclusiones

La mayor calidad nutricional para la alimentación de cuyes la presentó el forraje de arboloco (Tabla 3), ya que presentó los mejores coeficientes de digestibilidad de la materia seca, fibra bruta, extracto estéreo, extracto libre de nitrógeno y mayor cantidad de nutrientes digestibles totales y energía digestible por kilo de forraje. Sin embargo, el consumo de materia seca de este forraje fue solo del 58%. El forraje de morera presentó un valor energético alto, aunque inferior al del arboloco, y un destacable consumo de materia seca correspondiente a 41,1 g/animal/d. Por otro lado, el matarratón tuvo el mayor contenido de proteína bruta y de mayor digestibilidad, sin embargo, el consumo de materia seca y su valor energético fueron bajos.



**Tabla 3.** Calificación del coeficiente de digestibilidad aparente de morera (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum máximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (muy alto >90%, alto 75-89%, medio 55-74% y bajo <54%).

Forraje	MS	PB	FB	EE	ELN	MM	NDT
Morera	Media	Media	Alta	Baja	Alta	Media	Media
Matarratón	Baja	Muy alta	Media	Baja	Baja	Media	Baja
India	Baja	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Baja
Arboloco	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta	Alta

MS: materia seca; PB: proteína bruta; FB: fibra bruta; EE: extracto etéreo; ELN: extracto no nitrogenado; MM: materia mineral; NDT: Nutrientes digestibles totales

El pasto india tuvo valor nutricional explicado por el bajo contenido de nutrientes y baja digestibilidad y bajo contenido energéticos; condiciones que pudieron influenciar para que los animales lo consuman en mayor proporción expresado en materia seca, en el esfuerzo de estos por satisfacer sus requerimientos nutricionales.

### Referencias Bibliográficas

- Aliaga, R.L. **Producción de Cuyes**. 1.ed. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 1979. p.145-178.
- Álvarez, M.L.M. **Guía para el cultivo y aprovechamiento del arboloco: *Montanoa quadrangularis* Shultz Bip, in k koch**. Santafé de Bogotá: Convenio Andrés Bello (CAB), 1999. 48p.
- Benavides, J.E. **Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de morera (*Morus sp.*) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*)**. En: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas en el proyecto de sistema de producción animal. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1986. p.40-42.
- Benavides, J.E.; Lachaux, M.; Fuente, M. **Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de morera (*Morus sp.*)**. En: Benavides, J.E. (Ed). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1994. p.495-514.
- Bernal, J. **Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo**. 2.ed. Cali, Colombia: Edición Banco Ganadero, 1991. 544p.
- Bustamante, A. **Conceptos básicos sobre producción de hoja de morera y alimentación del gusano de seda**. En: Federación Nacional de Cafeteros – Fedecafé, Bogotá, Colombia. **Memorias...** Ministerio de Agricultura, Fedecafé; 1997.
- Caicedo, V.A. **Investigaciones en cuyes**. En: III Curso Latinoamericano de Producción de Cuyes - UNA La Molina, Lima, Perú; 1992.
- Caicedo, V.A.; Egas, L. **Aspectos técnicos e investigación en la explotación de cuyes**. 1.ed. San Juan de Pasto, Nariño: Universidad de Nariño, 1993. 110p.
- Caicedo, V.A. et al. **Composición química de los principales forrajes utilizados en cuyes (*Cavia porcellus*) en clima frío, medio y cálido**. **Journal of Animal Science**, v.7, n1, p.197-219, 1995.
- Chauca, L. **Producción de cuyes (*Cavia porcellus*)**. En: Estudios FAO: Producción y Sanidad Animal, 138. Roma: FAO, 1997. p.77.
- Church, D.C.; Pond, W.G. **Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos**. 1.ed. Zaragoza, España: Centro Editorial Acribia, 1977. 462p.
- Correa, N.R. **La crianza del cuy**. En: Instituto Colombiano Agropecuario –ICA–. Pasto, Colombia, 1986, p.39.
- Deshmukh, S.V.; Pathak, N.V.; Takalikar, D.A. **Nutritional effect of mulberry (*Morus alba*) leaves as sole ration of adult rabbits**. **World Rabbit Science**, v.1, n.2, p.67-69, 1993.
- Estrada A.J. **Pastos y forrajes**. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas, 1991. 196p. (Monografía Universitaria N° 10. Facultad de

- Medicina Veterinaria y Zootecnia).
- Gálvez, A.C. **El cuy (*Cavia porcellus*) y el bosque de las proteínas**. Pasto, Colombia: Universidad Javeriana, CIPAV, IMCA, 1998. 161p. Tesis (Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios).
- Gómez, B.C.; Vergara, V. Fundamentos de nutrición y alimentación. En: I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares, 1993, La Molina. Lima, Perú. **Memorias...** Instituto Nacional de Investigación Agraria, Estación Experimental; 1993. p.38-50.
- Humpheyers, D.J. **Toxicología veterinaria**. 3.ed. Madrid, España. McGraw-Hill, 1990. 366p.
- Jayal, M.; Kehar, N.D. A study on the nutritive value of mulberry (*Morus indica*) tree leaves. **Journal of dairy science**, v.15, n.1, p. 21-27, 1962.
- Jegou, D.; Waelput, J.; Brunshwig. **Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de morera (*Morus sp.*) y amapola (*Malvabiscus arboreus*) en cabras lactantes**. En: Benavides, J.E. (Ed). Arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1994. Vol. I. Serie técnica, Informe técnico No. 236. p.155-162.
- Lara, P.E. ; Sanginés, G.R. et al. Utilización de hojas de morera (*Morus alba*) en la producción de carne de conejo. En: IX Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario, 1998, Conkal, Yucatán. México. **Memorias...** Instituto Tecnológico Agropecuario N° 2; 1998. p.257.
- Maynard, L.; Loosli, J.; Hintz, H. et al. **Nutrición animal**. 4.ed. México: McGraw-Hill, 1989. 640p.
- McDonald, P.; Edward, R.A.; Greenhalgh, J.F. **Nutrición animal**. 5.ed. Zaragoza, España: Editorial Acribia, 1999. 576p.
- Mehla, R.K.; Patel, R.K.; Tripathi, V.N. A model for sericulture and milk production. **Agricultural Systems**, v.25, n.2, p.125-133, 1987.
- Ortegón, M.M.; Morales, A.F. **El cuy (*Cavia porcellus*)**. 1.ed. Pasto, Colombia: Ediciones Técnicas, 1987. 295p.
- Prasad, P.E.; Reddy, M.R. Nutritive value of mulberry (*Morus alba*) leaves in goats and sheep. **Journal of Animal Nutrition**, v.8 n.4, p.295-296, 1991.
- Restrepo, M. Arboloco Aspectos Eco-culturales Convenio 040 de 1997. En: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. **Memorias...** Gobernación de Risaralda, CIAO; 1997.
- Sánchez, M.D.; Rosales, M. Utilización de la morera en sistemas de producción animal. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica – FAO, 1998, Roma. **Memorias...** de la conferencia electrónica FAO; 1998. p.195-200.
- Singh, B. Effect of supplementing Mulberry (*Morus alba*) leaves ad libitum to concentrate diets of angora rabbits on wool production. **Journal of Applied Rabbit Research**, v.7 n.4, p.156-160, 1984.
- Vallejo, C. **Evaluación de la producción de biomasa aprovechable como forrajero de arboloco**. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas, 1999. Tesis (Pregrado en Programa de Agronomía).
- Van Soest, J.P. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca, New York: Comstock Publishing/ Cornell University Press, 1994. 476p.
- Zaldívar, A.M.; Chauca, F.L. Crianza de cuyes. En: Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA, 1994, Lima, Perú. **Memorias...** Ministerio de Agricultura, Boletín Técnico No. 81.