

PLANTAS DEL GÉNERO BAMBUSA: IMPORTANCIA Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA, COSMÉTICA Y ALIMENTARIA

PLANTS OF THE GENUS BAMBUSA: IMPORTANCE AND APPLICATION IN THE PHARMACEUTICAL, COSMETIC AND FOOD INDUSTRY

Amanda I. MEJÍA G.^{1*}, Cecilia GALLARDO C.², Jhon Jairo VALLEJO O.², Gladys RAMÍREZ L.¹, Carolina ARBOLEDA E.¹, Enith Susana DURANGO A.², Faiber A. JARAMILLO Y.¹, Elizabeth CADAVID T.¹

Recibido: Mayo 4 de 2009 Aceptado: Septiembre 29 de 2009

RESUMEN

Las plantas del género *Bambusa* han enriquecido nuestra vida en múltiples maneras. Sus brotes comestibles presentan características sensoriales especiales para la cultura oriental, y sus hojas son materia prima para numerosos productos como alimentos, medicamentos y cosméticos. Algunos compuestos aislados de las hojas de bambú presentan alta actividad antioxidante y baja toxicidad, por lo cual se utilizan actualmente como aditivos en la producción de alimentos funcionales. En nuestra cultura sus tallos, usados en el pasado para hacer andamios, siguen siendo utilizados en construcción, en muebles y manualidades. Cuando el bambú se carboniza a altas temperaturas, se convierte en un tipo de carbón altamente poroso, que puede desodorizar, desinfectar, purificar, absorber la humedad, e inclusive bloquear las ondas electromagnéticas. Las fábricas japonesas comenzaron a producir el carbón de bambú hace más de una década. En el proceso de carbonización, también se obtiene otro producto secundario, el vinagre de bambú, que contiene compuestos con actividad desinfectante, antioxidante y estimulante del crecimiento foliar. En este artículo se presenta una documentación de los usos y las perspectivas de obtención de productos de alto valor agregado, con aplicaciones farmacéuticas, cosméticas y alimentarias, obtenidos de la transformación de bambúes, así como del valor económico y comercial de las plantas del género *Bambusa*, especialmente de la *Guadua angustifolia* kunth en Colombia.

Palabras clave: *Bambusa*, bambú como alimento, hojas de bambú, vinagre de bambú, carbón de bambú, *Guadua angustifolia* Kunth.

ABSTRACT

Plants of the genus *Bambusa* have enriched the life of the people in multiple ways. In Oriental countries, their buds foods present special sensorial characteristics; their leaves are raw material for numerous products like foods, medicines and cosmetics. Some compounds derivated from bamboo leaves that show high antioxidant activity and low toxicity are used as additives in the production of functional foods. In our culture their stems were used to make scaffolds in the past and they are still used in construction, furniture and crafts.

1 Grupo Biopolimer. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

2 Grupo de Estabilidad de Medicamentos, Cosméticos y Alimentos. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

* Autor a quién se debe dirigirse la correspondencia: amejia@udea.edu.co

When the bamboo carbonizes to high temperatures, it becomes a type of highly porous coal, useful to deodorize, disinfect, purify, absorb humidity, and even able to block the electromagnetic waves. The Japanese factories have produced bamboo coal for more than one decade. In addition, the bamboo vinegar also is obtained as a secondary product, in the carbonization process. This vinegar contains several compounds with disinfectant, antioxidant activity and plant growth stimulant, between others. Some compounds from plant leaves of the genus *Bambusa* has been isolated, and it has been found that since they exhibit high antioxidant activity and low toxicity effects they are appropriate to use as additives in the functional food production.

This paper presents a documentation of the uses and prospects for the production of high value-added pharmaceutical, cosmetic and food obtained from the processing of bamboo, as well as the economic and commercial value of plants of the *genus* *Bambusa* like the important *Guadua angustifolia* Kunth in Colombia.

Keywords: *Bambusa*, bamboo vinegar, bamboo charcoal, bamboo buds foods, bamboo leafs, *Guadua angustifolia* Kunth.

INTRODUCCIÓN

En el artículo se hace una revisión de la literatura producida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural –MADR–, Observatorio de Agrocadenas de Colombia, sobre la cadena de la *Guadua* en Colombia y la relacionada con las plantas del género *Bambusa* durante los últimos 25 años, que corresponden al período de mayor desarrollo de la industria del bambú, especialmente en los países orientales. Países como la China han intensificado su cultivo y diseñado diferentes productos de valor agregado que le significan altos ingresos, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de su numerosa población. Sin embargo, en América se han desaprovechado estas plantas, especialmente la especie *Guadua*, un pasto gigante, clasificado como el tercer bambú más grande del mundo y uno de los 20 de mayor resistencia físico-mecánica, que por ser original de Colombia, Venezuela y Ecuador, está totalmente adaptado.

Se hace primero una descripción de las plantas del género *Bambusa* y su distribución en América. Luego se detallan algunos de los productos de valor agregado que se pueden obtener a partir de estas plantas y sus aplicaciones, especialmente en las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria. Por último se da una mirada al mercado internacional del bambú.

Se hace una reseña de la importancia de estas plantas con el propósito de motivar a investigadores, gobierno nacional, centros de investigación y universidades, empresarios y agricultores a participar activamente en su aprovechamiento mediante su transformación tecnológica e industrial. El desa-

rollo de aplicaciones farmacéuticas, cosméticas y alimentarias a partir de las plantas del género *Bambusa*, contribuirá a mejorar la calidad de vida de los campesinos, generar interesantes recursos económicos, aumentar las exportaciones, valorizar el bosque nativo, regular su manejo y disminuir la estacionalidad y la temporalidad de la generación de empleos forestales, entre muchos otros beneficios.

Para reconocer los beneficios de este cultivo desde diferentes puntos de vista y visualizar sus potencialidades, es necesario tener en mente sus características, por lo cual se inicia esta revisión describiendo la planta.

Descripción de las plantas del género bambusa

El bambú es una hierba perenne, gigante, arbolada, que pertenece al grupo de las angiospermas (1) y al orden de las monocotiledóneas (2). Los bambúes, dentro de la familia Poaceae, forman la subfamilia Bambusoideae (3, 4) con aproximadamente 1.400 especies agrupadas en 101–118 géneros (5). Se clasifica en dos grandes grupos reconocidos como tribus: la tribu Bambuseae, o de los bambúes leñosos, y la tribu Olyreae, o de los bambúes herbáceos (6). Los bambúes leñosos americanos incluyen aproximadamente 360 especies agrupadas en 20 géneros, de los cuales solamente un género y dos especies pertenecen a la zona templada norte, específicamente a los Estados Unidos de América. El resto se divide en 4 subtribus, 3 endémicas de América (*Arthrostylidiinae*, *Chusqueinae* y *Guaduinae*) y una, *Arundinariinae*, común al Viejo y al Nuevo Mundo (6). Se distribuyen desde México hasta Chile, en altitudes desde el nivel del mar hasta

los 4.300 m. De los países americanos, Brasil tiene la mayor diversidad, con un total de 141 especies de bambúes leñosos; le sigue Colombia, con un total de 72 especies (24 endémicas y por lo menos 12 especies aún no descritas) (7, 8). En tercer lugar aparece Venezuela con 60; luego está Ecuador con 44; y por último Costa Rica y México con 39 especies leñosas (6).

Los bambúes leñosos se encuentran especialmente en la cordillera de los Andes (9, 10). Su diversidad se hace mayor a medida que se asciende en las montañas, observándose una mayor concentración de especies entre los 2.000-3.000 m s n m. Por debajo de los 1.000 m de altitud, la diversidad disminuye y se registra predominio de los géneros *Arthrostylidium*, *Guadua* y *Rhipidocladum*. Los bambúes leñosos son los de mayor interés en la subfamilia Bambusoideae, por su gran utilidad y múltiples usos (4- 6, 11,12), entre ellos las plantas del género *Guadua*, clasificado como el tercer bambú en tamaño en el mundo y uno de los 20 de mayor resistencia físico-mecánica (11, 12). En América, el género *Guadua* reúne 30 especies de las 1.035 conocidas a nivel mundial (13). La especie *Guadua angustifolia*, identificada por Humboldt en 1822, es la más común en Colombia, Ecuador y Venezuela. Se le conoce con los nombres de cebolla, macana, castilla y cotuda, y corresponden a ecotipos locales, resultado de las condiciones ambientales (13). Las especies como *Guadua weberbaueri* y *Guadua sarcocarpa* pueden cubrir hasta 18 millones de hectáreas en el Amazonas. Otras especies foráneas conocidas en Colombia y ya aclimatadas son *Phyllostachys aurea*, el bambú dorado de la China, y *Bambusa vulgaris*, excelente en la industria del papel por la longitud de su fibra (13).

La variedad de condiciones ecológicas del hábitat de los bambúes es tan diversa como el número de especies que existen. Algunas especies de bambú tienen la ventaja de contar con un crecimiento rápido, otras podrán desarrollar una amplia cobertura, otras más formarán un eficiente y complejo sistema de rizomas subterráneo (14). El bambú puede alcanzar su máxima altura en 4 a 6 meses, con un incremento diario de 5 a 7 pulgadas (15, 16). Alcanza su maduración entre los 3 y los 5 años, lo que significa que su crecimiento es más rápido que el de cualquiera otra planta en el planeta (11, 17). Ciertas especies de bambú presentan crecimiento vertical hasta de 48 pulgadas en un día (18). Su rápido crecimiento característico es un incentivo

importante para su utilización a nivel industrial (17), como se verá en la siguiente sección.

El cultivo de bambú, por su crecimiento radicular, tiene efectos benéficos en el suelo, como evitar o detener la erosión, e incrementa la retención de agua en el subsuelo; además, se ha reportado su gran potencial como captador del dióxido de carbono atmosférico (8, 16, 18).

Productos de valor agregado obtenidos de la transformación de plantas de bambusa

Gracias al gran número de especies de bambú útiles en el mundo, se le conocen más de mil usos. Se han utilizado las diferentes partes de la planta. El culmo, o vástago de los bambúes, entre ellos el de la *guadua*, se utiliza hace miles de años en una gran diversidad de productos que van desde aplicaciones domésticas hasta aplicaciones industriales. Algunos ejemplos son los envases para alimentos, los palillos, las artesanías, los juguetes, los muebles, los pisos, la pulpa de papel, los barcos, el carbón, el vinagre, los instrumentos musicales y las armas. Como ejemplo de su alta utilización se puede citar la India, donde el 80% de las fábricas de papel dependen casi totalmente del bambú, y Malasia, donde se utiliza el 80% de los recursos de bambú en la construcción y en aplicaciones rurales (19).

La del bambú es una industria en crecimiento. Recientemente se han investigado nuevos usos y se han diseñado nuevos productos de alto valor agregado en diferentes sectores industriales, especialmente el farmacéutico, el cosmético y el alimentario. Los nuevos productos atienden especialmente a las propiedades medicinales de sus subproductos, como el carbón y el vinagre de bambú, en los compuestos activos contenidos en las hojas de bambú o en las propiedades nutracéuticas de los bambúes comestibles. A continuación, el lector encontrará una descripción de la importancia económica y del valor comercial que tienen los productos de alto valor agregado obtenidos a partir de diferentes especies de bambúes en el mundo.

Vinagre y carbón de bambú

El vinagre de bambú es un producto obtenido durante las etapas preliminares del proceso de producción del carbón a partir de tallos o residuos de la planta. En este proceso, el vapor producido se condensa y se recoge como vinagre de bambú (22, 23). Es utilizado extensamente en Japón y China,

en la agricultura, la medicina, la industria química y la protección del medio ambiente (15, 20, 21). Recientemente ha despertado gran interés comercial gracias a sus numerosas aplicaciones en productos farmacéuticos, cosméticos y agroquímicos, de los que hablaremos más adelante.

El carbón de bambú se caracteriza por su alta porosidad y su gran capacidad de absorción, que le permiten desodorizar, desinfectar, purificar, absorber la humedad, e inclusive, bloquear las ondas electromagnéticas; se lo utiliza en la producción de artículos para el hogar, como desodorizantes, y en cosméticos como jabones (24). El mercado del carbón activado de bambú es reciente en el ámbito mundial (25) y ha experimentado un explosivo crecimiento a partir del año 1998 (26, 27).

Pero regresemos al vinagre de bambú, que después de refinar es un líquido ligeramente amarillo o transparente, con leve olor a quemado, gravedad específica de 1,001-1,008 g/cm³, pH entre 2,6-3,2; contenido de ácido acético entre 7,5%-10,0%, alcohol metílico <0,01%; fenol <0,01%; aceites taró alquitrán 0,5%-2,0% (22, 23, 24); se estima que contiene entre 80 y 200 componentes, de los cuales el 32% corresponde a ácidos orgánicos, 40% a compuestos fenólicos, 3% a aldehídos, 5% a compuestos alcoholes, 4% a compuestos éster y 10% a otros componentes (23). Dentro de sus componentes mayoritarios se destaca el ácido acético, compuesto por el cual recibe el nombre de vinagre (26). En recientes investigaciones se identificaron cerca de 28 componentes volátiles en el bambú, que no habían sido reportadas (28, 29).

En Japón, el vinagre de bambú es conocido como *chikusaku-eki* y utilizado para tratar dermatitis atópica y otras enfermedades de la piel. Es reconocido, además, por sus propiedades antiinflamatorias, antibióticas y antifúngicas (30). También se le conocen aplicaciones medicinales en alergias, dermatitis, diabetes, estimulación del crecimiento del cabello y control del acné (28, 29, 31).

En el campo agroindustrial, el vinagre de bambú se puede emplear para desinfectar suelos, acelerar fermentaciones y regular vegetales. También es usado para reducir el efecto de los pesticidas (28, 29). En baja concentración promueve actividades fisiológicas de los microorganismos y las plantas, mientras que en altas concentraciones tiene actividad antibiótica.

El vinagre de bambú refinado es una fuente de aromas, preservativos, antisépticos, pesticidas y conservantes alimentarios (24). Usualmente se encuentra en varias presentaciones como en polvo, concentrado, refinado, crudo y vinagre sin aromas.

Hojas de bambú

A partir de las hojas de bambú se extraen compuestos antioxidantes denominados AOB (Antioxidant of Bamboo), particularmente de hojas de bambú *Phyllostachys nigra* var. *Henonis*. Los compuestos fueron identificados por el Instituto de Investigación de Silvicultura Subtropical de la Academia China de Silvicultura (Hangzhou, China) (32, 33, 34).

Los extractos AOB tienen la apariencia de un polvo marrón claro y entre sus funciones la capacidad de bloquear las reacciones en cadena de la autooxidación lipídica, también la de quelar iones metálicos en estados de transición, capturar compuestos nitrito, y bloquear la reacción de la nitrosamina (35). Lue, *et al.* (35, 36), investigaron la toxicidad de los extractos antioxidantes y sus componentes principales, demostrando su seguridad comestible (37). Otras investigaciones encontraron que los AOB tienen una fuerte actividad antioxidante, inhiben eficazmente la transición de metales y evitan el deterioro de macromoléculas *in vitro* inducido por radicales libres (38). Los AOB han sido listados en los estándares nacionales de China con el código GB-2760 como antioxidantes de alimentos, con permiso otorgado por el Ministerio de Sanidad de la República Popular de China para ser adicionado en pescados, productos cárnicos y aceites de mesa. Otra aplicación de los AOB se debe a su capacidad de reducir efectivamente la formación de acrilamida en la producción de papas fritas (38). La acrilamida es una toxina genética y reproductiva potencial con propiedades mutagénicas y carcinogénicas constatadas en experimentos embrionarios *in vitro* e *in vivo* (39).

Los principales componentes funcionales en los AOB son los flavonoides, las lactonas y los ácidos fenólicos (40). Las flavonas C-glucosiladas son el grupo de flavonoides más representativo en las AOB, llamadas orientina, homoorientina, vitexina e isovitexina (32, 33, 41). Han sido reportadas varias actividades biológicas de las flavonas C-glucosidos, incluyendo la actividad antimicrobiana de la homoorientina (luteolin-6-glucosido), junto con la vitexina (apigenin-8-glucosido) contra *Staphylococcus*

aureus, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa* (42), y los efectos protectores de la luteolin-7-glucósido contra la lesión de hígado causada por tetracloruro de carbono en ratas (41).

En las hojas de bambú también se ha encontrado una importante flavona aglicona conocida como tricina (5,7,4'-trihidroxí-3',5'-dimetoxiflavona) (42, 43). La principal contribución de la tricina es la prevención del cáncer (44). Cai *et al* (45) demostraron que interfiere potentemente el crecimiento de células malignas humanas derivadas de cáncer de seno MDA-MB-468, pero mucho menos el crecimiento en células HBL-100. Los mismos autores (46) también reportaron la inhibición del crecimiento en humanos de células de cáncer de seno MDA-MB-468 *in vitro*, por la tricina. Adicionalmente se ha estudiado su capacidad para inhibir enzimas ciclooxigenasas y la modulación de la atenuación de ciclooxigenasa mediada por la producción de prostaglandinas, que puede contribuir a su eficacia quimiopreventiva en carcinogénesis intestinal y cáncer de próstata respectivamente (47).

Se ha informado sobre la presencia de sustancias antimicrobianas como el ácido benzoico y el 2,6-dimetoxibenzoquinona en hojas de bambú de *Sasa albo-marginata* y *Phyllostachys heterocycla* (48). A su vez, los polisacáridos aislados de las hojas de bambú *Sasa albo-marginata* y de otras especies, también se han estudiado como materiales medicinales para enfermedades cardiovasculares, antiinflamatorias, antitumorales y para la menopausia (49 - 55).

La búsqueda incesante de nuevos productos a partir del bambú se explica porque este recurso es extremadamente abundante, con 58 especies en Taiwán, que cubren 150.000 hectareas. Por lo tanto es importante para el Consejo de Agricultura de Taiwan estar siempre pendiente de la obtención de productos de alto valor agregado para aumentar los ingresos de los agricultores. El valor tradicional de las hojas de bambú para hacer escobas y alimentos para pandas, no se había traducido en una producción a escala económica. Un ejemplo adicional es el desarrollo por parte de un equipo de miembros de The Industrial of Technology and Research Institute (ITRI), The Institute of Food Science & Technology, National Taiwan University (NTU), The Royal Flavors & Fragrances Co., Ltd. and Don Jo Biotechnology Co., Ltd. para usar hojas frescas de bambú de Taiwan con diferentes métodos extractivos y desarrollar una aplicación (Bamboo Leaves Fragrante) como un sabor único para bebidas con

el concepto de lo natural y saludable (56, 57), y el desarrollo de una innovadora bebida saborizada con bambú, de la cual se estima una producción de 3 billones anuales (56, 57, 58).

Como se puede observar, en el Oriente se le han encontrado muchos usos, dentro del sector alimentario, a los compuestos obtenidos a partir de las hojas del bambú. Además, la alta actividad antioxidante de sus extractos (51, 59) se puede aplicar a otro tipo de productos, como los cosméticos, donde se relaciona con algunas propiedades favorables para el cuidado de la piel, como el antienvjecimiento, la aclaración de la piel, los cofactores de protección solar y el antieritema (59).

Bambúes comestibles

Los brotes de bambú son un producto popular de la cocina asiática y uno de los más rentables de la cadena del Bambú en China (60, 61, 62), donde se produjeron 5 millones de toneladas de brotes entre 1990 y 2006, de los cuales el 60% se venden a EEUU y Japón. Representó en 1990 un ingreso de 0.6 billones de dólares americanos, que en el 2006 ascendió a 7.2. En 1990 exportaban 120 toneladas y 1.200 en el 2006. Lin'an (población de la China) tiene un área de 300.000 km², de los cuales el 86% está constituido por montañas, y los cultivos de bambú ocupan 65.000 Km². La población es de 520.000 habitantes. Esta ciudad es una de las más importantes en China en lo que tiene relación con el bambú, la mayor productora de bambú fresco para comer, con más de 50 empresas y una producción de 200.000 toneladas de bambú comestible al año (63).

El género más importante para la producción de brotes de bambú es el *Phyllostachys*, que abarca alrededor de 60 especies comestibles, entre ellas *P. dulcis*, *P. edulis*, *P. bambusoides*, *P. pubescens*, *P. nuda* y *P. viridis* (64, 65). El bambú alcanza la productividad máxima en 7-8 años, con entre 2 y 10 toneladas de brotes de bambú por acre (66). Los brotes deben ser cosechados justamente antes de que emerjan de la tierra. "Una vez que los brotes emergen de la tierra, se vuelven muy duros y amargos" (67), y se someten a procesos de escaldado antes de uso durante 18-20 minutos (66).

Estudios en China sobre los cambios en el contenido de nutrientes de los brotes de bambú de diversas edades demuestran que hay una ventaja definida en cosechar los brotes mientras todavía son subterráneos, cuando las envolturas apenas están apareciendo en la tierra. Las pruebas fueron

realizadas usando *Phyllostachys pubescens*, cosechando en tres etapas: (a) Subterráneo, (b) 5 días sobre la tierra, y (c) 10 días sobre la tierra. Se encontró que el contenido mas alto de proteína y de aminoácido se da cuando todavía es subterráneo. De hecho, el autor indicó que el contenido proteínico de un brote de bambú subterráneo (*P. pubescens*) es mas alto que el de cualquier otro vegetal (67). Estudios adicionales han mostrado que los brotes de bambú son bajos en grasa y calorías -una taza de rebanadas de brotes contiene menos de 14 calorías y 0.5 gramos de grasa-, y son una buena fuente de fibra -una taza de brotes proporciona cerca de 2.5 gramos de fibra-, ayuda a mantener los niveles de colesterol bajos y juega un papel importante en la prevención del cáncer de colon (66), los brotes de bambú son también una buena fuente de potasio -una taza proporciona 640 miligramos, que equivalen al 18% de la cantidad recomendada diariamente. El potasio es un mineral que ayuda a mantener la presión arterial en sus valores normales y mantiene el ritmo del latido del corazón constante (68, 69).

Las sustancias encontradas en los bambús comestibles son los lignanos y los ácidos fenólicos. Los lignanos, son un componente de la fibra, que exhibe un número de características importantes que están en investigación. Parecen tener actividad anticancerígena, antibacteriana, antifúngica y antiviral (68, 69).

Valor económico y comercial de las plantas del género bambusa

Dado los diferentes productos que se derivan de los bambúes, éstos, en general, son especies promisorias de alto valor económico. Sin embargo, el comercio de bambú en el mundo es un fenómeno informal; por tanto, se cuenta con poca información al respecto. A pesar de que los asiáticos tienen grandes dificultades para el cultivo adecuado de bambú, por sus condiciones geoestacionarias que les impiden una producción constante, son los pioneros en su transformación y en el desarrollo de maquinaria, y sus mayores compradores son países con regulación exigente, como Estados Unidos y la Unión Europea (Inglaterra, Alemania, Italia y España) (7).

El mercado de bambú es tan vasto que la producción asiática no logra cubrir la demanda actual de sus productos derivados en el mundo. El principal comprador en este mercado es Estados Unidos; desde 1994 a 2005 las importaciones norteamericanas

de bambú se incrementaron a una tasa anual de 5,7% y se prevé que dicho mercado siga en aumento (7). China es el líder exportador de productos derivados del bambú con un valor en sus exportaciones cercano a los US\$ 600 millones al año, seguida de India, Filipinas, Taiwán, Indonesia y Latinoamérica, donde Colombia tiene una participación del 0.1% (10). En el año 2004, por ejemplo, China exportó a EEUU 4.1 millones de dólares en estos productos, seguida por Argentina con 2.4. Colombia exportó 28 mil dólares, ubicándose como el proveedor número 11 en el mercado norteamericano. México exportó un valor similar, y en noviembre de 2005 lo incrementó siete veces, superando con creces las exportaciones colombianas (7), y configurándose como el principal proveedor de bambú del hemisferio. Aunque se evidencia un aumento de las exportaciones colombianas al mercado del norte, el valor de las exportaciones de México permite concluir que faltan iniciativas para que el país incursione más agresivamente en este mercado.

Existen aproximadamente 22 millones de hectáreas de bosques de bambú en el mundo, de los cuales 85% se encuentran en Asia (21), en cuya economía representan un recurso muy importante. La historia del bambú en la China tiene una tradición de más de 1.000 años, con 4.2 millones de hectáreas de bosques de *Bambusa* sembrados y 3 millones naturales, que han contribuido a reducir la pobreza de cerca de 5 millones de campesinos (21). Taiwan posee cerca de 150 mil hectáreas de bambú (7).

Importancia de la *Guadua angustifolia* kunth en Colombia

La guadua es la especie de bambú nativo de mayor importancia en el país. Es un excelente recurso renovable de rápido crecimiento y fácil manejo, además de brindar beneficios económicos, sociales y ambientales (7, 8, 10). Es un cultivo que puede darse todo el año, gracias a las favorables condiciones climáticas y ecológicas de Colombia para su crecimiento. Se adapta y desarrolla bajo diversas condiciones; sin embargo, existen sitios con ciertas características que le proporcionan un mejor ambiente y crecimiento óptimo. Son:

- Altitud: entre 700-2.000 msnm (óptimo: 1200-1500)
- Temperatura: 17-26°C (óptimo: 20-23°C)
- Precipitación: 1.800-2.500 mm/año
- Brillo solar: 1.800-2.200 h/año

- Suelos: derivados de cenizas volcánicas, ricos en materia orgánica, fértiles, sueltos y con buena disponibilidad de humedad.

Usualmente crece bien en zonas aledañas a ríos y drenajes (9, 18). La Corporación Autónoma Regional del Quindío CRQ viene, desde hace muchos años, investigando los sistemas de propagación más eficientes y económicos con el propósito de estimular su multiplicación.

Los estimativos sobre cultivos de guadua en Colombia hablan del 52% del área nacional ubicada en el eje cafetero, considerando los departamentos de Quindío, Caldas y Risaralda. Se destaca el Quindío, que aporta el 23% del área nacional (9, 10), como el de mayor disponibilidad. Se estima que hay 51.500 hectáreas de bosque de guadua, de ellas 46.261 hectáreas son bosque natural y 5.260 plantaciones, de las cuales 31.286, están en el eje Cafetero, Tolima y Valle del Cauca (9, 18). Sin embargo, sólo son aprovechadas el 40% del total, es decir, aproximadamente 24.000 Ha. Para los otros departamentos la información es fragmentada, aunque según algunas estimaciones, en Antioquia, Huila, Putumayo, Caquetá, Cundinamarca, Cauca y Nariño se cuenta con importantes cubiertas boscosas de guadua, no registradas aún. Los departamentos de Colombia con mayor diversidad de bosques de bambú son Norte de Santander, Cundinamarca, Cauca, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Nariño y Quindío (7, 9, 10).

En Colombia, por cientos de años, la guadua ha sido usada como material de construcción y protector del medio ambiente, pero empíricamente, por campesinos y productores agropecuarios que acceden al recurso de forma espontánea y lo usan para mejorar sus condiciones en la calidad de vida. La guadua es aprovechable a partir de los 4 y hasta los 6 años de edad (guadua madura), mientras que un árbol maderable es aprovechable en promedio a los 27 años de edad (7, 8, 10), con la ventaja adicional de que es una de las especies forestales más eficientes en la captura del bióxido de carbono (CO₂). El proyecto "Cualificación del efecto sumidero de carbono de la *Guadua angustifolia* Kunth", realizado por el Centro Nacional de Investigaciones del Café, determinó una capacidad de 54 toneladas de dióxido de carbono capturadas por hectárea en 6 años (aproximadamente 9,5 Ton/HA-Año). Los árboles maderables capturan 11 Ton/HA- Año (7, 8), lo que nos da una idea del potencial de la guadua como captadora del dióxido de carbono atmosférico,

información fundamental y necesaria para ingresar al Sistema Internacional de Comercio de Derechos de Emisión, lo que traería beneficios adicionales para los inversionistas y agricultores que la cultiven y siembren.

La guadua ofrece múltiples aplicaciones y usos industriales; sin embargo el desarrollo de la industria de la guadua y el bambú en Colombia y en los países de Centro América y del Área Andina, es incipiente. Solo se utiliza para construcciones, fabricación de muebles y artesanías. Pese a esto se estima que entre 1993 y 2002 la guadua generó recursos del orden de \$8.611 millones de pesos del 2003. Según las Corporaciones Autónomas Regionales se deben haber aprovechado 3.075.592 millones de guadas en pie, de las cuales se obtuvieron aproximadamente 12.302.368 piezas comerciales (7, 8). La *Guadua angustifolia* kunth ha mitigado necesidades de la población porque es una planta perenne, de alto rendimiento en volumen por hectárea, por sus turnos de aprovechamiento cortos, por sus excelentes propiedades físico - mecánicas, por su resistencia al ataque de xilófagos, por ser una de las angiospermas con mayor longitud de fibra, por su belleza escénica y por la diversidad de sus aplicaciones, no igualada por ninguna otra especie forestal (7, 8, 10). En Colombia, aproximadamente 100.000 personas derivan su sustento de su aprovechamiento, manejo y comercialización, de donde obtienen hasta US\$400 mensuales, con un ritmo de trabajo de 4 días laborales a la semana (7, 8, 10). También es interesante destacar que la guadua es una mejor especie que el *Moso bambú*: tiene igual diámetro pero el espesor de su pared es mayor y se puede aprovechar mejor (7, 8).

Es necesario investigar cuál es el período para la cosecha y utilización de la guadua, para evitar que los virus y bacterias la deterioren, porque en 48 horas pueden infectarla. Debe procesarse mas pronto que el *Moso bambú* (este puede requerir hasta 10 días antes de ser usado una vez cortado) (7, 8,10).

Ya se han dado los primeros pasos para la articulación y formalización de la cadena de la guadua en Colombia. En el año 2004 se firmó con éxito el Acuerdo Marco de Competitividad de la Cadena de la Guadua en Colombia (8), con la participación de actores, en representación de 9 departamentos productores, y el gobierno nacional. Este convenio busca articular los esfuerzos de todas las regiones en un propósito común, que asegure continuidad y crecimiento en condiciones de competitividad y oriente

las directrices y metas para la toma de decisiones y realizaciones de corto, mediano y largo plazo. Existe un potencial importante en este recurso, lo cual se vio confirmado en los proyectos de reconstrucción del Eje Cafetero después del terremoto de 1999 que destruyó gran parte de la infraestructura y en el que la guadua tuvo un papel importante; y en las investigaciones de diferentes profesionales, tanto en las áreas relacionadas con su potencial biológico y ambiental, como en las de sus usos en la construcción, los laminados y las artesanías.

Un manejo y aprovechamiento sostenible de guaduales, junto con una industria dinámica, creativa y actualizada en el tema tecnológico puede constituir una opción económica bastante rentable. El potencial en hectáreas para sembrar es grande y las posibilidades que ofrece el mercado son interesantes. Es necesario explorar el tema de desarrollo de tecnologías adaptadas a la guadua y promover los productos. El principal reto es valorar la producción primaria como una actividad viable de diversificación económica, de modo que pueda modernizarse cada uno de los eslabones de la cadena: el aprovechamiento, la transformación y la comercialización.

El futuro de la guadua es promisorio y el país está a tiempo para generar cultivos, romper barreras culturales y crear infraestructura para su transformación, industrialización y comercialización. El proceso de conformación de la cadena puede ser fructífero en la medida que permita conocer sus falencias, la comunicación entre los actores y la articulación institucional.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR, tiene en la actualidad once proyectos financiados en la cadena de la guadua y su industria, entre el 2005 y el 2009, por valor de un poco más de \$11 mil millones de pesos (20), lo que demuestra la importancia que el país le está dando al desarrollo de este importante sector forestal. Por esta razón, la Universidad de Antioquia, Kosmein y la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío se unieron para formular y ejecutar un programa de investigación con dos proyectos que fueron aprobados por el MADR en las *Convocatorias nacionales para la cofinanciación de programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector agropecuario por cadenas productivas, 2007 y 2008*, y están en desarrollo. En uno de ellos se obtendrán productos de alto valor agregado a partir de la pirólisis de residuos de *Guadua angustifolia* kunth. El porcentaje de desechos o desperdicios generado en los procesos

de obtención de productos para la construcción es del 60% (información obtenida de COLGUADUA en el Quindío), cifra similar a la que se obtiene para productos para la construcción a partir de la madera. Otro proyecto pretende obtener un producto cosmético con actividad antisolar a partir de extractos de hojas de guadua. Se aprovecharían así dos desechos de la cosecha, materias primas útiles y económicas que tienen un importante potencial.

CONCLUSIONES

A pesar del gran potencial que tiene Colombia en cuanto a biodiversidad de plantas del género *Bambusa*, hay un extenso trabajo por hacer para innovar y competir con una amplia gama de productos derivados de ellas, entre ellos, brotes comestibles, vinagres de bambú, carbón activado y principios activos obtenidos de las hojas con aplicaciones farmacéuticas, cosméticas y alimentarias.

La *Guadua angustifolia* kunth sobresale como una especie promisorio e inexplorada cuya industrialización en Colombia es aún incipiente, limitada solo al sector de la construcción y la elaboración de artesanías.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a la empresa Kosmein, a la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío y a la Universidad de Antioquia por la financiación de los proyectos: 055-2007M3674-892-07 y 191-2008M3153-3330.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chapman GP. The biology of grasses. Londres: CAB International; 1996.
2. AbdLatif MWA, Wan T, Fauzidah A. Anatomical features and mechanical properties of three Malaysian bamboos. *J Trop For Sci.* 1990; 2 (3): 227-234.
3. Chapman GP. The bamboos. Serie 19. Londres: Linnean Society Symposium Series; 1997.
4. Andy WCL, Gang Ch, Frank H. Tainter Comparative treatability of *Moso bamboo* and Southern pine with CCA preservative using a commercial schedule. *Bioresource Technol.* 2001; 77 (1): 87-88.
5. Grosser D, Liese W. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. *Wood Sci Technol.* 1971; 5 (4): 290-312.
6. Londoño X. Aspectos Generales de los Bambúes Americanos. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.bambumex.org/paginas/ASPECTOS_GENERALES.pdf. Consultado: 18 de Septiembre de 2009.
7. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrociudades Colombia. Documento de trabajo N° 65. La Cadena

- de la Guadua en Colombia, Una Mirada Global de su Estructura y Dinámica 1991-2005. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200511216197_caracterizacion_guadua.pdf. Consultado: 05 de Agosto de 2009.
8. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Anuario 2004 Observatorio Agrociencias. Cadena de la Guadua. Bogotá: IICA; 2003.
 9. Forero M. Bambúes de las montañas del Quindío-Colombia. Quindío: CRQ; 2005.
 10. Espinosa DC. Características y estructura de la cadena de la Guadua en Colombia. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.agrocadenas.gov.co>. Consultado: 22 de abril de 2008.
 11. Lee AWC, Xuesong B, Perry NP. Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina. *Forest Prod J.* 1994; 44 (9): 40-46.
 12. Lee AWC, Xuesong B, Audiman PB. Flexural properties of bamboo reinforced southern pine OSB beams. *Forest Prod J.* 1997; 47 (6): 74-78.
 13. Moran J. El Bambú en la historia de América (I Parte). [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://lac.inbar.int/boletines/marzo2009.pdf>. Consultado: 18 de Septiembre de 2009.
 14. Cortés Rodríguez GR. Consideraciones sobre la reforestación con Bambú en México. [Sitio en Internet]. Disponible en: [http://www.bambumex.org/Reforestacion con Bambu.pdf](http://www.bambumex.org/Reforestacion%20con%20Bambu.pdf). Consultado: 20 de mayo de 2009.
 15. Wong KM. The bamboos of Peninsular Malaysia. 41ª ed. Sabah: Malayan Forest Records; 1995.
 16. Camargo JC. Conceptos básicos para el manejo silvicultural de la guadua en el eje cafetero de Colombia. [Trabajo de investigación]. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira; 2007.
 17. Judziewicz EJ, Clark LG, Londoño X, Stern MJ. *American Bamboos*. Washington- Londres: Smithsonian Institution Press; 1999.
 18. Giraldo E, Sabogal A. Una alternativa sostenible: la guadua. 2ª ed. Armenia: CRQ; 2005.
 19. Aminuddin M, Abd Latif M. Bamboo in Malaysia: Past, Present and Future Research in Bamboo in the Asia Pacific. En: *Proceedings of the Fourth International Bamboo Workshop*, 27-30 Nov. Chiangmai, Thailand: FAO, Bangkok; 1991. pp. 349-354.
 20. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia. Talleres de presentación de avances de proyectos de I+D+I en las cadenas de guadua y forestal. Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural [Sitio en Internet]. Disponible en: http://sigp.minagricultura.gov.co/soporte/noticias/Boletin_Taller_Guadua_Forestal.pdf. Consultado: 20 de septiembre de 2009.
 21. Chen Xuhe, Lou Yiping, Hao Ying (Editores). *International Workshops on bamboo industrial utilization*. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.inbar.int/publication/txt/INBAR_PR_13.htm. Consultado: 20 de septiembre de 2009.
 22. Jinhe F. Bamboo charcoal and bamboo vinegar. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.fao.org/forestry/50090/en/#P154_17014. Consultado: 20 de Septiembre de 2009.
 23. Zhang WB, Hua YK, Wang WL, Fu Q-H. Study on technology of high purity bamboo vinegar production. *Chemistry and Industry of Forest Products.* 2003; 23 (1): 46-50.
 24. Yoshihiko A, Yuka T, Soota I, Miho T, Takeshi N. Volatile Organic compounds with characteristic odor in bamboo vinegar. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2006; 70 (11): 2797-2799.
 25. Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development. *Bamboo Information Network* [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.pcarrd.dost.gov.ph/CIN/bamboonet/news.htm#top>. Consultado: 18 Febrero 2007.
 26. Campos J, Peñaloza R, Kahler C, Poblete H, Cabrera J. *Bambú en Chile*. Santiago de Chile: Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, Universidad Austral de Chile; 2003.
 27. Kahler C. *Red Chilena del Bambú. Proyecto Carbón*. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.bambu.cl>. Consultado: 25 Noviembre 2006.
 28. Jun M, Tohr U, Takeshi F. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. *J Wood Sci.* 2003; 49 (3): 262-270.
 29. Jun M, Tohr U, Takeshi F. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants II: composition of moso bamboo vinegar at different collection temperature and its effects. *J Wood Sci.* 2004; 50 (5): 470-476.
 30. Nishimura T. Apparatus for carbonization production of bamboo charcoal and bamboo pyrolytic vinegar liquid. *Fuel and Energy Abstract.* 2003; 44 (5): 305.
 31. Sulaiman RJ, Murphy RH, Sanchis CG. The inhibition of microbial growth by bamboo vinegar. *Journal of Bamboo and Rattan.* 2005; 4 (1): 71-80.
 32. Zhang Y, Bao BL, Lu BY, Ren YP, Tie XW. Determination of flavone C-glucosides in antioxidant of bamboo leaves (AOB) fortified foods by reversed-phase high performance liquid chromatography with ultraviolet diode array detection. *J Chromatogr A.* 2005; 1065 (2): 177-185.
 33. Lou DD, Zhang Y, Wu XQ, Qi JJ, Zhuo YX. Application of antioxidant of bamboo leaves (AOB) in Weixin western sausages. *Chin Food Ferment Ind.* 2004; 30: 13-17.
 34. China. Preparation method of bamboo leaf flavone. Patente N° CN101391060 (A). Inst of Chemical Industry of F; 2009.
 35. Lu BY, Tie XW, Wu XQ, Zhang Y, Zhang Y. Toxicology and safety of anti-oxidant of bamboo leaves. Part I: Acute and subchronic toxicity studies on anti-oxidant of bamboo leaves. *Food Chem Toxicol.* 2005; 43 (5): 783-792.
 36. Lu BY, Tie XW, Wu XQ, Zhang Y, Zhang Y. Toxicology and safety of anti-oxidant of bamboo leaves. Part 2: Developmental toxicity test in rats with antioxidant of bamboo leaves. *Food Chem Toxicol.* 2006; 44 (10): 1739-1743.
 37. Burns J, Gardner PT, O'Neil J, Crawford S, Morecroft I, McPhail DB. Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity, and phenolic content of red wines. *J Agric Food Chem.* 2000; 48(2): 220-230.
 38. Zhang Y, Chen J, Zhang X, Wu X, Zhang Y. Addition of Antioxidant of Bamboo Leaves (AOB) Effectively Reduces Acrylamide Formation in Potato Crisps and French Fries. *J Agricult Food Chem.* 2007; 55(2): 523-528.
 39. Zhang Y, Ying T, Zhang Y. Reduction of Acrylamide and Its Kinetics by Addition of Antioxidant of Bamboo Leaves (AOB) and Extract of Green Tea (EGT) in Asparagine-Glucose Microwave Heating System. *J Food Sci.* 2008; 73 (2): C60-C66.
 40. Zhang Y, Tie XW, Bao BL, Wu XQ, Zhang Y. Metabolism of flavone C-glucosides and p-coumaric acid from antioxidant of bamboo leaves (AOB) in rats. *Br J Nutr.* 2007; 97 (3): 484-494.
 41. Afifi FU, Shervington A, Darwish R. Phytochemical and biological evaluation of Arum palaestinum. Part 1: Flavone C-glycosides. *Acta Technologiae et Legis Medicamenti.* 1997; 8 (2): 105-110.
 42. Qiusheng Z, Xiling S, Xubo, Meng S, Changhai W. Protective effects of luteolin-7-glucoside against liver injury caused by carbon tetrachloride in rats. *Pharmazie.* 2004; 59 (4): 286-289.
 43. Verschoyle RD, Greaves P, Cai H, Borkhardt A, Brogini M, D'Incalci M, *et al.* Preliminary safety evaluation of the putative cancer chemopreventive agent tricetin, a naturally occurring flavone. *Cancer Chemother Pharmacol.* 2006; 57 (1): 1-6.
 44. Jingjing J, Yu Z, Chengmei L, Jie'er L, Xiaoqin W, Ying Z. Separation and Purification of Tricetin from an Antioxidant Product Derived from Bamboo Leaves. *J Agric Food Chem.* 2007; 55 (25): 10086-10092.
 45. Cai H, Hudson EA, Mann P, Verschoyle RD, Greaves P, Manson MM, *et al.* Growth inhibitory and cell cycle-arresting properties of the rice bran constituent tricetin in human-derived breast cancer cells in vitro and in nude mice in vivo. *Br J Cancer.* 2004; 91 (7): 1364-1371.

46. Cai H, Al-Fayez M, Tunstall RG, Platton S, Greaves P, Steward WP, *et al.* The rice bran constituent tricin potently inhibits cyclooxygenase enzymes and interferes with intestinal carcinogenesis in ApcMin mice. *Mol Cancer Ther.* 2005; 4 (9): 1287-1292.
47. Al-Fayez M, Cai H, Tunstall R, Steward WP, Gescher AJ. Differential modulation of cyclooxygenase-mediated prostaglandin production by the putative cancer chemopreventive flavonoids tricin, apigenin and quercetin. *Cancer Chemoth Pharm.* 2006; 58 (6): 816-825.
48. Nishina A, Hasegawa K, Uchibori T, Scino H, Osawa T. 2,6-Dimethoxy-p-benzoquinone as an antibacterial substance in the bark of *Phyllostachys heterocyclus* var. *pubescens*, a species of thick-stemmed bamboo. *J Agric Food Chem.* 1991; 39 (2): 266-269.
49. Chuyen NV, Kurata T, Kato H, Fujimaki M. Antimicrobial activity of Kumazasa (*Sasa albo-marginata*). *Agric Biol Chem.* 1982; 46 (4): 971-978.
50. Okabe S, Takeuchi K, Takagi K, Shibata M. Stimulatory effect of the water extract of bamboo grass (folin solution) on gastric acid secretion in pylorus-ligated rats. *Jpn J Pharmacol.* 1975; 25 (5): 608-610.
51. Hu C, Zhang Y, Kitts DD. Evaluation of antioxidant and prooxidant activities of bamboo *Phyllostachys nigra* var. *Henonis* leaf extract *in vitro*. *J Agricult Food Chem.* 2000; 48 (8): 3170-3176.
52. Bahorun T, Luximon-RA, Crozier A, Aruoma OI. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2004; 84 (12): 1553-1561.
53. Engler MB, Engler MM. The emerging role of flavonoid rich cocoa and chocolate in cardiovascular health and disease. *Nutrition Reviews.* 2006; 64 (3): 109-118.
54. Sesso HD, Gaziano JM, Liu S, Buring JE. Flavonoid intake and the risk of cardiovascular disease in women. *Am J Clin Nutr.* 2003; 77 (6): 1400-1408.
55. Yochum L, Kushi LH, Meyer K, Folsom AR. Dietary flavonoid intake and risk of cardiovascular disease in postmenopausal women. *Am J Epidemiol.* 1999; 149 (10): 943-949.
56. Industrial Technology Research Institute (ITRI), Taiwan. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.itri.org.tw/eng/about/article.asp?RootNodeId=010&NodeId=0101>. Consultado: 15 de Mayo de 2009.
57. Institute of Food Science & Technology, National Taiwan University (NTU). [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.fst.ntu.edu.tw/eng/about.asp>. Consultado: 20 de Mayo de 2009.
58. Fu J. Bamboo Juice, beer and medicine. *The Magazine of the American Bamboo Society.* 2001; 22 (5): 16
59. China. Shandong Inst of pharmaceutical. Use of bamboo leaf flavone in preparing cosmetics and food additives. Patente N° CN101332167 (A). Shandong Province; 2008.
60. Sheng ML, Ya GX. Physiological and biochemical changes of fresh-cut bamboo shoot (*Phyllostachys heterocyclus* var. *pubescens*) during cold storage. *J Sci Food Agr.* 2004; 84 (8): 772-776.
61. Young RA. Flavor qualities of some edible oriental bamboos. *Economic Botany.* 1954; 8 (4): 377-386.
62. Estados Unidos. Chandrashekhar Hari Phadke. Cultural medium for bamboo shoot sprouting and multiplication and a method for sprouting and multiplication of bamboo plantlets. Patente N° 5750401. New Delhi, India. 1995.
63. Colombia. Colciencias. Informe de la Misión Tecnológica a la China, Incubadora de Base Tecnológica Génesis, Cámara de Comercio del Quindío. Bogotá: Universidad de Antioquia y otras entidades. 2007.
64. Diver S. Bamboo: A Multipurpose Agroforestry Crop. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/bamboo.pdf>. Consultado: 22 de abril de 2009.
65. Editors. Bamboo farming: New market waits to be tapped. *Farm Show.* 1997; 21 (2): 21.
66. Growing Bamboo [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.farminfo.org/othercrops/bamboo.htm>. Consultado: 26 de Mayo de 2009.
67. Li R, Werger MJA, Kroon H, During HJ, Zhong ZC. Interactions between Shoot Age Structure, Nutrient Availability and Physiological Integration in the Giant Bamboo *Phyllostachys pubescens*. *Plant Biology.* 2000; 2 (4): 437-446
68. Turtle S. Bamboo shoots= good food. *Temperate Bamboo Quarterly.* 1995; 2 (12): 8-11.
69. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Hipertensión Arterial. Guía de Diagnóstico y Manejo 20. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/gericuba/guia20.pdf>. Consultado: 16 de abril de 2009.