

Caracterización de 20 especies cubanas lignificadas para la producción de carbón y papel

Characterization of 20 lignified cuban species for charcoal and paper production

Miguel Ángel VALES GARCÍA* , Daysi VILAMAJÓ ALBERDI* y Antonio CRAWFORD ALEXANDER*

RESUMEN. Uno de los principales conflictos que afronta la humanidad tanto desde el punto de vista de su desarrollo en cuanto a calidad de vida, como por la conservación y uso sostenible del medio ambiente es la carencia creciente de combustibles. Los combustibles que se obtienen a partir del recurso madera comprenden toda la biomasa leñosa, así como el carbón y otros combustibles derivados en dependencia del proceso de conversión. Este tipo de energía es usado por familias, industrias y empresas, fundamentalmente en áreas rurales y periurbanas. Con el crecimiento de las poblaciones, principalmente las rurales, esta fuente energética, se hace cada vez mas imprescindible, por lo que resulta importante el conocer que especies del bosque son las mas eficientes, de modo de poder hacer un uso racional y sostenible de los elementos de éste. A través de características anatómicas e índices relacionados con ellas se ofrece un estudio comparativo del potencial energético y cualidades para la producción de papel de 20 especies de amplia distribución en Cuba y presentes en diferentes formaciones vegetales del archipiélago. Entre los parámetros considerados se encuentran: peso específico, contenido de celulosa y lignina, porcentaje de fibras y parénquima como elementos constituyentes de las mismas, así como la fracción de pared, coeficiente de rigidez, el que varió de 8,3 en *Bucida palustris* hasta 76,3 en *Guarea guidonia*; mientras las especies estudiadas presentaron categorías del índice de Runkel en las siguientes proporciones: Cat. II 10%; Cat. III 50%; Cat. IV 20% y Cat. V 20%. De las 20 especies estudiadas solo 3 no resultaron aptas para la producción de pulpa para papel, en tanto que desde el punto de vista de producción de energía 5 especies resultaron de poco aporte energético.

PALABRAS CLAVE. Madera, energía, propiedades anatómicas

ABSTRACT. One of the main challenge faced to date by the mankind in order to increase the quality of life, nature conservation and sustainable use and in consequence the environment is the increased deficit of fuels. Fuels obtained from wood as resource comprise all the lignified biomass well as charcoal and others derived from the conversion process. This type of energy is very often used by families, industries and different enterprises, mainly in rural and sub urban areas. With the population growth, principally in the rural area, this source of energy is from time to time more useful, due to the importance to know which species from the forests are more efficient and to use them in a rationale and sustainable way. In the present study the main anatomical features and the indices related to the energy potentialities and paper production in 20 Cuban lignified widespread species were evaluated. The principal parameters considered were: density, lignin and cellulose contents, fibers and parenchyma percentage forming the structure of Woods, wall fraction, rigidity coefficient. This coefficient varied from 8,3 in *Bucida palustris* till 76,3 in *Guarea guidonia*. The studied species showed the categories's proportion of the Runkel Index as follow: Cat. II 10%; Cat. III 50%; Cat. IV 20% y Cat. V 20%. Taking in to account the features of these 20 studied species, 3 were not able to obtain pulp for paper and 5 of them were bad to energy production.

KEY WORDS. Wood, energy, anatomical properties

INTRODUCCIÓN

Muchos años antes de que se llegara al momento conocido como “pico del petróleo”, (momento en que se estima haber consumido la mitad de la cantidad total estimada como la reserva de este producto natural), los científicos de todo el mundo se preocupaban por buscar alternativas de energías renovables y sustentables para suplir al menos parcialmente el uso de este hidrocarburo natural, el que como era de esperar al alcanzar ese momento comenzaría a aumentar su valor en el mercado mundial.

Entre las variantes consideradas por los científicos ha estado siempre la biomasa.

La importancia de la biomasa en el contexto energético supera cualquier expectativa sobre todo si consideramos que en mayor o menor medida, ésta constituye una fuente de energía alternativa renovable. Sin embargo para poder obtener eficientemente esta energía derivada de la biomasa, es necesario que esta garantice un máximo energético con la menor cantidad de biomasa, para lo cual se hace necesario conocer las posibilidades y de la materia a emplear para este fin.

Po otra parte, el tipo de fibra empleada para la producción de pulpa para papel es completamente diferente en diversos países, mientras unos emplean las provenientes de árboles ya

sean de fibras largas o cortas. En algunos países desarrollados se emplean también las provenientes de arbustos para papeles especiales; no obstante a nivel mundial la madera representa del 85 al 90% de las materias fibrosas consumidas. Earl, 1979 destaca que alrededor del 20% de madera para la obtención de pulpa proviene de la madera de especies de angiospermas.

Tamolang y Wangaard (1961) destacaron la importancia de conocer las relaciones entre las dimensiones de las fibras de las maderas para pulpa de papel, ya que estas nos indican en que forma contribuirán a la obtención del tipo y la calidad del papel producido.

Alrededor del 55% de las fibras para la producción de pasta de papel proceden de madera virgen. Si bien es cierto que en la actualidad la mayoría de la madera para producir pulpa de papel procede de plantaciones forestales de especies de crecimiento rápido, aún se siguen explotando los últimos bosques originales templados y tropicales que existen en el planeta, lo que nos obliga a pensar de una forma diferente en la que se deberían sembrar especies autóctonas calificadas como eficientes ya sea para la producción de pulpa como para biomasa de energía, de modo de incrementar nuestros bosques naturales, evitando así la degradación del entorno y la aparición de plagas, incrementando así área boscosa del país. En el presente estudio se analizan las características anatómicas que mas influyen en el poder energético y para la

producción de pulpa para papel de 20 especies lignificadas cubanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material empleado en la presente investigación fue colectado e identificado por los autores y se encuentra depositado en la xiloteca del Herbario Nacional del Instituto de Ecología y Sistemática del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (HACw) con sus correspondientes materiales de Herbario.

La información de los datos anatómicos cuantitativos y cualitativos básicos de las maderas estudiadas en esta contribución fueron tomadas de Vales, M. y Martínez, C. (1983); Vales, M. A. y Carreras, R. (1986); Carreras, R. y Vales, M. A. (1986; 1987 *a y b*); Vales, M. A. y Crawford, A. (1997).

Para la determinación del peso específico (PE) se tomaron pequeños bloques de maderas, los cuales se pesaron (peso seco) después de haber sido deshidratados en una estufa a 80°C durante 72 horas y posteriormente calculado el volumen que desplazaban utilizando una probeta graduada en mililitros.

Considerando que entre el 75 y el 80% del peso total de la madera es celulosa y lignina se optó por el 75% para nuestros cálculos, lo que nos sirvió para estimar la biomasa de cada madera incluyendo las cantidades de lignina y celulosa.

La fracción pared se calculó según Elías de Paula (1985) como la relación de 2 veces el valor de la pared sobre el diámetro de la fibra expresado en porcentaje ($100.2e/D$). La fracción pared indica el porcentaje de biomasa (celulosa y lignina) presente en las paredes de las células.

En el presente trabajo se consideran fibras de paredes gruesas cuando el diámetro del lumen es inferior a la mitad del valor de la pared.

Las características de las maderas para la obtención de pulpa para papel fueron calculados utilizando los valores medios de longitud, grosor de las paredes de la fibra, diámetro del lumen y diámetro de fibra.

A partir de los valores de los caracteres antes mencionados se calcularon los siguientes coeficientes:

Coefficiente de rigidez: $Cr = 2$ grosor pared de fibra / diám. de la fibra

Coefficiente de flexibilidad: $Cf =$ diám del lumen/diám de la fibra

Coefficiente de Peteri o índice de esbeltez: $I. E. =$ largo de la fibra / Diámetro de la fibra

Factor de Runkel $R = 2$ grosor de la pared de la fibra/diám. del lumen, con la correspondiente clasificación en 5 grupos según Larios (1979).

Estos coeficientes nos brindan información tanto de manera directa como indirecta sobre las características generales de la pulpa para papel, por lo que conociéndolos tenemos información previa de lo que podemos esperar cuando empleamos un tipo de madera.

La frecuencia de los radios por mm lineal se determinó a partir de cortes tangenciales mientras que el número de vasos por mm cuadrado se realizó en secciones transversales siguiendo los criterios de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera.

Tabla 1. Clasificación de la relación de Runkel ($2w / l$) (Larios, 1979).

GRADO	RANGO	CLASIFICACION
I	< 0.25	Excelente
II	0.25-0.50	Muy buena
III	0.50-1.00	Buena
IV	1.00-2.00	Regular
V	>2.00	Mala

La terminología empleada es la aceptada por esta asociación (IAWA 1964).

En la Tabla 2 se exponen los nombres científicos de las especies estudiadas, los nombres vernáculos según Roig (1965) y Alain (1964) así como León (1946) y León y Alain (1951, 1953 y 1957).

Tabla 2. Relación de especies investigadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VERNÁCULO
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Aroma blanca
<i>Ateleia gummifera</i>	Rala de gallina
<i>Bucida palustris</i>	Júcaro
<i>Cassia callophylla</i>	Cocuyo
<i>Celtis trinervia</i>	Aguedita
<i>Coccoloba costata</i>	Uverillo
<i>Erythroxylum confusum</i>	Arabo colorado
<i>Gomidesia lindeniana</i>	Yareicillo
<i>Grimmeodendron eglandulosum</i>	Piñipiñi
<i>Guarea guidonia</i>	Yamagua
<i>Guettarda calyptata</i>	Guayabillo
<i>Leucocroton moncadae</i>	Cuaba
<i>Pseudocarpidium avicennioides</i>	Yanilla blanca
<i>Pseudolmedia spuria</i>	Macagua
<i>Reynosia mucronata</i>	Brujilla
<i>Simaruba glauca</i>	Gavilán
<i>Sloanea curatellifolia</i>	Achotillo
<i>Symplocos strigilosa</i>	Azulejo de pinares
<i>Tabebuia calcicola</i>	Roble caimán
<i>Tabebuia lepidota</i>	Júcaro blanco

RESULTADOS

La Tabla 3 muestra las características anatómicas cualitativas y numéricas de las 20 especies estudiadas.

Solo 3 especies presentaron parénquima apotraqueal (*Alvaradoa amorphoides*, *Celtis trinervia* y *Coccoloba costata*), una *Grimmeodendron eglandulosum* tuvo parénquima apo y paratraqueal; *Guettarda calyptata* se caracterizó por ausencia de parénquima y las 15 restantes presentaron parénquima paratraqueal de diferentes tipos y abundancias.

El largo de las fibras de las especies investigadas se correspondió con lo que en tecnología se denominan fibras cortas (0,75-2 mm). No obstante según la clasificación de la IAWA (Wheeler *et al.* 1989) se corresponden con 4 categorías, estando distribuidas de la siguiente manera: 6 especies con largo $\leq 900 \mu\text{m}$ (muy cortas); 9 con valores de 900- 1600 μm (cortas) y 4 con longitudes $> 1600 \mu\text{m}$.) medianas hasta 2000 μm ; y 1 especie con fibras comprendidas en la categoría de 2000-3000 μm largas.

Por otra parte las fibras mostraron grosor de las paredes variables en las diferentes especies donde predominaron las fibras de paredes finas. Solamente la especie *Bucida palustris* mostró paredes verdaderamente gruesas; en tanto

Grinmeodendron eglandulosum presentó tendencia a poseer fibras de paredes bastante gruesas sin alcanzar la categoría.

Todas las especies estudiadas presentaron porosidad difusa variando el número de poros por mm² desde 5 hasta 51, mientras que los diámetros tangenciales promedios lo hicieron de 39 a 120 µm.

A partir de las características anatómicas expresadas en la Tabla 3 para cada una de las especies se estimaron los coeficientes de rigidez, flexibilidad, Peteri y factor de Runkel a través de las fórmulas indicadas en materiales y métodos.

Los resultados de estas estimaciones y su clasificación para la obtención de pulpa para papel o energía se presentan en la Tabla 4, Fig. 1 y 2.

Como es sabido, las maderas con fibras más largas, paredes delgadas, diámetro del lumen anchos y densidades bajas a intermedias producen calidad de pulpa excelente, muy buena y buena; en tanto aquellas con valores del índice de fracción pared alto son ideales para la producción de energía a partir de su biomasa.

Tabla 3. Valores numéricos y características anatómicas de las maderas estudiadas. Entre paréntesis se expresan los valores del grosor de las paredes de los elementos.

NOMBRE CIENTÍFICO	Poros/ mm ²	Diam. tang (prom.) Vasos	Frec Radios. mm ⁻¹	Tipo de Pareng. axial	Diam fibras	Lumen	Largo fibras
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	51	54 (2-3)	nd	Apotraqueal escaso	12 (3,5)	5	763
<i>Ateleia gummifera</i>	6	95 (4-6)	11	Paratraqueal en bandas	11 (4,5)	2	1249
<i>Bucida palustris</i>	19	120 (5-6)	9	paratraqueal	12 (5,8)	0,4	1600
<i>Casasia callophylla</i>	5	143 (2)	8	Paratraqueal aliforme	17 (2,5)	5	848
<i>Celtis trinervia</i>	18	45 (8)	15	Apotraqueal difuso	17 (5)	7	1032
<i>Coccoloba costata</i>	6	69 (6)	7	Apotraqueal difuso	15 (3)	9	973
<i>Erythroxyllum confusum</i>	49	48 (3-4.5)	17	Paratraqueal en bandas	10 (2,5)	5	1123
<i>Gomidesia lindeniana</i>	11	72 (2-4)	11	Apotraqueal difuso	16 (4)	8	1529
<i>Grinmeodendron eglandulosum</i>	14	80 (4,5)	10	Apotraqueal y paratraqueal	14 (5)	4	913
<i>Guarea guidonia</i>	14	100 (4)	n.d.	Paratraqueal en bandas	21 (3,5)	14	1680
<i>Guettarda calyptrata</i>	34	44 (3)	11	Ausente	15 (2)	11	1745
<i>Leucocroton moncadæ</i>	36	39 (5)	15	Paratraqueal escaso	13 (3)	7	642
<i>Pseudocarpidium avicennioides</i>	nd	60 (4)	Nd	paratraqueal	14 (4)	6	1053
<i>Pseudolmedia spuria</i>	11	103 (5-6)	9	Paratraqueal en bandas	17 (4,5)	8	1166
<i>Reynosia mucronata</i>	34	48 (3-5)	9	Paratraqueal escaso	10 (3)	4	926
<i>Simaruba glauca</i>	10	108 (4-5)		Paratraqueal aliforme	15 (2,5)	10	893
<i>Sloanea curatellifolia</i>	22	82 (2)	11	paratraqueal	13 (4)	5	1206
<i>Symplocos strigilosa</i>	40	62 (2,5)	13	Paratraqueal difuso	23 (4)	15	2221
<i>Tabebuia calcicola</i>	20	64 (2-3)	8	paratraqueal	12 (2)	8	801
<i>Tabebuia lepidota</i>	40	70	n.d	Paratraqueal en bandas	11(2)	7	774

Tabla 4. Clasificación de la calidad de las maderas para Pulpa de papel y producción de energía según los índices analizados.

Especies	Peso especifico	Biomasa Celul y lignina	Fracc. Pared	Índice de Runkel 2w/dl	Coef. de rigidez 2w/Df	Coef. de flexibilidad dl/Df	Índice de Peteri Lf/dl	Clasificación para pulpa de papel	Clasificación para producir energía
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	0,96	720	58,3	1,4-IV	0,583	0,416	152,6	Regular	Buena
<i>Ateleia gummifera</i>	0,79	592,5	81,8	4,5-V	0,818	0,18	624,5	Regular	Excelente
<i>Bucida palustris</i>	0,75	562,5	96,6	29-V	0,966	0,03	4000	mala	Excelente
<i>Casasia callophylla</i>	0,96	720	29,4	1-III	0,294	0,29	169,6	Regular	Regular
<i>Celtis trinervia</i>	0,70	525	58,8	1,42-III	0,588	0,41	147,4	Regular	Regular
<i>Coccoloba costata</i>	1,18	885	44,4	0,66-III	0,444	0,6	108,1	Buena	Regular
<i>Erythroxyllum confusum</i>	1,21	907,5	50	1-IV	0,5	0,5	224,6	Regular	Muy buena
<i>Gomidesia lindeniana</i>	0,97	727,5	50	1,0-III	0,5	0,5	191,1	Regular	Regular
<i>Grinmeodendron eglandulosum</i>	0,91	682,5	71,4	2,5-V	0,714	0,28	228,2	Mala	Muy buena*
<i>Guarea guidonia</i>	0,61	457,5	33,3	0,5-II ó III	0,333	0,66	120	Regular	Mala
<i>Guettarda calyptrata</i>	0,77	577,5	26,6	0,363-IV	0,266	0,73	158,6	Regular	Buena
<i>Leucocroton moncadæ</i>	0,86	645	46,1	0,857-III	0,461	0,54	91,7	Buena	Regular*
<i>Pseudocarpidium avicennioides</i>	0,82	615	57,1	1,33-III	0,571	0,428	175,5	Buena	Mala
<i>Pseudolmedia spuria</i>	0,60	450	52,9	1,125-V	0,529	0,47	145,7	Mala	Muy buena
<i>Reynosia mucronata</i>	1,08	810	60	1,5-IV	0,6	0,4	231,5	Regular	Muy buena
<i>Simaruba glauca</i>	0,99	742,5	33,3	0,5-III	0,33	0,66	89,3	Buena	Regular
<i>Sloanea curatellifolia</i>	0,74	555	61,5	1,6-IV	0,615	0,38	241,2	Regular	Buena
<i>Symplocos strigilosa</i>	0,52	390	34,7	0,53-III	0,347	0,65	148	Muy buena	Mala
<i>Tabebuia calcicola</i>	0,59	442,5	33,3	0,5-II	0,333	0,66	100,1	Muy buena	Mala
<i>Tabebuia lepidota</i>	0,53	414,75	36,3	0,67-III	0,363	0,64	110,5	Buena	Mala

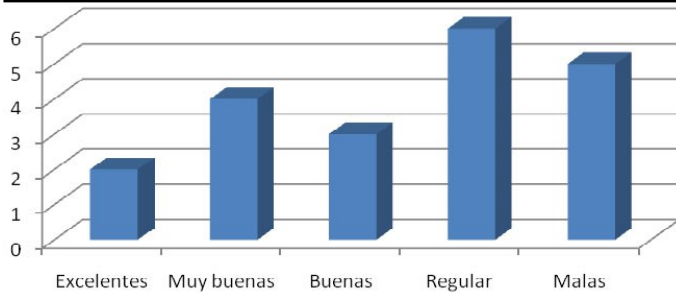


Fig. 1. Cantidad de especies estudiadas por categoría para la producción de energía.

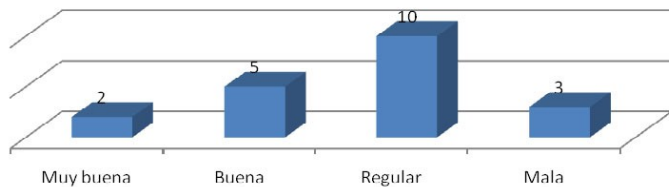


Fig. 2. Calidad de las especies para pulpa de papel.

CONCLUSIONES

Partiendo de los criterios de Huerta y Corral (1975), Amidon (1981), Luna (1983) y Casey (1990), quienes afirman que la densidad de la madera es inversamente proporcional con la calidad de la pulpa, y por otra parte los de Elías de Paula (1985) para el índice de fracción pared en las especies estudiadas llegamos a las siguientes conclusiones:

- ◆ Considerando los valores del índice fracción pared se establecen las categorías de uso como energético de las especies estudiadas quedando distribuidas de la siguiente manera: dos de calidad excelente, tres de calidad muy buena, tres de calidad buena, seis de calidad regular y 5 malas ó de baja eficiencia.
- ◆ De acuerdo con los valores del factor de Runkel, las calidades de las pulpas para papel de las especies estudiadas resultaron: dos de calidad muy buena, cinco de calidad buena, diez de calidad regular y tres de mala calidad.
- ◆ De las 20 especies estudiadas el 75% resultaron clasificadas como eficientes para la producción de energía, en tanto solo el 35% de ellas resultaron promisorias para la producción de pulpa para papel.
- ◆ En la evaluación de las maderas como productoras de energía deben considerarse además de los índices numéricos, otras características como la cantidad de parénquima radial y axial y la presencia de látex como en el caso de las Euphorbiaceae.

De acuerdo con los resultados obtenidos, proponemos desarrollar plantaciones con las especies evaluadas como excelente, muy buena y buena calidad, simulando las formaciones vegetales donde ellas crecen, de modo de tener garantizada tanto la de materia prima para celulosa y papel, como las energéticas con especies autóctonas.

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones complementarias a este estudio, en las que se determinen las propiedades físicas y mecánicas y del potencial calórico producido con las especies que mostraron las mejores calidades y además realizar análisis de la caracterización de los componentes químicos de estas maderas.

REFERENCIAS

- Alain, Hno. 1964. *Flora de Cuba*, V. Asociación de estudiantes de Ciencias Biológicas, Publicaciones, La Habana, 363 pp.
- 1974. *Flora de Cuba*. Suplemento. Instituto Cubano del Libro, La Habana, 150 pp.
- Amidon, T.E. 1981. Effect of wood properties of hardwoods on kraft paper properties. *Tappi* 64(3):123- 125.
- Carreras, R. y Vales, M. A. 1986. Estudio comparativo de la madera de Bucida L. (Combretaceae) en Cuba. *Acta Botanica Hungaricae* 32 (1-4):247-253
- Carreras, R. y Vales, M. A. 1987a. *Atlas anatómico de maderas cubanas*. Ed. ACC.
- Carreras, R. y Vales, M. A. 1987b Anatomía de maderas de Cuba II. *Rev. Jard. Bot. Nac. Cuba*. Vol. VIII No.1 21-32.
- Casey, P.J. 1990. *Pulpa y papel. Química y tecnología química*. Volumen 1. Editorial LIMUSA. pp:187-192.
- Earl, L.C. 1979. *Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel*. Tomo I: Pulpa. CECSA. pp:39-78.
- Huerta C., J y G. Corral L. 1975. Características tecnológicas de las pulpas de 10 coníferas. VI Congreso Mexicano de Botánica. Xalapa, México. 10 p.
- Huerta, J. 1989. La anatomía de la madera y su relación con la industria papelera. Informe presentado en el I Congreso Forestal, La Habana, Cuba. 9 pp.
- IAWA Committee on Nomenclature 1964. Multilingual Glossary of Terms used in Wood Anatomy Verlagsanstalt Buchdruckerei Konkordia Winterthur 186 pp.
- Larios S., P. 1979. Índices de calidad de las pulpas de dos coníferas. Tesis profesional. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 68 p.
- León, Hno. 1946. *Flora de Cuba* I. Contrib. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle, 8(1): 1-441.
- León, Hno. y Alain, Hno 1951. *Flora de Cuba* (vol. 2). Cont. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle, 10:1-456.
- 1953. *Flora de Cuba* (vol 3). Cont. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle, 13:1-556.
- 1957. *Flora de Cuba* (vol. 4). Cont. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio La Salle, 13:1-502.
- Luna O., T. 1983. Determinación de los índices de calidad de las pulpas de 29 maderas tropicales de Chiapas. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. México. 54 p.
- Paula, J. E. de 1982. Espécies nativas com perspectivas energéticas. *Silvicultura Sao Paulo*, 16A(2):1259-1315
- Paula, J.E. de 1985. Etudo de Madeiras Indígenas, visando seu aproveitamento na geração de energia CNP-*Atualidades* 92:13-23.
- Tamarit Urias, J. C. 1996. Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. *Madera y Bosques* 2(2):29-41
- Tamolang, F.N. y F.F. Wangaard. 1961. Relationships between fiber characteristics and pulp-sheet properties. *Tappi* 44(3):201-216.
- Roig y Mesa J. T. 1965. *Diccionario Botánico de Nombres Vulgares cubanos* Tomos 1 y 2. Pp 1149 Editorial Científico-Técnica, La Habana.
- Vales, M. A. y Carreras, R. 1986. Anatomía de maderas de Cuba I. *Acta Botanica Hungaricae*. 32 (1-4) 231-245.
- Vales, M. A. y Crawford, A. 1997. Anatomía de maderas de cubanas, V. *Fontqueria* 48:91-146.
- Wheeler, E. A.; Baas P. y Gasson, P. E. 1989. IAWA List of microscopic features for Hardwood identification. *IAWA Bull. N.s.* 10(3): 219-332.

Miguel Ángel Vales García. Investigador Titular. Doctor en Ciencias Biológicas. Especialista en Anatomía de Maderas y Ecología Vegetal. Centro Nacional de Biodiversidad. Instituto de Ecología y Sistemática.

✉ vales@ecologia.cu