

## POTENCIALIDADES FIBROSAS DE EUCALIPTOS EN PINAR DEL RÍO

DR. UVALDO OREA IGARZA, DRA. L. R. CARBALLO ABREU, DRA. E. CORDERO MACHADO, M.Sc. NOHARYS PÉREZ DÍAZ Y M.Sc. R. GÓMEZ MARÍN

Universidad de Pinar del Río. Calle Martí 270 esq. a 27 de  
Noviembre, Pinar del Río, Cuba

### RESUMEN

Se estudia la composición química y las características morfológicas de la madera de *E. saligna* Smith, *C. citriodora* y *E. pellita* F. Muell. a tres alturas del tronco comercial en muestras procedentes de la empresas forestales integrales (EFI) de Macurije y Guanahacabibes, en la provincia de Pinar del Río, Cuba. Las muestras obtenidas se utilizan para el análisis químico, y las características morfológicas de las fibras empleando las normas estándares TAPPI. Se determina la composición química, la longitud de la fibra, el diámetro del lumen, el grosor de la pared y el diámetro de la fibra. Los resultados sugieren que la especie de *C. citriodora* presenta los mayores contenidos de celulosa, menores contenidos de lignina y sustancias extraíbles; sus fibras exhiben mayores longitudes promedios, con menores valores del diámetro del lumen, mayores coeficientes de esbeltez y menores valores del coeficiente de Runkel, con mayores potencialidades fibrosas.

Palabras claves: eucaliptos, fibras, composición química, potencialidades

### ABSTRACT

The chemical composition and the morphological characteristic is studied from wood of *E. saligna* Smith, *C. citriodora* and *E. pellita* F. Muell. to three heights of the commercial bole in samples coming from the Integral Forest Companies (EFI) of Macurije and Guanahacabibes in Pinar del Río, Cuba. The samples obtained are used for the chemical analysis, and the morphological characteristic of the fibres, using the Norms Standard TAPPI. It is determined the chemical composition, length of the fibres, diameter of the lumen, thickener of the wall. The results suggest that the species of *C. citriodora* presents the biggest cellulose contents, smaller lignin contents and substances extractives, its fibres exhibit bigger length averages, with smaller values of lumen diameter, the bigger slenderness coefficients and smaller values of Runkel coefficient, presenting bigger fibrous potentialities.

Key words: eucalyptus, fibres, chemical composition, potentiality

### INTRODUCCIÓN

La provincia de Pinar del Río cuenta con el 38,6% de su superficie cubierta de bosques, lo que la ubica entre las más importantes reservas forestales del país. Se destaca en primer lugar

las coníferas, y en segundo, por su abundancia, el género *Eucalyptus*, con 17 318,3 ha, distribuidas en ocho empresas forestales integrales [Informe Provincial al II Congreso Forestal,

1998]. La madera de eucalipto actualmente tiene diversos usos, como material de construcción, cujes para secar tabaco, postes de tendido eléctrico. Dispone de volúmenes de existencias comerciales en formación entre 450 y 470 m<sup>3</sup>/ha para las especies de *C. citriodora*, *E. pellita* F. Muell. y *E. saligna* Smith, que son las especies que han presentado mejor adaptabilidad a las condiciones climáticas de la provincia.

El Programa de Desarrollo Económico Forestal para el 2015 (1997) plantea que en la actualidad solo el 13% de la madera es destinada a la industria, y se prevé llegar al 52% al final del periodo, además de incrementar o instalar plantas de tableros de partículas de madera de eucaliptos, así como una planta de celulosa de 50 000 t anuales.

Tomando estos aspectos como premisa, y considerando la empresa como objetivo primordial, como plantea el Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica Cubano, el insuficiente conocimiento de la composición química de la madera de las especies de *Eucalyptus pellita* F. Muell., *Corymbia citriodora* y *Eucalyptus saligna* Smith limita la toma de decisiones para incrementar su aprovechamiento en la industria de celulosa y papel, por lo que estudiar la composición química de la madera de las especies de *Eucalyptus pellita* F. Muell., *Corymbia citriodora* y *Eucalyptus saligna* Smith que crecen en la provincia de Pinar del Río, permitirán ampliar el uso con vistas a incrementar los datos científicos de estas maderas para esas industrias.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon diez árboles de cada especie de *Eucalyptus pellita* F. Muell., *Corymbia citriodora* y *Eucalyptus saligna* Smith con características morfológicas semejantes, en edades comprendidas entre veinte y veintidós años, procedentes de las empresas forestales integrales (EFI) de Macurije y Guanahacabibes, de la provincia de Pinar del Río. Los árboles contaban con un DAP promedio de 18, 25 y 17 cm, altura total promedio de 15, 18 y 14 m, y una longitud del tronco comercial de 10, 12 y 8 m, respectivamente, desarrollados en sitios de calidad II.

Fueron tomadas rodajas de 20 cm de longitud al 25%, 55% y 85% de la altura del tronco comercial de cada árbol, los que se convirtieron en aserrín en sierra circular, secados al aire y guardados en frascos de cristal para su conservación y posterior análisis.

A las muestras se les determinó humedad, extraíbles en tolueno-etanol, en agua caliente después de tolueno-etanol y etanol, contenido de celulosa, de lignina, de cenizas, de hemicelulosa y de pentosanos, según Normas Tappi (1999).

De las rodajas de madera obtenidas de cada una de las especies, y de forma manual se prepararon palillos a lo largo de la fibra de dimensiones de 2 mm x 2 mm x 2 cm para su deslignificación y posterior análisis de la fibra.

Para la deslignificación se pesan 10 g de madera convertida en palillos; se deslignifica con NaClO<sub>2</sub> y HAC duran-

te 3 h, la muestra libre de lignina se colorea con indicador rojo congo y se coloca en el portaobjetos del microscopio, utilizando para las mediciones en la computadora Pentium-4 acoplado al microscopio Tappi (1999)

Se determinó la longitud de la fibra y su diámetro y el del lumen, grosor de la pared, y se calcularon los coeficientes de Runkel, de flexibilidad y la relación esbeltez.

Para cada determinación se obtuvo el promedio de 350-400 mediciones visualizadas en la computadora y analizadas mediante Sofwear SPSS for Windows (1997).

## DESARROLLO

Estudios realizados en la madera de las especies de eucaliptos demostraron una gran variabilidad en su composición química a lo largo del tronco comercial, donde no se encontraron diferencias en los contenidos de celulosa y hemicelulosas, con diferencias en los contenidos de lignina y de sustancias extraíbles en los diferentes sistemas de solventes. El análisis discriminante por especies demostró la clara delimitación que se establece al estudiar la composición química de la madera con la especie [Orea *et al.*, 2004a,b] [Carballo *et al.*, 2004a,b].

En la *Tabla 1* se muestra la composición química de la madera de las especies de eucaliptos estudiadas, el contenido total de extraíbles, sustancias minerales y los contenidos de lignina y celulosa, pentosanos, hemicelulosa y holocelulosa.

Según plantea Browning (1967), las latifolias presentan contenidos de sustancias extraíbles entre 2% y 4%, por lo que los resultados para estas especies son altos. Es de señalar que los datos expresados por Browning corresponden en general a latifolias de países fríos, para los que el comportamiento químico no es semejante al de latifolias de países tropicales, como lo demuestran los estudios de las sustancias extraíbles en 13 especies de latifolias de la región centro-oeste de Brasil, lo que evidencia que las condiciones climáticas influyen en estos contenidos y pueden superar el contenido total de extraíbles en madera de coníferas. [Thaines *et al.*, 1996] [Oliveira *et al.*, 1996] [Miranda *et al.*, 1996] [Vieira *et al.*, 1996] [Rocha *et al.*, 1996].

Los extraíbles totales para las tres alturas en el caso del *E. pellita* F. Muell. se encuentran entre 6,44% y 8,13%; para el *C. citriodora* entre 6,28% y 7,79%, y para el *E. saligna* Smith entre 7,85% y 14,4%. De lo que se aprecia que la madera de *E. saligna* Smith es la que presenta mayores porcentajes de sustancias extraíbles totales, y en esta especie en la parte superior del tronco (85% de la altura). Las especies de *E. pellita* F. Muell. y *C. citriodora* presentan valores similares, como se puede apreciar en la *Fig. 1*.

La lignina muestra valores para *E. pellita* F. Muell. entre 18,50% y 21,19%; en el *C. citriodora* entre 17,40% y 18,30%, y en el *E. saligna* Smith entre 24,68% y 28,50%, siendo el *C. citriodora* la especie de menores contenidos de lignina, y el *E. saligna*

Smith el de los mayores valores porcentuales, lo que puede ser observado en la Fig. 2.

Los contenidos de celulosa se encuentran en mayores porcentajes en el *C. citriodora* con valores entre 50,60% y 53,80%, seguido del *E. saligna* Smith con valores porcentuales entre 41,87% y 47,01%, donde el *E. pellita* F. Muell. muestra los menores valores, entre 40,91% y 44,85%, como refleja la Fig. 3.

Los contenidos de sustancias minerales son superiores para *C. citriodora* (0,5%-0,6%) y muy semejantes para *E. pellita* F. Muell. y *E. Saligna* Smith (0,17-0,23%), (0,23-0,3%) respectivamente, como se observa en la Fig. 4.

La Tabla 2 muestra el análisis de varianza bifactorial para la composición química de la madera de las especies *E. saligna* Smith, *C. citriodora* y *E. pellita* F. Muell. a tres alturas del tronco comercial, donde se observan diferencias significativas para todas las variables, con un mayor nivel de significación para la especie y la interacción especie-altura.

Las maderas de *C. citriodora*, *E. pellita* F. Muell. y *E. saligna* Smith fueron deslignificadas con clorito de sodio y ácido acético para el estudio de las características morfológicas de las fibras. En la Tabla 3 se observa que existen variaciones en las dimensiones de la fibra en dependencia de la altura del tronco. En la medida en que se asciende en el tronco, desde el 25%-85% disminuye el diámetro de la fibra, el tamaño del lumen, el grosor de la pared y ligeramente la longitud de la fibra, lo que aumenta ligeramente el coeficiente de flexibilidad, mayores coeficientes de Runkel y de esbeltez.

Los resultados sugieren que la especie de *C. citriodora* presenta los mayores valores de la longitud de la fibra con menores valores del diámetro del lumen, mayor relación de esbeltez y ligeramente inferiores coeficientes de Runkel.

El análisis de la composición química de la madera y características morfológicas de la fibra aportan datos que permiten inferir algunas de sus propiedades y perspectivas de uso en la industria de celulosa y papel.

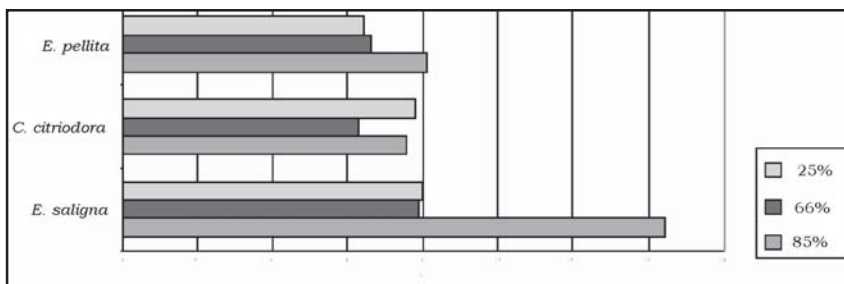


Fig. 1. Contenido de sustancias extraíbles de la madera de *E. saligna* Smith, *C. citriodora* y *E. pellita* F. Muell. a tres alturas del fuste comercial.

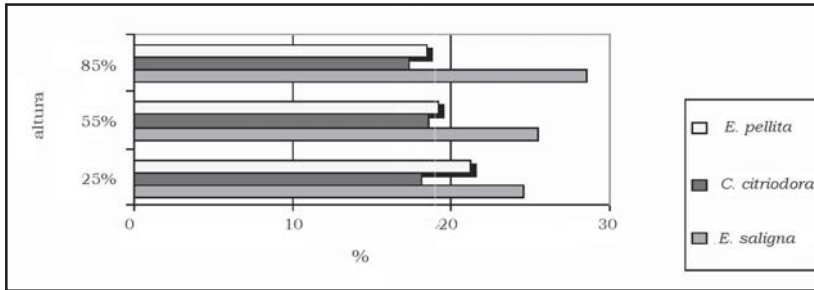


Fig. 2. Contenido de lignina de la madera de *E. saligna* Smith, *C. citriodora* y *E. pellita* F. Muell. a tres alturas del fuste comercial.

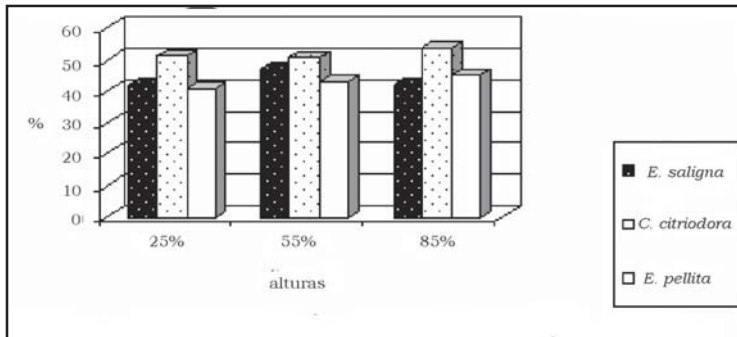


Fig. 3. Contenido de celulosa para las especies de *E. saligna* Smith, *C. citriodora* y *E. pellita* F. Muell. a tres alturas del fuste comercial.

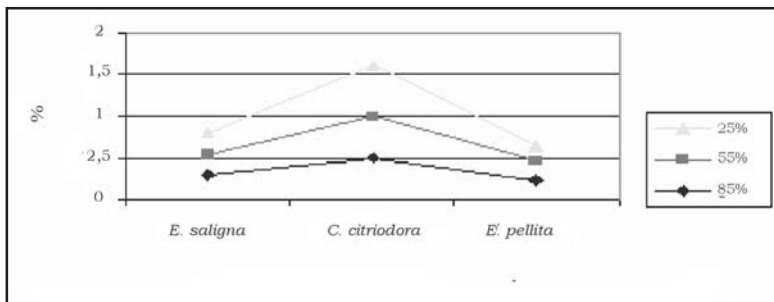


Fig. 4. Contenido de sustancias minerales para la madera de *E. saligna* Smith, *C. citriodora* y *E. pellita* F. Muell. a tres alturas del fuste comercial.

**TABLA 1**  
**Composición química de la madera de *E. saligna* Smith, *E. citriodora* Hook y *E. pellita* F. Muell. a tres alturas del tronco comercial (25%, 55% y 85%)**

| Determinaciones (%)  | <i>E. saligna</i> Smith |       |       | <i>C. citriodora</i> |       |       | <i>E. pellita</i> F. Muell. |       |       |
|----------------------|-------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
|                      | 25%                     | 55%   | 85%   | 25%                  | 55%   | 85%   | 25%                         | 55%   | 85%   |
| Extraíbles totales   | 7,98                    | 7,85  | 14,4  | 7,79                 | 6,28  | 7,53  | 6,44                        | 6,61  | 8,13  |
| Lignina              | 24,58                   | 25,35 | 28,5  | 18,30                | 18,70 | 17,40 | 21,19                       | 19,25 | 18,50 |
| Celulosa             | 42,03                   | 47,01 | 41,87 | 51,50                | 50,60 | 53,80 | 40,91                       | 43,19 | 44,85 |
| Sustancias minerales | 0,26                    | 0,23  | 0,3   | 0,6                  | 0,5   | 0,5   | 0,17                        | 0,23  | 0,23  |
| Pentosanos           | 19,2                    | 14,15 | 14,85 | 18,01                | 18,05 | 14,95 | 20,8                        | 20,4  | 19,5  |
| Hemicelulosas        | 33,14                   | 32,56 | 29,79 | 28,88                | 33,83 | 27,36 | 37,91                       | 37,8  | 36,63 |
| Holocelulosas        | 75,15                   | 74,65 | 71,5  | 81,73                | 80,29 | 82,61 | 78,7                        | 80,68 | 78,70 |

Porcentajes basados en la masa absolutamente seca.

**TABLA 2**  
**Análisis de varianza bifactorial para las sustancias extraíbles de la madera**

|             | Grados de libertad | Solubles en NaOH 1%       | Solubilidad en agua (95°C) | Solubilidad en etanol (95%) | Solubilidad en T-E (2:1)  | Soluble agua seriada      | Soluble etanol 95% después de T-E (2:1) |
|-------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---|
| Especie (A) | 2                  | 7,45.10 <sup>-2</sup> *** | 34,151 ***                 | 39,697 ***                  | 0,360 ***                 | 0,689***                  | 1,338 ***                               |
| Altura (B)  | 2                  | 2,41.10 <sup>-2</sup> *** | 3,325**                    | 6,694 ***                   | 6,24.10 <sup>-2</sup> *** | 8,20.10 <sup>-2</sup> *** | 1,714 ***                               |
| A x B       | 4                  | 6,73.10 <sup>-3</sup> *** | 3,161***                   | 29,189 ***                  | 9,73.10 <sup>-2</sup> *** | 4,34.10 <sup>-2</sup> *** | 0,717***                                |
| Error       | 18                 | 1,36.10 <sup>-3</sup>     | 0,589                      | 7,88.10 <sup>-2</sup>       | 5,32.10 <sup>-4</sup>     | 9,09.10 <sup>-4</sup>     | 41,05.10 <sup>-2</sup>                  |

\*\*: Significación para  $\alpha < 0,05$ .

**TABLA 3**  
**Características de la fibra para las maderas de E. pellita F. Muell., C. citriodora y E. saligna Smith**

| Especie                     | Altura (%) | Diámetro (D $\mu$ m) | Lumen (l $\mu$ m) | Pared (W $\mu$ m) | Longitud (L mm) | Coefficiente de flexibilidad (l/D) | Coefficiente de Runkel (l/2 W) | Relación esbeltez |
|-----------------------------|------------|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| <i>E. saligna</i> Smith     | 25         | 20,14                | 9,02              | 5,5               | 0,89            | 0,44                               | 0,81                           | 44,63             |
|                             | 55         | 18,50                | 10,0              | 10,0              | 0,88            | 0,55                               | 0,5                            | 47,67             |
|                             | 85         | 18,62                | 7,56              | 5,2               | 0,92            | 0,41                               | 0,72                           | 49,43             |
| <i>C. citriodora</i>        | 25         | 21,89                | 6,73              | 7,58              | 0,89            | 0,30                               | 0,44                           | 40,75             |
|                             | 55         | 17,70                | 5,10              | 6,29              | 1,08            | 0,28                               | 0,40                           | 61,51             |
|                             | 85         | 12,67                | 4,10              | 4,25              | 0,93            | 0,31                               | 0,48                           | 74,06             |
| <i>E. pellita</i> F. Muell. | 25         | 19,91                | 10,24             | 10,0              | 0,93            | 0,51                               | 0,51                           | 47,96             |
|                             | 55         | 17,70                | 5,10              | 6,29              | 1,08            | 0,28                               | 0,40                           | 61,51             |
|                             | 85         | 12,91                | 6,51              | 5,24              | 0,86            | 0,50                               | 0,57                           | 66,79             |

En la *Tabla 4* se puede apreciar la potencialidad de las maderas de las especies de *E. saligna* Smith, *C. citriodora* y *E. pellita* F. Muell., en fibra celulósica, holocelulosa (polisacá-

ridos totales) y pentosanos, componentes que desde el punto de vista químico son muy importantes de tener en cuenta para su perspectiva industrial.

**TABLA 4**  
**Potencialidades de las maderas de Eucaliptos**

|                  | <i>E. saligna</i> Smith | <i>C. citriodora</i> | <i>E. pellita</i> F. Muell. |
|------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Fibra celulósica | 120,47 t/ha             | 143,39 t/ha          | 121,2 t/ha                  |
| Holocelulosa     | 210,56 t/ha             | 230,32 t/ha          | 225,26 t/ha                 |
| Pentosanos       | 47,87 t/ha              | 46,68 t/ha           | 56,95 t/ha                  |

Una de las principales aplicaciones que presentan los eucaliptos en el mundo es como fuente de fibra para la producción de pulpa celulósica, por lo que resultan importantes los conocimientos referentes a los componentes químicos de la madera, fundamentalmente los contenidos de sustancias extraíbles en los diferentes sistemas de solventes, contenidos de lignina y de holocelulosa (celulosa y hemicelulosa); por tanto, los datos aquí expuestos permiten inferir que el *C. citriodora* es la especie que presenta mayores contenidos de material fibroso, seguido del *E. saligna* Smith y el *E. pellita* F. Muell., aunque no es el único criterio para su empleo en este sentido. Según plantea Ona *et al.* (1995), se deben tener en cuenta además las propiedades de la pulpa.

Atendiendo a lo anterior y a las proyecciones de la industria forestal en Cuba, una planta pequeña, de 20 000 t/año de celulosa para papel y cartones, necesitaría disponer de un área aproximada de 4000 ha de bosques,

para en turnos de veinte años cortar 200 ha anualmente.

De acuerdo con los resultados de la caracterización química de la madera y los datos de la fibra (longitud, diámetro, lumen, pared, coeficiente de flexibilidad, factor de Runkel y relación de esbeltez), podemos considerar que las especies de eucaliptos estudiadas constituyen un potencial para la industria de la celulosa en Cuba.

## CONCLUSIONES

- Los resultados del análisis de la composición química y topoquímica de las especies de *E. pellita* F. Muell., *C. citriodora* y *E. saligna* Smith demuestran sus potencialidades como material fibroso para la industria de celulosa y papel.

## BIBLIOGRAFÍA

- BROWNING, B. L.: «*Methods of Wood Chemistry*», Intersci, Public. N. Y., Londres, vol. 2, 1967.
- CARBALLO ABREU, L. R.; U. OREA IGARZA; CORDERO E. MACHADO: «Composición química de tres maderas

- en la provincia de Pinar del Río, Cuba, a tres alturas del tronco comercial. Parte no. 1: *Corymbia citriodora*», revista *Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. X, no. 1, México, 2004a, pp. 57-62.
- : «Composición química de tres maderas en la provincia de Pinar del Río, Cuba, a tres alturas del fuste comercial. Parte no. 4: Estudio comparativo de la composición química», revista *Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. X, no. 2, México, 2004b, pp. 77-81.
- MIRANDA, B. L.; F. ATINES; M. MIYAKAW; M. R. NETO: «Características anatómicas y composição química de três especies de leguminosas nativas do estado de Matto Grosso», *Forest'96*, Minas Gerais, Brasil, 1996, pp. 250-252.
- OLIVEIRA, E.; L. R. CARBALLO; S. H. MENDOZA: «Características anatómicas e composição química da madeira de Pan de Perdiz, *Semorouba versicolor* Aubl.», *Forest'96*, Minas Gerais, Brasil, 1996, pp. 249 y 250.
- ONA, T. AND COL.: «Small-Scale Method to Determine the Contents of Wood Components Samples», *Tappi Journal*, vol. 78, no. 3, 1995, pp.121-126.
- OREA IGARZA, U; L. R. CARBALLO ABREU; E. CORDERO MACHADO: «Composición química de tres maderas en la provincia de Pinar del Río, Cuba a tres alturas del fuste comercial. Parte no. 3: *Eucalyptus saligna* Smith», revista *Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. X, no. 2, México, 2004a, pp. 71-75.
- : «Composición química de tres maderas en la provincia de Pinar del Río, Cuba, a tres alturas del tronco comercial. Parte no. 2: *Eucalyptus pellita* F. Muell.», revista *Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. X; no. 1, México, 200b, pp. 51-55.
- Política Forestal de Cuba, La Habana, 1997.
- Programa SPSS for Windows, dic., 1997.
- ROCHA, N. M. Y COL.: «Estudio das características anatómicas e da composição química de madeira de Itauba *Meziliaurus Itaubá*, Meissn, Taubert ex. Mez», *Forest'96*, Minas Gerais, Brasil, 1996, pp. 253 y 254.
- TAPPI: *Test Methods*, Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Press, Atlanta, 1999.
- THAINES, F.; L. R. CARBALLO; S. H. MENDOZA; N. L. RONDÓN: «Composição química e características anatómicas da madeira de A mescla (*Trattinickia burseraefolia*) Mart. Willd.», *Forest'96*, Minas Gerais, Brasil, 1996, pp. 248 y 249.
- VIEIRA, E. P. Y COL.: «Características anatómicas y composição química de madeira de carne de vaca, *Rhopala montana* Klatz», *Forest'96*, Minas Gerais, Brasil, 1996, pp. 251 y 252.