

# La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico ■

Mulberry: a viable alternative for animal feeding systems in the tropic

García, D.;<sup>1\*</sup> Noda, Y.;<sup>1</sup> Medina, M.;<sup>2</sup> Martín, G.<sup>1</sup> y Soca, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Evaluación de Alimentos, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Central España Republicana. Matanzas, Cuba. C.P. 44280.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estado Trujillo, Venezuela.

\*Correspondencia: danny.garcia@indio.atenas.inf.cu

■ Estudio de revisión

## Resumen

Se presenta una revisión sobre las principales características de las especies de morera y sus potencialidades como plantas forrajeras en las condiciones tropicales; se hace énfasis en los aspectos relacionados con su taxonomía, distribución geográfica, principales usos, manejo agronómico, composición química, valor nutritivo y principales metabolitos secundarios presentes en su biomasa. Las especies de morera, oriundas del continente euroasiático, pertenecen a la familia *Moraceae*. En ese sentido, *Morus alba* y *Morus nigra* son las mayormente estudiadas por su gran distribución mundial. Desde tiempos ancestrales la morera se ha utilizado en Asia para la alimentación del gusano que produce la seda y los estudios agronómicos realizados en la sericultura han proporcionado numerosas informaciones. Sin embargo, la influencia de los principales factores en la producción de forraje solamente ha sido estudiada en forma intensiva después de su introducción al Continente Americano a partir de 1980. La morera se caracteriza por presentar una sobresaliente producción de biomasa (2-30

## Abstract

The following is a revision on the main characteristics of mulberry species and their potential as fodder plants under tropical conditions; making an emphasis on the aspects related to their taxonomy, geographical distribution, main uses, agronomic management, chemical composition, nutritional value and principal secondary metabolites present in their biomass. Mulberry species, native to the Euro-Asian continent, belong to the family *Moraceae*. In that sense, *Morus alba* and *Morus nigra* are mostly studied for their great world distribution. Since ancestral times, mulberry has been used in Asia for the feeding worms that produce silk and the agronomic studies carried out in sericulture have provided a lot of information. However, the influence of the forage production's main factors have only been intensively studied after been introduced to the American Continent after 1980. Mulberry is characterized by an excellent biomass production (2-30 tDM/ha/year), high contents of raw protein (>15% DM), appropriate fibrous fraction (20-40%) and digestibility between 70 and 90%. The biomass contains pro-

tMS/ha/año), contenidos elevados de proteína cruda (>15% MS), adecuada fracción fibrosa (20-40%) y digestibilidad entre 70 y 90%. La biomasa contiene agentes pronutricionales (flavonoides), cumarinas, esteroides, saponinas, lectinas y fitoestrógenos. No obstante, los contenidos de estos metabolitos no sobrepasan los niveles críticos establecidos para los rumiantes y solamente los tres últimos grupos presentan potencial antinutricional en monogástricos. En virtud de sus singulares características, las especies de morera constituyen excelentes alternativas alimentarias en los sistemas tropicales de bajos insumos.

#### Palabras clave

Especie forrajera, *Morus alba*, *Morus nigra*, potencial nutritivo, producción animal.

nutritional agents (flavonoids), coumarins, sterols, saponins, lectins and phytoestrogens. Nevertheless, the contents of these metabolites do not surpass the critical levels reported for the ruminants and only the last three groups' present antinutritional potential in monogastrics. Given their singular characteristics, the mulberry species constitute an excellent alternative in the tropical systems with low inputs.

#### Key words

Fodder specie, *Morus alba*, *Morus nigra*, nutritive potential, animal production.

## Introducción

En el trópico latinoamericano, la baja productividad del ganado está relacionada directamente con la poca disponibilidad en los pastizales y el bajo valor nutritivo que presentan los pastos, donde el comportamiento estacional de las especies prateras determina un pobre suministro de biomasa en la época poco lluviosa y, por consiguiente, una deficiente respuesta animal [Sánchez, 2002].

Teniendo en cuenta que los pastos por sí solos no cubren los requerimientos nutricionales de los rumiantes, para una adecuada producción de leche y carne, algunos árboles y arbustos son una buena fuente alternativa para su utilización como alimento suplementario. Éstos se caracterizan por presentar elevados contenidos de proteínas y una alta digestibilidad, comparada con la mayoría de los pastos [Simón, 1998].

Existen muchas especies leguminosas con buenas características forrajeras. No obstante, otras plantas que no se agrupan en esta familia botánica, también presentan reconocidas potencialidades. En este sentido, las especies del género *Morus* sobresalen como fuente de forraje por su excelente capacidad de producción de biomasa [Benavides, 2000], composición química [Duke, 2005], alta degradabilidad ruminal [González *et al.*, 1998], adaptabilidad a diversas condiciones de clima y suelo [Datta, 2002] y disponibilidad [Benavides, 1994; 2002].

A partir de la década de los ochenta, en América Central comenzó a evaluarse su potencial forrajero y se recomendó su uso en sistemas de corte y acarreo para ovinos, caprinos, bovinos y en la alimentación de los monogástricos.

Dadas tales características, estas plantas se proyectan como alternativas alimenticias con alto potencial en el futuro cercano. Por esos motivos, el objetivo fundamental de esta revisión consistió en describir las principales características de las especies de morera y sus potencialidades como plantas forrajeras en las condiciones tropicales.

### 1. Origen, distribución y ecología

Las plantas de morera pertenecen al género *Morus*, familia Moraceae, orden Urticales, subclase Dicotiledónea, clase Angiosperma y división Spermatophyta [Cifuentes y Kee-Wook, 1998]. Son especies cosmopolitas y se ha hecho extremadamente difícil situar con seguridad su origen; sin embargo, varios autores señalan al Himalaya como el lugar más probable de origen [Benavides, 2000; Sánchez, 2001; Datta, 2002]. Los dos informes más ancestrales que incluyen a la morera en la historia de la Humanidad, provienen del año 1123 antes de Cristo; 3128 años atrás en Korea [Ho-Zoo y Won-Chu, 2001], y de la dinastía Ming en China [Xiangrui y Hongsheng, 2001].

Por su parte, Li [2001], clasificó los lugares de origen de *M. alba* en cinco regiones: 1) Este del continente asiático, 2) Archipiélago de Malasia, 3) Suroeste de Asia, 4) Oeste de África y 5) Norte, Centro y Sur de América. El Cuadro 1 muestra la distribución de las especies y variedades de morera en algunas de las zonas más representativas del mundo.

Cuadro 1. Distribución mundial de *M. alba* en algunas zonas representativas.

Zona Geográfica	País	Especies del género <i>Morus</i>	Variedades de <i>M. alba</i>	Referencia
	China	5	10	Yongkang (2002)
	Indonesia	6	2	
Asia	Viet Nam	3	100	Sánchez (2002)
	Japón	6	19?	Machii (2002)
	India	4	17?	Ravindran (1997)
América	Brasil	1	90	de Almedia y Fonseca (2002)
Europa	Italia	5	25	Cappellozza (2002)
África	Tanzania	1	?	Shayo (2002)

?: no se conoce con exactitud.

Desde tiempos remotos, los árboles de morera han crecido de forma individual y silvestre en diferentes partes del mundo. Con el inicio de la sericultura, estas plantas fueron llevadas a diversos países para iniciar la producción del gusano de seda, por lo que existen evidencias de que la domesticación de la morera comenzó hace unos 5,000 años.

El género *Morus* se ha distribuido en casi todo el mundo, tanto en áreas templadas como tropicales, donde sólo la especie *M. rubra* es oriunda de América, y el continente australiano es el único que no cuenta con ninguna de las especies de morera en la actualidad [Sánchez, 2002].

China, la India y Brasil son los países más representativos en cantidades de este cultivo por hectárea; aunque en este último, la mayor cantidad de variedades se han obtenido por cruzamientos genéticos [de Almeida y Fonseca, 2002].

Esta especie puede crecer sobre los 4,000 msnm [FAO, 1990], un rango amplio de temperatura entre 13 y 38 °C [Lim *et al.*, 1990], precipitaciones entre 600-2,500 mm y humedad relativa entre 65 y 80% [Datta, 2002].

*M. alba* se adapta bien a diversos tipos de suelo, principalmente en aquellos que presentan mayor fertilidad [Cifuentes y Ham-Kim, 1998], con buen contenido de materia orgánica [Datta, 2002], bien drenados, de textura media de arcilloarenosas o arenoarcillosas y de topografía plana u ondulada con pendientes inferiores al 40% [Cifuentes y Kee-Wook, 1998]. Además, es tolerante a la salinidad y a la acidez.

## 2. Principales usos

Dada su elevada adaptabilidad y grado de selección, se reportan más de una decena de usos en el mundo; y en la actualidad, más de 42 países la utilizan de una u otra forma. Del total de naciones que cultivan la morera, el desglose —según su uso— corresponde a 60% en actividades agrícolas; 48% en la fabricación de la seda y como forrajera; 26% en labores de jardinería, paisajismo y preparación de infusiones; 31% como alimento y 14% como frutal, además de emplearse para mejorar el ecosistema [Sánchez, 2002].

Independientemente de su utilización en la sericultura, se reconocen otros múltiples empleos y beneficios [Zepeda, 1991], los cuales demuestran el potencial de explotación desde el nivel familiar hasta la industria.

En algunos países como México, Egipto, Turquía, Grecia, Japón y Korea, se usa como árbol frutal. La fruta, llamada mora, se consume fresca o procesada como jugo, mermelada, frutos secos y para fermentar y hacer vino [Arias y Sánchez, 2002; Gerasopoulos y Stavroulakis, 1997]. En otros lugares como Argentina, Bolivia, Perú, Estados Unidos, Francia, Italia y España se utiliza como planta ornamental y como

árbol de sombra [Sánchez, 2002]. La madera de los troncos y las ramas se emplea como leña, en la elaboración de algunas piezas e implementos, en la ebanistería y la construcción [Ye, 2002]; en Japón, la pulpa de la madera se utiliza para elaboración de papel. El Cuadro 2 muestra un resumen de los usos más novedosos de *M. alba* en la actualidad.

Cuadro 2. Usos de *M. alba* en el mundo.

Usos	Parte utilizada	País	Utilización	Referencia
Construcción	Tallo	India	Cabinas, muebles, decoraciones y carruajes	Datta (2002)
Medio de cultivo		China	Multiplicación de <i>Ganoderma lucidum</i> y <i>Auricularia auricula judae</i>	Yongkang (2002)
Materia prima	Ramas y corteza	India y Japón	Fabricación de papel	Machii <i>et al.</i> (2002)
Combustible	Madera	India	Material energético	Datta (2002)
Alimento animal	Forraje	—	Ganado, iguanas, caracoles, peces y aves de corral	Sánchez (2002)

Su uso como medicina natural es milenario; en países como China y Japón le atribuyen propiedades curativas a las hojas, los frutos y la corteza de las raíces, por la elevada actividad biológica de los metabolitos secundarios presentes.

Duke [2005] resume más de 60 propiedades terapéuticas en las diferentes partes de la especie. Se emplea en tratamientos para algunas enfermedades como la diabetes, la hipertensión arterial, la deposición de colesterol, la filiarisis y como laxante, anti-helmíntico, expectorante y diurético [Xiangrui y Hongsheng, 2001]; también las hojas deshidratadas son usadas en infusiones a manera de té [Yongkang, 2002] y el látex se utiliza con éxito en la industria farmacéutica.

*M. alba* presenta un gran potencial para el control de la erosión, especialmente en áreas con grandes pendientes [Pizarro *et al.* 1997]. Su uso como forraje ha demostrado un gran potencial, por la calidad y producción de su follaje, características organolépticas y elevado consumo animal [Benavides, 1996].

En algunas zonas de Tailandia, las hojas y brotes tiernos son consumidos como vegetales; su abundante fructificación permite mantener la biodiversidad animal, especialmente de aves y mamíferos.

### 3. Producción de biomasa

Algunas de las características más sobresalientes de *M. alba* son su excelente producción de biomasa por unidad de área y su alta retención de hojas durante el periodo seco.

La información disponible acerca de la producción de biomasa está relacionada exclusivamente con las hojas, ya que es la parte especialmente utilizada para alimentar al gusano de seda. De Francia se reportan producciones de hoja verde de 17,000 kg/ha con distanciamientos de 7 x 7m. Con mayores densidades se han obtenido rendimientos de 30,000 kg/ha.

Los rendimientos de esta especie están relacionados con la edad de la plantación y, específicamente, con el diámetro del tronco [Benavides, 1991]. El autor reportó que la producción de hoja, por año en monocultivo, se incrementó de 6,500 kg en el primer año hasta 33,500 en el séptimo año. En buenos terrenos, la producción de hojas verdes por planta, varía de 9 a 70 kg/ha cuando el diámetro del tronco a su altura media aumenta de 7 a 55cm. Con 22.5 t de heces humanas y 300 kg de sulfato de amonio, la producción de hojas verdes puede alcanzar 13 t/ha/año [Ting-Zing *et al.*, 1998]. En Paraguay se han obtenido rendimientos de 20,000 kg de hoja fresca en plantaciones de 4 años con podas a 30 cm del suelo [Narimatsu y Kiyoshi, 1975].

Según Ye [2002], el rendimiento de la morera es afectado por una serie de factores, entre los que se destacan: la época, el riego, la densidad de siembra, la fertilización, la frecuencia de corte y la edad de la planta. No obstante, la mayoría de los resultados señalan que los factores que más influyen en el rendimiento de la morera son la densidad de siembra, la fertilización y la frecuencia de corte [Benavides *et al.*, 1986; Benavides *et al.*, 1994; Benavides, 1996].

También se ha demostrado que la posibilidad de intercalar leguminosas herbáceas, arbustivas o arbóreas; así como otros cultivos, como hortalizas, para utilizar su follaje como abono verde, es una alternativa que puede estimular la obtención de altos niveles de producción de biomasa [Reyes *et al.*, 2000].

Otros factores tales, como la variedad y las condiciones edafoclimáticas también pueden influir en la producción. En este sentido, Martín *et al.* [1998], evaluaron cuatro variedades de Morera (Acorazonada, Tigreada, Cubana e Indonesia) y encontraron que la variedad Cubana alcanzó los mayores rendimientos de biomasa total (8,2 tMS/ha); sin embargo, la variedad Acorazonada se destacó por producir 4.6 tMS/ha de biomasa comestible, rendimientos muy superiores al alcanzado por las restantes variedades.

Por otra parte, en tres sitios de Costa Rica, Espinoza y Benavides [1996], reportaron rendimientos de MS total de 14.1, 22.3 y 25.4 t/ha/año para las variedades Criolla, Indonesia y Tigreada, respectivamente. Este autor encontró diferencias en la producción, atribuibles a factores climáticos. En Paquera, donde ocurrió un largo periodo de sequía, la producción promedio de todas las variedades (31.2 tMS/ha/año) duplicó la de Coronado (15.5 tMS/ha/año) a pesar de un mejor régimen de

lluvia. Esto se atribuyó a la mayor luminosidad y las mayores temperaturas en Paquera, así como a la alta nubosidad y la menor temperatura en Coronado.

#### 4. Composición química y valor nutritivo

Todas las especies de morera, especialmente *M. alba*, son consideradas plantas extremadamente peculiares; su composición química y su calidad, desde el punto de vista nutricional, se suman también a las características distintivas de la especie.

Como forraje, reúne excelentes características bromatológicas. Benavides (1991), informa contenidos de proteína cruda superiores al 20% MS y de DIVMS por encima del 80%. Presenta una composición aminoacídica similar a la de la harina de soya; definida como una gran fuente de aminoácidos, de los cuales, la mitad son aminoácidos esenciales [Sánchez, 2002]. Los contenidos de cenizas totales pueden llegar a ser superiores al 15% en dependencia del grado de fertilización del suelo, aunque normalmente oscilan entre 10 y 15% [Shayo, 1997].

Las hojas contienen gran cantidad y diversidad de macro y micro elementos [Noda, 1998], llegándose a observar acumulaciones cuantitativas de Calcio en los idioblastos de las células [Sugimura *et al.*, 1999].

Esta planta presenta apreciables niveles de vitaminas, fundamentalmente de los grupos B y C; de las cuales se destacan los ácidos nicotínico y pantoténico, la riboflavina [Ho-Zoo y Won- Chu, 2001] y el ácido ascórbico (0.3 % MS) [Singh y Makkar, 2002].

En la actualidad, su valor nutritivo ha sido estudiado mediante todas las técnicas de digestibilidad y degradabilidad disponibles en el mundo. Jegou *et al.* [1994], en un experimento *in vivo* utilizando cabras, demostraron que las hojas tuvieron una digestibilidad superior al 78%, y mediante técnica *in vitro* se comprobó un porcentaje de desaparición entre 80 y 90% [Rodríguez *et al.*, 1994].

Por otra parte, en los estudios desarrollados por González *et al.* [1998], la degradabilidad ruminal de las hojas y los tallos tiernos, empleando bolsas de nailon, fue superior al 80% a las 48 horas, lo que demuestra la mayor digestibilidad de estas porciones comparadas con otros forrajes tradicionales como *Leucaena leucocephala* [Tolera *et al.*, 1998].

Adicionalmente, Schmidek *et al.* [2002], observaron degradaciones de la MS, la PC y la fibra neutro detergente (FND) de 93.3; 97.0 y 84.9, respectivamente.

Mediante la técnica de producción de gases, Bing *et al.* [2001], llegaron a la conclusión que el estado de maduración de la hoja, así como el periodo del año, influían en la cantidad de gas producido; mientras que Makkar y Becker [1998], demostraron que las hojas jóvenes presentaban un potencial doblemente superior de producción de gases (60.6 ml/200mg) al compararlas con las hojas maduras.

#### 4.1 Fracción nitrogenada

*M. alba* también se distingue de otros árboles multipropósitos por las características particulares de su fracción nitrogenada, pues aunque es comparable con la que presentan la mayoría de las leguminosas forrajeras del trópico, tiene una calidad proteica superior [Benavides, 1999; González *et al.*, 1998].

Desde el punto de vista cualitativo, la bibliografía recoge consensos divididos en cuanto a la principal proteína presente en las hojas. Sánchez [2002] señala a la Ribulosa-1.5-bisfosfato carboxilasa (RuBisCO) como la principal proteína en la especie, cuyo centro activo es responsable de la fijación del CO<sub>2</sub> [Kellogg y Juliano, 1997]. Asimismo, de forma independiente, Yamashita y Ohsawa [1990] demostraron que el 43% del Nt en *M. alba* pertenece a este compuesto.

Por otra parte, Singh y Makkar [2002] señalan a la Prolamina, aislada a partir del extracto alcohólico-alcalino de las hojas, como una proteína importante, la cual contiene el 12.6 % del Nt, distribuido, fundamentalmente, en N insoluble en HCl, amidas y ácidos mono y diaminados.

También han sido purificadas y caracterizadas las estructuras primarias y secundarias de dos glicoproteínas con actividad antidiabética, denominadas Moran A y Moran 20K, con pesos moleculares de 7.50 y 21.86 kilodalton (KDa), respectivamente [Eun-Sun *et al.*, 1999].

La solubilidad de la fracción nitrogenada, aunque no es elevada 17.3 (%Nt) en buffer de borato-fosfato y 15.7 (%Nt) en buffer de fosfato, es comparable con la de *L. leucocephala* y especies de los géneros *Dendrocalamus*, *Artocarpus* y *Ficus*, lo que evidencia la naturaleza no proteica del N soluble. En cambio, otras especies de leguminosas, tales como *Acacia catechu*, *Albizia stipulata* y *Bauhinia variegata* presentan una mayor solubilidad del Nt [Singh y Makkar, 2002]. Otros autores, empleando la misma técnica analítica, reportan una solubilidad del Nt inferior al 36% [Sarma *et al.*, 2000].

##### 4.1.1 Proteína cruda

La determinación de los niveles de PC en *M. alba*, mediante la utilización del análisis proximal, ha sido el método analítico más empleado por los autores que investigan la composición química de la especie [Deshmukh *et al.*, 1993]. No obstante, este procedimiento, si bien muestra una idea general de la dimensión cuantitativa de la fracción, no ha permitido conocer las características cualitativas, y la calidad proteica del material nitrogenado presente. Las determinaciones simultáneas de PC y de la proteína verdadera (PV) aclaran con mayor solidez las propiedades y características propias del material nitrogenado [Liu *et al.*, 2002].

Existen numerosas investigaciones en las cuales se ha determinado el contenido de PC en las partes comestibles de las especies de morera, con interés en la alimentación animal y en la sericultura; en cultivos intensivos en la India se han obtenido tenores de hasta un 39% [Singh y Makkar, 2002].

La parte de la planta es el factor que más diferencia las concentraciones de PC [Espinosa *et al.*, 1999]. Otros factores tales como: la variedad [Yongkang, 2002], la fertilización química u orgánica [Benavides, 1994], así como la fertilización basal del suelo y el tipo de abono [Ramos *et al.*, 2002], también influyen en los rangos de este indicador.

Al igual que la mayoría de las plantas arbóreas, los factores época [González y Cáceres, 2002], condiciones ambientales, altura de corte [Martín *et al.*, 2002] y densidad de plantación [Boschini *et al.*, 1998; 1999], afectan en menor medida los contenidos nitrogenados.

Con el cúmulo de material empírico, obtenido a partir de las investigaciones sobre esta temática, ya se conocen patrones estables de comportamientos sobre la base de la fisiología vegetal en las plantas de morera perturbadas por el corte [García, 2003]; en este sentido, la edad de rebrote es un factor determinante en la concentración de PC. Los mayores tenores se observan en las frecuencias de defoliación más intensas, las cuales producen hojas de menor edad de rebrote. A partir de los 90 días después del corte, en la mayoría de las plantas arbóreas, incluyendo la morera, se obtienen contenidos similares de este indicador [Boschini, 2002]. El Cuadro 3 muestra la incidencia de los principales factores que afectan el contenido de PB en *M. alba*.

Cuadro 3. Principales factores que afectan el contenido de PC en *M. alba*.

Factor		PC (% MS)	Referencia
Parte de la planta	Hoja	21,10	García (2003)
	Tallo tierno	10,70	
Frecuencia de corte	56 días	25,6	Boschini (2002a)
	84 días	22,2	
	112 días	20,8	
Fertilización química (urea)	0 kg N	17,1	Rodríguez <i>et al.</i> (1994)
	240 kg N	16,6	
	480 kg N	17,4	
Fertilización orgánica (estiércol de cabra)	0 kg N	19,1	Benavides (1994)
	240 kg N	19,3	
	480 kg N	20,2	
Fertilización orgánica (gallinaza)	100 kg N	18,81	García (2003)
	300 kg N	19,10	
	500 kg N	19,57	
Época	PPLL	23,1	González y Cáceres (2002)
	PLL	22,7	
Variedad	Indonesia	21,06	Benavides (2002)
	Tigreada	20,19	

La influencia de la fertilización química en las concentraciones de PC en esta arbórea es polémica y controvertida. La aplicación de 480 kgN/ha/año, a partir de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , produce incrementos significativos en las concentraciones en las hojas [Benavides, 1994]; mientras que con la misma aplicación nitrogenada (480 kgN/ha/año), a partir de urea, se observó poco efecto en los tenores de PC en las hojas y en la biomasa total [Rodríguez *et al.*, 1994].

Por otra parte, con la aplicación de fertilizante orgánico (0 a 480 kgN/ha/año) a partir de estiércol, tampoco se observaron incrementos considerables en las partes comestibles de la planta [Benavides, 1994].

#### 4.2 Metabolitos secundarios, factores antinutricionales potenciales y actividad biológica

Como cualquier planta superior, las especies de morera contienen una amplia gama de metabolitos secundarios en su biomasa comestible; algunos de estos compuestos han surgido por la co-evolución con los organismos herbívoros; otros son sintetizados en determinadas etapas fisiológicas de la planta; en la regulación de los procesos metabólicos, como mecanismos de defensa ante plagas y enfermedades y como reserva de cadenas orgánicas específicas [García, 2003].

Según el resumen realizado por Duke [2005], las hojas de *M. alba* contienen constituyentes volátiles, tales como alcoholes (n-butanol y  $\beta$ - $\gamma$ -hexenol), aldehídos (Metil-etil-acetaldehído, n-butil-aldehído, isobutil-aldehído, valeraldehído, hexaldehído,  $\alpha$ - $\beta$ -hexenal), cetonas alifáticas (Acetona, Metil-etil-cetona, Metil-hexil-cetona), butil-amina, y ácidos grasos volátiles (Acético, Propiónico y Butírico). Además, contiene Malato de calcio, ácido succínico y tartárico, xantofilas, carotenoides, fitatos (forman el 18% del Fósforo total), isoflavonoides (Quercetina 3-glucósido), bases nitrogenadas (Adenina, Colina y Trigonellina), isoprenoides (Citral, Acetato de linalilo, Linalol, Acetato de terpenilo, Hexenol) y esteroides. La madera contiene Morina (0.3-0,4% MS), Dihidromorina, Dihidrokaenferol, 2, 4, 4', 6'-Tetra-hidroxi- benzofenona, Maclurina y 2% MS del estilbeno Hidroxi-resveratrol.

Mediante el empleo del tamizaje fitoquímico, desarrollado por García *et al.* [2003], de un total de 15 grupos de metabolitos, se han detectado compuestos fenólicos simples, flavonoides, cumarinas, carbohidratos secundarios, esteroides, alcaloides y saponinas; estos aparecieron en todas las variedades y los tratamientos investigados, por lo que la presencia de los mismos grupos de compuestos es una de las evidencias del marcado componente genético del metabolismo secundario en el género *Morus* [Ashok *et al.*, 2000].

Por su parte, los taninos que precipitan las proteínas, las proantocianidinas/catequinas (taninos condensados), los cardenólidos, las fitoquinonas y los cianógenos, grupos químicos con mayores índices de toxicidad, se encuentran ausentes.

Dichos resultados coinciden, en cuanto a la inocuidad de estos compuestos en la alimentación de los rumiantes, con las investigaciones de nutrición, en las cuales, la morera ha constituido la dieta predominante. No obstante, se requiere un mayor número de estudios para dilucidar con certeza las verdaderas propiedades deletéreas de las lectinas, los fitoestrógenos y las saponinas, como principales metabolitos con potencial antinutricional en los animales monogástricos.

Resumiendo los niveles de los metabolitos secundarios presentes en la biomasa comestible de *M. alba*, el Cuadro 4 muestra la concentración de los metabolitos presentes con mayor potencial toxicológico.

Cuadro 4. Rango de variabilidad de los metabolitos secundarios fundamentales presentes en *M. alba*.

Parte de la planta	Grupo de metabolitos secundarios (% MS)			
	Polifenoles totales	Flavonoides	Cumarinas	Esteroles
Período lluvioso				
Hojas	2,25-2,89	1,56-1,72	0,45-0,78	1,20-2,10
Tallos tiernos	1,45-1,95	1,60-1,65	0,55-0,64	0,94-1,13
Período poco lluvioso				
Hojas	2,10-2,76	1,58-1,64	0,65-0,68	1,11-1,90
Tallos tiernos	1,05-1,65	1,51-1,55	0,58-0,74	0,54-0,97

Fuente: García (2003).

Las especies de morera constituyen una fuente importante de compuestos químicos con elevada actividad farmacológica [Kim *et al.*, 1998; Sung-Suk *et al.*, 2000]; no obstante, sólo se conocen algunos grupos de metabolitos secundarios, los cuales han sido estudiados principalmente por líneas de investigación afines con la sericultura [Won-Chu y Yeou, 1997; Lee y Kim, 1997], y por la medicina tradicional china [Mingle, 1999].

Resultan asombrosos los reportes que provienen de la zona asiática que describen la elevada efectividad de los extractos de morera, en los tratamientos de innumerables patologías [Yun *et al.*, 1995]. Independientemente de los estudios realizados a nivel de laboratorio para evaluar su potencial farmacológico, otras investigaciones —desde el punto de vista alimentario— se han llevado a cabo para conocer las propiedades curativas del té en la eliminación de metales pesados en el organismo humano [Weicheng, 1999].

Las tres propiedades —hasta el momento— más sobresalientes de *M. alba* en el campo médico, radican en la particularidad que presentan sus soluciones para contrarrestar la hipertensión arterial, la diabetes y los elevados niveles de colesterol [Ho-Zoo y Won-Chu, 2001]. De estas tres características, la más estudiada es la propiedad de

planta antidiabética [Youye, y Fengging, 2000], donde los estudios han estado encaminados a la dilucidación de los mecanismos bioquímicos que lo propician y los compuestos causantes de esta acción [Kim *et al.*, 1999].

En este sentido, Ho-Zoo y Won-Chu [2001], afirman que las propiedades antioncogénicas y antisenecentes son atribuidas a los pigmentos (3% MS), neocarotenos, Isoquercetrina y Iuetina. La actividad diurética y la reacción antialérgica son causadas por los flavonoides Rutina, Quercetina, Astragalina, Quercetina 3,7-diglucósido y Quercetina 3-glucósido; la actividad hipotensiva se debe —en parte— a la presencia de Ácido  $\gamma$ -amino butírico (GABA: 0.62-1.11% MS); la acción antibacteriana es causada por las moléculas de Kuwano, Mulberofurano, Moracenina, Moracina, Dimoracina, Chalcomoracina y Sanggenona. La Umbeliferota, cumarina típica en las hojas, presenta propiedades antiflogísticas; los flavonoides pueden prevenir la alopecia, la arteriosclerosis e inhibir la deposición lipídica; los fitosteroles contienen la asimilación del Colesterol en el intestino delgado; y los alcaloides Deoxinojmicina (peso molecular: 163.17 g/mol), N-Metil-Deoxinojmicina; así como la Amilosa (1,0 % MS), disminuyen los contenidos de carbohidratos solubles en el torrente sanguíneo.

Hornghuey *et al.* [1999], aislaron de *M. australis* un nuevo compuesto denominado Australona B, el cual, en plasma humano mostró una fuerte inhibición de agregación inducida por la Adrenalina, además de presentar efecto inhibidor de los aniones superóxidos en formación en ratas estimuladas químicamente. El extracto de diclorometano-metanol obtenido de *M. alba* muestra actividad hipoglicémica como producto de un triterpeno y dos galactolípidos; uno de los últimos, produce el 16 % de la actividad [Chul-Young *et al.*, 2000].

Los flavonoides Quercetina-3- $\beta$ -D-glucopiranosido y Quercetina-3,7-di-O-D-glucopiranosido, muestran un significativo efecto inhibidor en el crecimiento de la línea celular de la leucemia y una importante captura de radicales libres [Sun-Yeou *et al.*, 2000].

Los extractos de morera presentan actividad antioxidante [Bokang *et al.*, 1999], así como una elevada acción contra los microbios [Sung-Suk *et al.*, 2000]. El Oxiresveratrol presenta un efecto relajante en la contracción de los músculos blandos de la tráquea en cuyes [Feng *et al.*, 1997], además de ser un potente inhibidor de la actividad dopa-oxidasa de la Tirosinasa en hongos [Nam-Ho y Shi-Yong, 1998].

La Fagomina, un pseudo azúcar aislado de las hojas de morera, potencia la secreción de insulina [Sun-Yeou *et al.*, 1999] y las pectinas y hemicelulosas aisladas de *M. alba* presentan una actividad hipoglicémica más fuerte que las aisladas a partir de *M. nigra* y *M. rubra* [Sanavova y Rakhimov, 1997].

Un novedoso tipo de aducto “Diels-Alder” fue obtenido a partir de *M. multicaulis* por Ferrari *et al.* [2000] y a partir de *M. alba* ha sido aislado un terpenoide de tipo

fitoalexina, el cual aparece cuando las hojas se contaminan con *Phloeospora maculans*; uno de los agentes causales de las manchas foliares [Kyunghee *et al.*, 1998]. Asimismo, se han obtenido dos lectinas (MLL 1 y MLL 2); glicoproteínas con contenidos de azúcar de 8.8 y 40%, respectivamente. Éstas se caracterizan por presentar el mismo peso molecular (51 KDa); con subunidades de 16.5 KDa, y una elevada especificidad por los Ácido N-glicolil-neuramínico y siálico [Ratanapo *et al.*, 1999].

## Conclusiones

Fundamentalmente, desde la última década del siglo XX, los países de Centroamérica y el Caribe han trabajado en la introducción y multiplicación de las especies de morera oriundas de la zona asiática. Desde entonces, se han realizado estudios relacionados con la caracterización y la utilización de estas plantas en la alimentación animal complementadas con investigaciones acerca de la agrotecnia, la fisiología y la composición química de las especies; lo que ha permitido reafirmar el verdadero potencial forrajero que presenta por su aporte de biomasa y calidad proteica.

Su elevada adaptabilidad a las condiciones tropicales ha permitido que esta planta atenúe las dificultades hoy existentes en la dieta de los rumiantes y los monogástricos; ya que su follaje, prácticamente, es comparable en muchos indicadores con los valores de los concentrados comerciales. Además, su elevada palatabilidad permite asegurar su consumo durante el periodo seco como forraje fresco o en formas conservadas.

Por otra parte, la experiencia obtenida en la sericultura sobre el manejo de la especie, ha sido extrapolada con el objetivo de extender el cultivo en los sistemas de producción animal. En este sentido, los aspectos agronómicos más tratados han sido la densidad de plantación, las dosis y tipos de fertilizantes y los regímenes de podas.

Asimismo, la caracterización y evaluación de los principales factores que influyen en la composición química ha estado basada, fundamentalmente, en indicadores bromatológicos clásicos que no esclarecen la verdadera naturaleza de sus fracciones.

Adicionalmente, los beneficios y perjuicios que traen consigo la presencia de los metabolitos secundarios, la actividad helmíntica de sus extractos, así como las ventajas que pueden emanar en la temática de las fitohormonas vegetales, son aspectos que pueden ser explotados exitosamente en un futuro próximo.

## Literatura citada

- Almeida, J. E. de and Fonseca, T. 2002. Mulberry germplasm and cultivation in Brazil. Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. Pp. 73-95.
- Arias, E. y Sánchez, M. D. 2002. *La morera como frutal*. Conferencia V Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical" y II Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.

- Ashok, K. J.; Vincent, R. M. and Nessler, C. L. 2000. Molecular characterization of a hydroxymethylglutaryl-CoA reductase gene from mulberry (*Morus alba* L.). *Plant Mol. Biol.* 42:559-569.
- Benavides, J. E. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal. *El Chasqui* (C. R.). 25:6-35.
- Benavides, J. E. 1994. La investigación en árboles forrajeros (Ed. Benavides, J. E). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*, Vol. 1. Serie técnica, Informe técnico No. 236, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 3-21.
- Benavides, J. E. 1996. *Manejo y utilización de la morera (Morus alba) como forraje*. *Agroforestería en las Américas*. 2(7):27-30.
- Benavides, J. E. 1999. Utilización de la morera en los sistemas de producción animal. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Estudio FAO producción y Sanidad Animal No. 143, FAO, Roma. Pp. 279-283.
- Benavides, J. E. 2000. La morera, un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. *Pastos y Forrajes*. 23(1):1-11.
- Benavides, J. E. 2002. Utilization of mulberry in animal production systems. *Mulberry for animal production*. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 291-327.
- Benavides, J. E.; Borel, R. y Esnaola, M. A. 1986. Evaluación de la producción de forraje del árbol de morera (*Morus* sp.) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas. Proyecto Sistemas de Producción Animal. Technical report No. 67. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 74 pp.
- Benavides, J. E.; Lachaux, M. y Fuentes, M. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de morera (*Morus* sp.). (Ed. Benavides, J. E.), CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 495-514.
- Benavides, J. E. y Pezo, D. 1986. Evaluación del crecimiento y del consumo de materia seca en corderos alimentados con follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) suplementados con diferentes fuentes de energía. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, CATIE. Informe Técnico No. 67. Pp. 43-47.
- Bing, Y.; Jianxin, L. and Jun, Y. 2001. Nutritional evaluation of mulberry leaves as feed for ruminants. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). *Mulberry for Animal Feeding in China*, Hangzhou, China, 75 pp.
- Bokang, L.; Huiyin, C. and Gowchin, Y. 1999. *Antioxidant activity of the methanolic extract from various traditional edible plants*. *J. Chinese Agric. Chem. Soc.* 37(1):105-116.
- Boschini, C. 2002. Establishment and Management of mulberry for intensive forage production. *Animal production and Health Paper No. 147*, FAO, Rome. Pp. 115-122.
- Boschini, C.; Dormond, H. y Castro, A. 1998. *Producción de biomasa de la morera (Morus alba) en la Meseta Central de Costa Rica*. *Agronomía Mesoamericana*. 9(2):31-36.
- Boschini, C.; Dormond, H. y Castro, A. 1999. Respuesta de la morera (*Morus alba*) a la fertilización nitrogenada, densidades de siembra y a la defoliación. *Agronomía Mesoamericana*. 10(2):7-12.
- Cappelozza, L. 2002. Mulberry germplasm resources in Italy. *Animal production and Health Paper No. 147*, FAO, Rome. Pp. 97-101.
- Chul-Young, K.; Si-Hyun, K.; Gi-Wha, J.; Chun-Sik, C. and Bakk-Wang, K. 2000. *Galactolipids from Mori folium and their hypoglycemic effect*. *Korean J. Pharm.* 31(1):95-100.
- Cifuentes, C. A. y Ham-Kim, M. 1998. Cartilla de Sericultura. CDTs, Colombia. Pp. 9-25.
- Cifuentes, C. A. y Kee-Wook, S. 1998. Manual Técnico de Sericultura. 41 pp.
- Datta, R. K. 2002. Mulberry cultivation and Utilization in India. In: *Mulberry for animal production*. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 45-62.

- Deshmukh, S. V.; Pathak, N. V. and Takalikar, D. A. 1993. *Nutritional effect of mulberry (Morus alba) leaves and as sole ration of adult rabbits*. World Rabbit Sci. 1(2):67-69.
- Duke, J. A. 2005. *Morus alba* (L.). <http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/duke-energy> (Consultada el 20 de agosto de 2005).
- Espinoza, E. Benavides, J. E. 1996. Efecto del sitio y la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del forraje de tres variedades de morera (*Morus alba* L.). *Agroforestería en las Américas*. 3(11):24-27.
- Eun-Sun, K.; Sung-Jean, P.; Eun-Ju, L.; Bak-Kwang, K.; Hoon, H. and Bong-Jin, L. 1999. *Purification and characterization of Moran 20K from Morus alba*. Arch. Pharm. Res. 22(1):9-12.
- FAO. 1990. Sericulture training manual. FAO. Agricultural Services Bulletin, No. 80, Rome. 117 pp.
- Feng, Q.; Kano, Y. and Xinsheng, Y. 1997. Elucidation of the bioactive constituents in traditional Chinese medicine "Mori Cortex". *Advances in plant glycosides, chemistry and biology*. Proceedings of the International Symposium on Plant Glycosides. Kunming, China. Pp. 281-286.
- Ferrari, F.; Monache, F. D.; Suárez, A. I. and Compagnone, R. S. 2000. *Multicaulisin, a new Diels-Alder type Adduct from Morus multicaulis*. *Phytoterapia*. 71(2):213-215.
- García, D. E. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 97 pp.
- García, D. E.; Ojeda, F. y Montejo, I. L. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). I. Análisis cualitativo de metabolitos secundarios. *Pastos y Forrajes*. 27(4):303-316.
- Gerasopoulos, P. and Stavroulakis, G. 1997. Quality characteristics of four mulberry (*Morus* sp.) cultivars in the area of Chania, Greece. *J. Sci. Food Agric*. 73:261-264.
- González, E. y Cáceres, O. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes*. 25(1):15-19.
- González, E.; Delgado, D. y Cáceres, O. 1998. Rendimiento, calidad y degradabilidad ruminal potencial de los principales nutrientes en el forraje de morera (*Morus alba*). *Memorias. III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. Pp. 69-72.
- Hornghuey, L.; Jehjeng, J.; Hsiencheng, R.; Jinpyang, R. and Chunnam, K. 1999. *Chemistry and biological activities of constituents from Morus australis*. *Biochimica et Biophysica Acta, General Subjects*. 1428(2):293-299.
- Ho-Zoo, L. and Won-Chu, L. 2001. Utilization of mulberry leaf as Animal Feed: feasibility in Korea. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). *Mulberry for Animal Feeding in China*, Hangzhou, China. 75 pp.
- Jegou, D.; Waelput, J. J. y Bronschwig, G. 1994. Consumo y digestibilidad de la morera seca y del nitrógeno del follaje de morera (*Morus alba*) y amapola (*Malvaviscus arborea*) en cabras lactantes (Ed. Benavides, J. E.). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*, Vol. 1, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 155-162.
- Kellogg, E. A. and Juliano, N. D. 1997. *The structure and function of RuBisCO and their implication for systematic studies*. *American J. Botany*. 84(3):413-428.
- Kim, S. Y.; Gao, J. J.; Lee, W. C.; Ryu, K. S.; Lee, K. R. and Kim, Y. C. 1999. *Antioxidative flavonoids from the leaves of M. alba*. *Arch. Pharm. Res*. 22(1):81-85.
- Kim, S. Y.; Park, K. J. and Lee, W. C. 1998. *Antiinflammatory and antioxidative effects of Morus spp. fruit extract*. *Korean J. Medicinal Crop Sci*. 6(3):204-209.

- Kyunghee, K.; Matsuyama, N. and Kim, K. M. 1998. *A novel phytoalexin formed in mulberry leaves at the infection of Phloeospora maculans causal agent of leaf spot*. Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University. 43(2):89-93.
- Lee, W. C. and Kim, S. Y. 1997. Utilization and isolation of new active substances from sericulture related materials. National Sericulture and Entomology Research Institute RDA, Korea. 30 pp.
- Li, Y. 2001. An important topic to be discussed: Utilization of mulberry leaves and production of animal fibers (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). *Mulberry for Animal Feeding in China*, Hangzhou, China. Pp. 1-7.
- Lim, S.; Young-Taek, K. and Sang-Poong, L. 1990. Sericulture training manual. (Eds. Jun, R.; Jung-Sung, L. and Byung-Ho, L.). FAO. Agricultural services Bulletin No. 80. 117 pp.
- Lin, Y. and Hsieh, U. 1994. Effect of plant spacing on the yield and chemical composition of mulberry leaves. *J. Agricultural Assoc. China*. 167:43-48.
- Liu, J. X.; Zunyao, Z.; Yan, B. J.; Shi, Z. Q.; Wang, X. Q. and Yu, J. Q. 2002. Mulberry leaf supplement for sheep fed ammoniated rice straw. *Animal production and Health Paper No. 147*, FAO, Rome. Pp. 189-201.
- Machii, H. 2002. Evaluation and utilization of mulberry for poultry production in Japan. *Mulberry for animal production*. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 237-243.
- Machii, H.; Koyama, A. and Yamanouchi, H. 2002. Mulberry breeding, cultivation and utilization in Japan. *Animal production and Health Paper No. 147*, FAO, Rome. Pp. 63-71.
- Makkar, H. P. S. and Becker, K. 1998. Do tannins in leaves of trees and shrubs from Africa and Himalayan regions differ in level and activity? *Agroforestry*. 40(1):59-68.
- Martín, G.; Yépes, I.; Hernández, I. y Benavides, J. E. 1998. Evaluación del comportamiento de cuatro variedades de morera durante la fase de establecimiento. *Memorias III Taller Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*, EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. Pp. 92-96.
- Martín, G.; Reyes, F.; Hernández, I. and Milera, M. 2002. Agronomic studies with mulberry in Cuba. *Mulberry for animal production*. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 103-112.
- Mingle, Z. 1999. *Chinese traditional medicinal prescription by mulberry leaves*. *Lishizhen Medicine and Material Medical Research*. 10(4):280-282.
- Nam-Ho, S. and Shi-Yong, R. 1998. *Oxyresveratrol as the potent inhibitor on dopa oxidase activity of mushroom tyrosinase*. *Biochem. Biophys. Res. Communications*. 243(3):801-803.
- Narimatsu, S. y Kiyoshi, K. 1975. *Manual para la cría del gusano de seda*. Japan International Cooperation Agency (JICA). Technical book. Series No. 20. 78 pp.
- Noda, N. 1998. Mulberry leaves, the new functionality food material. *Food Sci*. 40(2):102-108.
- Ramos, T. O.; Lara, L. P. E.; Rivera, L. J. A. and Sanginés, G. J. R. 2002. Mulberry production with swine lagoon effluent. *Animal production and Health Paper No. 147*, FAO, Rome. Pp. 261-269.
- Ratanapo, S.; Ngamjunyaporn, W. and Chulavatnatol, M. 1999. *Syalic acid binding lectins from leaf of mulberry (Morus alba)*. *Plant Sci. Limerick*. 139(2):141-148.
- Ravindran, S. 1997. *Distribution and variation in mulberry germplasm*. *Indian J. Plant Genetic Resources*. 10(2):233-242.
- Reyes, F.; Milera, M. y Matias, C. 2000. Efecto del intercalamiento de leguminosas temporales en el establecimiento de morera (*Morus alba*). *Pastos y Forrajes*. 23(3):219-222.
- Rodríguez, C.; Arias, R. y Quiñónez, J. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de morera (*Morus sp.*). (Ed. Benavides, J. E.). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*, Vol. 1. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 515-529.
- Sanavova, M. K. and Rakhimov, D. A. 1997. *Plant polysaccharides. VII. Polysaccharides of Morus and their hypoglycaemic activity*. *Chem. Nat. Compounds*. 53(6):617-619.

- Sánchez, M. D. 2001. Mulberry as animal feed in the world. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). Mulberry for Animal Feeding in China Hangzhou, China. Pp. 1-7.
- Sánchez, M. D. 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. Pp. 1-8.
- Sánchez, T. 2002. Evaluación de un sistema silvopastoril con hembras mambí de primera lactancia bajo condiciones comerciales. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 93 pp.
- Sarma, R. K.; Singh, B. and Bhat, T. K. 2000. Nitrogen solubility, protein fractions, tannins and in sacco dry matter digestibility of tree fodders of Shiwalik range. Indian J. Anim. Nutr. 17(1):1-7.
- Schmidek, A.; Takahashi, R.; Nuñez de Medeiros, A. and Resende, K. T. 2002. Bromatological composition and degradation rate of mulberry in goats. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 207-211.
- Shayo, C. M. 1997. Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid area of central Tanzania. Trop. Grasslands. 31(6):599-604.
- Shayo, C. M. 2002. The potential of mulberry as feed for ruminants in central Tanzania. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 131-138.
- Singh, B. and Makkar, H. P. S. 2002. The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 139-155.
- Simón, L. 1998. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo. La experiencia de la EEPF IH. (Ed. Simón, L.). Los árboles en la ganadería. Tomo I. Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 9 pp.
- Soo-Ho, L.; Young-Taek, K.; Sang-Poong, L.; Lin-Jun, R.; Jung-Sung, L. and Byung-Ho, L. 1990. Sericulture training manual. FAO Agric. Services Bulletin. No. 80. FAO, Roma. 117 pp.
- Sotelo, A. 1997. Constituents of wild food plants. Functionality of Food Phytochemicals. Johns & Romeo. New York, USA. Pp. 89-111.
- Sugimura, Y.; Mori, T.; Nitta, I.; Kotani, E.; Furusawa, T.; Tatsumi, M.; Kusakari, S.I.; Wada, M. and Morita, Y. 1999. Calcium deposition in idioblasts of mulberry leaves. Annals of Botany. 83(5):543-550.
- Sung-Suk, L.; Hak-Ju, L. and Don-Ha, C. 2000. Studies of biological activity of wood extractives (III) on the phenolic compounds isolated from heatwood of *M. bombycis*. J. Korean Wood Sci. and Tech. 28(2):42-48.
- Sun-You, K.; Jian-Jun, G. and Hee-Kyoung, K. 2000. Two flavonoids from the leave of *Morus alba* induce differentiation of the human promyelocytic leukaemia (HL-60) cell line. Biological Pharm. Bull. 23(4):451-455.
- Ting-Zing, Y. F.; Guang-Xien, H. and Ben. Z. 1998. Mulberry cultivation. FAO Agricultural. Services bulletin 73/1. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. 127 pp.
- Tolera, A.; Seyoum, M. and Sundstol, F. 1998. Nutritive evaluation of *Leucaena leucocephala*, *L. diversifolia* and *L. pallida* in Awassa, Southern Ethiopia (Eds. Shelton, H. M.; Gutteridge, R. C.; Muller, B. F. and Bray, R. A.). *Leucaena*-adagitation, quality and farming systems. ACIAR Proceedings No. 86. Pp. 103-108.
- Xiangrui, Z. and Hongsheng, L. 2001. Composition and medical value of mulberry leaves. (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sánchez, M. and Xingmeng, L.). Mulberry for Animal Feeding in China, Hangzhou, China. 75 pp.
- Yamashita, T. and Ohsawa, R. 1990. Quantitative investigation on nitrogen metabolism in mulberry leaves. Bull. Nat. Inst. Sericultural and Entomological Sci. March(1):27-44.
- Ye, Z. 2002. Factor influencing mulberry leaf yield. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 123-130.
- Yonkang, H. 2002. Mulberry cultivation and utilization in China. Animal production and Health Paper No. 147, FAO, Rome. Pp. 11-43.

- Vant Soest, P. J. 1992. Nutritional ecology of the ruminant. Durhan and Downey Inc., Portland, USA. 3445 pp.
- Weicheng, W. 1999. *Development of health care tea*. Bulletin of Sericulture. 30(3):30-31.
- Won-Chu, L.; and Yeou, K. 1997. Utilization and isolation of new active substances from sericulture related materials. Korean Soc. Sericultural Sci.. 4:119-131.
- Youye, L. and Fengging, G. 2000. *Mulberry leave, the new functionality food material*. World Agric. 21(4):44-45.
- Yun, S. J.; Lee, W. C.; Park, K. J. and Kim, S. M. 1995. Studies of utilization of pharmacologically active constituents in mulberry. III. Preparation of leaves containing high level of Rutin and  $\gamma$ -aminobutyric acid and their use as tea material. RDA. J. Agric. Sci. 37:215-219.
- Zepeda, J. 1991. *El árbol de oro. Los mil usos de la morera*. Medio Ambiente. 47:28-29.

Recibido: Octubre 25, 2005

Aceptado: Enero 23, 2006