



## Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) de una plantación del distrito San Gabán

### Physical, mechanical and anatomical properties of *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) from a plantation in the San Gabán district

Ruben César Anquise Tichahuanca<sup>1\*</sup>, Ever Ángel Ccahuana Jihuallanca<sup>2</sup>, Percy Amilcar Zevallos Pollito<sup>2</sup>, Leif Armando Portal Cahuana<sup>3</sup>

#### RESUMEN

La presente investigación presenta como objetivo principal las características anatómicas y propiedades físicas y mecánicas de una nueva especie endémica del Perú reportada en 2005, *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi), procedente de plantación experimental de ocho años de San Gabán, Departamento de Puno (Perú). Se colectaron cinco trozas de 1.30 m por árbol al azar de una población de 18 árboles. Luego se obtuvieron tablones centrales de 8 cm; a partir de ellos se elaboraron las probetas en una carpintería, para posteriormente evaluar las probetas en los laboratorios de anatomía de la madera UNAMAD y tecnología de la madera de UNALM. Los procedimientos se fundamentaron en metodologías de las Normas Técnicas Peruanas COPANT y IAWA. Los resultados difunden el primer reporte de la anatomía y propiedades físicas de la madera de *V. kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) procedente de una plantación experimental de ocho años en San Gabán. Además, los resultados permiten dar criterios técnicos sobre la utilización racional y técnica de la madera de *V. kosnipatae*.

**Palabras clave:** tecnología de la madera, anatomía, forestal, especie nativa, Puno.

#### ABSTRACT

The main objective of this research is the anatomical characteristics and physical and mechanical properties of a new endemic species of Peru reported in 2005 *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) from an eight-year experimental plantation in San Gabán, Puno, Peru. Five logs of 1.30 m per tree were randomly collected from a population of 18 trees, then central planks of 8 cm were obtained; From them the specimens were elaborated in a carpentry, then the specimens were evaluated in the UNAMAD wood anatomy and wood technology laboratories of UNALM, the procedures were based on methodologies of the Peruvian Technical Standards, COPANT and IAWA. The results disseminate the first report of the anatomy and physical properties of the wood of *V. kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) from an eight-year experimental plantation in San Gabán Puno, Peru. In addition, the results allow giving technical criteria on the rational and technical use of *V. kosnipatae* wood.

**Keywords:** wood technology, anatomy, forestry, native species, Puno.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Illpa, Puno, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional Amazónica Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Florestais, São Paulo, Brasil

\* Autor de Correspondencia, e-mail: alfatango001@hotmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

La familia botánica Vochysiaceae A. St.-Hil., comprende cerca de 240 especies distribuidas en América del Sur desde el norte al centro y sur del continente, y en una región en el oeste del continente africano. Esta familia botánica comprende ocho géneros de los cuales dos, *Erismadelphus* Mildbr. y *Korupodendron* Litt & Cheek, se encuentran apenas en África y los otros seis (*Callistheme* Mart., *Ertisma* Rudge, *Qualea* Aubl., *Ruizteraia* Mart.-Berti, *Salvertia* A.St.-Hil. y *Vochysia* Abul.) se distribuyen exclusivamente en el continente americano (Gonçalves et al., 2017).

En el Perú la superficie forestal representa la mayor extensión del territorio nacional (Rojas, 2018). La familia botánica Vochysiaceae es reconocida en el Perú por presentar cuatro géneros y 32 especies, todas de porte arbóreo. Se cuenta con dos especies endémicas del género *Qualea* (*Q. calantha* y *Q. impexa*). Estas especies se encuentran en la región Bosques Húmedos Amazónicos (León, 2013). El género *Vochysia*, distribuido en todo el Trópico Americano, actualmente cuenta con 100 especies, 19 de ellas para el Perú. En la Reserva de la Biosfera del Manú, en el Departamento de Cusco, se descubrió una nueva especie endémica denominada *Vochysia kosnipatae* I. Huamantupa (Huamantupa, 2005).

*Vochysia kosnipatae* es conocida localmente como “Alkokaspi” o “Copal”, y en el norte peruano como “Killosa”. Es una especie ampliamente explotada como madera en la categoría denominada “madera corriente”, siendo usada preferentemente para cavados y mueblería. Actualmente, se tienen resultados exitosos en ensayos de plantaciones y reforestación en hábitats degradados, donde se mostró como una de las especies de mayor éxito en los valles de Kosñipara en Cusco y San Gabán en Puno. Una de las razones para su preferencia es que presenta un tronco cilíndrico uniforme sin ramificación dística, la copa es de forma aparasolada cubriendo pocos metros de distancia del tronco al final de la copa (Huamantupa, 2012).

Rosales (2015), menciona que el conocimiento del contenido de humedad-equilibrio relacionado con la

densidad básica se tiene en cuenta en los procesos de secado y preservación, teniendo importancia técnica, económica, social y ambiental, puesto que brinda posibilidades de formar grupos de especies maderables con características anatómicas, de densidad básica y de humedad-equilibrio similares.

Así mismo, Arostegui (1982), indica que conocer las características anatómicas de la madera permite explicar las causas correspondientes a los cambios dimensionales y el comportamiento de los esfuerzos mecánicos. Además, menciona que la contracción radial y tangencial es un índice de la estabilidad de la madera y cuando la relación entre ambos se acerca a la unidad la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Un estudio en Costa Rica determinó que la madera de *Vochysia ferruginea* (soroga), a nivel de características anatómicas, presenta un buen comportamiento de trabajabilidad, teniendo gran potencial de reforestación comercial para uso comercial y uso en productos de madera (Tenorio et al., 2016).

En León (2005) se estudiaron 21 especies forestales del género *Vochysia* sobre la anatomía de la madera de este género. Sin embargo, en las 21 especies no se registra a *Vochysia kosnipatae*. Entre las características más comunes de las especies estudiadas están que presentaron el parénquima de tipo axial, los radios de dos tamaños, punteaduras ornadas y conductos gomíferos longitudinales. En *V. lehmanii* y *V. venezolana* se observó la presencia de drusas en los conductos gomíferos longitudinales. Este podría ser el primer reporte sobre la presencia de este tipo de cristal en el género *Vochysia*, y el primer reporte acerca del desarrollo de cristales en este tipo de estructura secretora.

Por otro lado, Moya et al. (2009) en Costa Rica, estudiaron la especie *Vochysia guatemalensis*, enfocándose en las características estéticas, físicas y mecánicas de diez árboles de la especie, y encontrando que los árboles de 10 años de la plantación muestran propiedades de la madera inferior. Asimismo, encontró que la densidad y las propiedades mecánicas de la plantación fueron inferiores a la madera de los informes de datos

con árboles naturales.

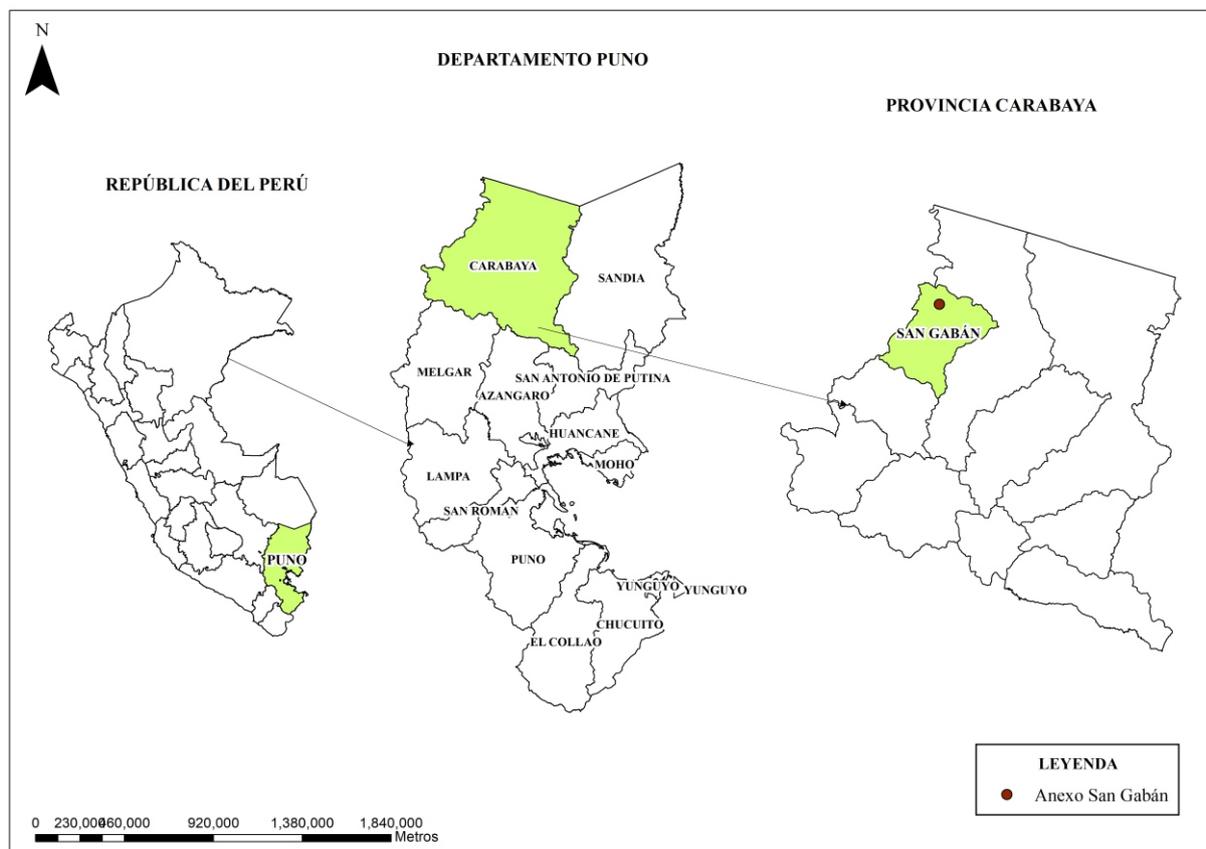
Cuevas (2003), menciona la dimensionalidad que experimenta la madera en el sentido tangencial, radial, longitudinal y volumétrico, cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de las fibras, y es por ello que, la contracción de la madera se expresa en %. Este cambio dimensional que ocurre en la madera no solo está en función de la cantidad de agua presente, sino también de la cantidad de sustancia de la pared celular. Así, cuanto mayor es la cantidad de material presente, mayores serán los cambios dimensionales posibles por variaciones en el contenido de humedad. Por tal motivo es importante conocer las características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas para el uso eficiente de la madera (Almeida, 2006), ya que a nivel regional el Departamento de Puno cuenta con 1 429 774 ha de bosque húmedo amazónico. Sin embargo, el conocimiento sobre las propiedades de las espe-

cies maderables con valor potencial es restringido (Díaz et al., 2019), por lo que se planteó como objetivo general de esta investigación determinar las propiedades físicas y mecánicas y caracterizar la anatomía de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa, proveniente de una plantación en San Gabán. Los resultados encontrados ayudarán a brindar criterios técnicos sobre la utilización racional y las técnicas de la madera con respecto a la especie estudiada (*V. kosnipatae*).

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en la plantación experimental de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Illpa Puno - Anexo Experimental San Gabán, localizada a 2 km del municipio de San Gabán. (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación del área experimental

### Etapa de campo

La superficie de investigación constó de 15 hectáreas divididas en parcelas experimentales. La plantación se

estableció en el año 2009 con densidades de 833 plantas/ha y un marco real de 4 x 3 metros.

Se inició con la habilitación (limpieza) de los accesos a la plantación para luego realizar el censo de una población de 18 árboles de los cuales se seleccionaron cinco árboles al azar utilizando la INACAL (2012) (árboles conformados fenotípicamente, fuste con mínimas bifurcaciones), y descripción de características anatómicas. Se realizaron según Norma COPANT (1972) y se colectaron tres muestras botánicas, las cuales fueron enviadas al Herbario Alwin Gentry de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) para realizar su correcta identificación.

#### **Etapas de elaboración de probetas y etapa de laboratorio**

En esta etapa las trozas de madera se aserraron y se elaboraron las probetas para los ensayos de propiedades físicas, mecánicas y anatomía aplicando el protocolo de Normas Técnicas Peruanas INCAL (1980) para las dimensiones y sentidos de cortes de las probetas trazando un tablón central de 8 cm de espesor y 130 cm de largo con dirección de los cortes a lo largo de las trozas, de extremo a extremo. Seguidamente se realizó el aserrío de los tabloncillos frescos y se procedió a dividirlos en viguetas, con los cortes direccionados y dimensiones muy cercanas a las requeridas utilizando una sierra circular. Luego se obtuvieron viguetas con dimensiones finales de 3x3x130 cm (INCAL, 2014a; 2014b). Finalmente, se seleccionaron viguetas libres de defectos y médula, para después, utilizando un disco radial, seccionar las viguetas en probetas con las dimensiones finales. Mediante el mismo procedimiento se elaboraron probetas con madera seca para los ensayos mecánicos y descripción anatómica.

#### **Descripción de las características anatómicas**

Los estudios de anatomía, se realizaron en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la UNAMAD, y se sometieron a las técnicas establecidas por la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT (1972), guía de descripción general, organoléptica y macroscópica de las maderas tropicales (Wheeler, 1989; Portal, 2010).

#### **Descripción de las características anatómicas generales**

Se emplearon rodajas de madera de 10 cm de espesor.

Estas fueron lijadas y pulidas en sus secciones transversales con lijas para madera de diferentes medidas comenzando del mayor espesor al más fino (60, 80, 120, 220 y 320), para facilitar el contraste de los elementos anatómicos, como tipo de corteza, anillos de crecimiento, color de albura, color de duramen, y color de médula, entre otros.

#### **Descripción de las características anatómicas macroscópicas**

Las xilotecas de 3x10x15 cm de dimensión, debidamente orientadas, sirvieron para la caracterización del color, brillo, olor, sabor, textura, veteado, poros, parénquima. El color fue determinado con la tabla Munsell (1994); para visualizar los poros y radios se utilizó una cuchilla haciendo un corte en los cortes transversales de las xilotecas. El olor y sabor fueron a través de los sentidos. Para la determinación del tipo de grano se utilizaron cubos de madera de 5x5x5 cm debidamente orientados; para ello se utilizó una cuchilla metálica de 10,0x2,5 cm con espesor en una de las hileras de 1 cm. Por último, con la ayuda del martillo se proporcionaron los golpes a la cuchilla hasta lograr partirla, y luego se observaron las fallas para determinar el tipo de grano de manera cualitativa.

#### **Descripción de las características anatómicas microscópicas**

Consistió en ablandar mediante el proceso de cocción cuatro mini probetas de 1x1x2 cm por árbol con cortes debidamente orientados. Esto a partir de las xilotecas en una placa calefactora a 250 °C, en cinco vasos de precipitado de 50 ml provistos de agua de caño. Este proceso facilitó los cortes de láminas histológicas de 18 µm para el lado transversal y 14 µm de espesor para los cortes tangencial y radial con el micrótopo de deslizamiento horizontal. A continuación, luego se seleccionaron cuatro láminas por corte previo y visualización en el microscopio con objetivo de 10x de aumento, donde el criterio fue las láminas que tengan la mejor representación de los tejidos a evaluar. Seguidamente se deshidrataron las láminas seleccionadas en alcohol de 76 y 96 °C, en placas Petri por concentración de alcohol, con un intervalo de cinco minutos en

cada placa Petri, para luego colorearlos con una gota de Safranina por lámina durante 5 a 7 minutos. Asimismo, se fijaron con una gota de xilol por lámina durante 5 a 7 minutos en un porta-objeto. Se lavó el exceso de colorante con alcohol de 76 y 96 °C con un intervalo de 5 a 7 minutos, y posteriormente el montaje se realizó en un porta-objeto con la ayuda de un pincel apropiado para las láminas. Acto seguido se aplicó una gota de solución de bálsamo de Canadá y xilol a una concentración 1:1 para luego cubrir con el cubreobjetos. Después se codificaron las muestras montadas con un strike, y, por último, se colocaron en la estufa a 80 °C por un periodo de cinco días para su secado, para después, con un microscopio con cámara incorporada y una computadora provista del software Las Ez (Leica), registrar dos fotografías por lámina con objetivos de 4x y 10x de aumento. Finalmente, luego en una libreta de campo se registraron 25 mediciones digitales de diámetros de los poros, número de poros en un mm<sup>2</sup>, largo de los radios, número de radios en un mm<sup>2</sup>, número de células de radio y número de células del ancho de radio, con el software Image-Pro Plus.

#### **Obtención del tejido macerado**

Se preparó el tejido macerado mediante el ablandamiento con ácido nítrico al 33 %. Para ello se prepararon 20 astillas de madera por árbol similar a los palitos de fósforo a partir de las mini probetas de 1x1x2 cm obtenidas de las xilotecas, con ayuda de la cuchilla cuneiforme. Luego se colocaron las astillas de madera en cada uno de los cinco vasos codificados de 50 ml de capacidad, y se agregaron 20 ml de ácido nítrico al 33 %, llevando la cocción a 150 °C de temperatura en una placa calefactora por un tiempo de 30 minutos, hasta que las astillas se decoloraron y se ablandaron. A continuación, se comprobó el ablandado tomando una muestra de consistencia de las astillas con la pinza, y se procedió al lavado de las muestras seis veces con agua de caño evitando la pérdida de las astillas. Posteriormente se montaron láminas semipermanentes agregando unas 10 gotas de glicerina para desmenuzar con pincel haciendo una mezcla homogénea hasta lograr separar las fibras de los vasos y tejidos parenquimato-

so. Al igual que con el proceso de las láminas, se tomaron 25 fotografías de fibras y elementos vasculares con un microscopio con cámara incorporada con un aumento 10x y 40x, para finalmente medir el diámetro de las fibras utilizando un objetivo con un aumento de 40x midiendo el largo del vaso mediante fotos de objetivo 10x de aumento.

#### **Ensayos físicos**

Para los ensayos físicos, debido a que la extracción, traslado y aserrío de las trozas fue un tiempo prolongado, se volvió a saturar de humedad las probetas empleando agua de caño y un recipiente de plástico lo suficientemente grande para que cubra de agua las probetas. El tiempo de saturación fue de ocho días, con el cambio de agua diaria y lavado de las probetas. Luego, en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la UNAMAD, se procedió a codificarlas, trazarlas en forma de X en las seis caras de las probetas con una regla y lapicero, para centrar los puntos medios de las probetas y hacer las mediciones de ancho, alto y largo y el seguimiento. Acto seguido, con una balanza electrónica de 0,001 g de precisión, se registraron los datos iniciales de masa y las dimensiones longitudinal, radial y tangencial con un micrómetro digital de 0,001 mm de precisión, así como la dimensión inicial volumétrica a través el método de desplazamiento de agua con la balanza electrónica de 0,001 g de precisión, vaso precipitado con capacidad de 200 ml y soporte universal debidamente acondicionado. El siguiente paso fue depositar las probetas en la estufa eléctrica y aplicar un calentamiento gradual ascendente empezando de 35 °C hasta alcanzar los  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , con aumentos diario de 5°C de temperatura, y se registró la masa con la balanza electrónica de 0.001g de precisión. Para ello, primero se dejó enfriar las probetas en el desecador provisto de silicagel. Este proceso se repitió hasta obtener masa constante de las probetas, y así, en ese momento poder obtener las dimensiones finales. Como último paso, se aplicaron las fórmulas de contenido de humedad, densidad (normal, básica y anhidra), contracción (longitudinal, radial, tangencial, volumétrica y la relación contracción tangencial sobre la con-

tracción radial (T/R)). Todos estos cálculos fueron realizados minuciosamente siguiendo la Norma Técnica Peruana (INCAL, 2014a; 2014b; 2015a).

### Ensayos mecánicos

Se utilizó una prensa universal y accesorio “Tinius Olsen” con capacidad 60 000 libras y probadora de tenacidad “Wiedemann Baldwin”. Los ensayos se realizaron con probetas seca al aire en laboratorio de tecnología de madera en la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Se inició con el acondicionamiento, codificado, trazado y fijado de los puntos medios en las caras de las probetas con lapicero y regla de acuerdo a la necesidad que se presentó en todos los procedimientos de conformidad a las técnicas de ensayos establecidas por las Normas Técnicas Peruanas (NTP), así como con los formatos respectivos para cada ensayo. Los ensayos mecánicos realizados fueron: flexión estática, compresión perpendicular, dureza, extracción de clavos, clivaje, cizallamiento y tenacidad. De nuevo, todos estos cálculos fueron realizados siguiendo la Norma Técnica Peruana (INCAL, 2014c; 2014d; 2015b; 2015c; 2015d; 2015e; 2016). Finalmente, después de cada ensayo mecánico fue extraído un pedazo de manera cerca a la falla (ruptura), para determinar con qué contenido de humedad fue realizado cada ensayo. Esto también se realizó siguiendo la NTP.

Se determinó el promedio, coeficiente de variación, desviación estándar, rangos mínimos y máximos. Para ello se utilizaron 15 fórmulas estipuladas por la norma IAWAR y la Norma Técnica Peruana.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción de las características anatómicas

Las características anatómicas a nivel organolépticas de la especie *Vochysia kosnipatae* Huamantupa, en condición seca al aire, presentan diferencias entre el duramen, color de crema rosado 5YR 8/4, y la albura de color crema blanquecino 5YR 8/4, con anillos de crecimiento ligeramente diferenciados por zonas fibrosas (Figura 2), olor y sabor no distintivo, resisten-

cia al corte con clasificación blanda, tipo de grano recto, textura media y brillo elevado. Los veteados en arcos superpuestos causado por los anillos de crecimiento poco diferenciados en corte tangencial y jaspeado en el corte radial.

Dichas descripciones, a nivel organoléptico, coinciden con Moya *et al.* (2011) cuando describió la especie *Vochysia guatemalensis*, en el olor, sabor, transición de albura al duramen. Sin embargo, discrepan en las características como el brillo, que es opaco, y la textura, que es gruesa.

En función de los anillos de crecimiento de *V. Kosnipatae*, la marcación de zonas fibrosas fue encontrada en investigaciones de otras especies del mismo género como, por ejemplo, *Vochysia divergens*, *Vochysia vismifolia* y *Vochysia guatemalensis*, estudiadas en dendrocronología (Beltrán & Valencia, 2013; Pineda *et al.*, 2016; Felfili *et al.*, 2018).

A nivel de las características macroscópicas de la madera de *V. Kosnipatae* presenta una porosidad difusa con arreglo diagonal y radial, con visibilidad ligera a simple vista, mayormente solitarios y escasamente múltiples de 2 y 4 poros, con forma redonda y tamaños medianos. Existe presencia de gomas poco frecuentes (condición verde). El parénquima poco visible a simple vista de tipo paratraqueal aliforme y aliforme confluyente. Los radios visibles con lupa de 10x no estratificados. Las líneas vasculares irregulares con gomas de color crema blanquecino, con contraste en la sección radial (Figura 2).

Realizando la comparación con un estudio de siete especies del mismo género realizado en Brasil se tiene que cuatro de ellas (*V. densiflora*, *V. guianensis*, *V. haenkeana* y *V. inundata*) presentaron el parénquima de tipo aliforme y aliforme confluyente, mientras que tres de ellas (*V. ferruginea*, *V. maxima*, *V. spathulata*) presentaron el parénquima de tipo bandas estrechas o delgadas (Reis *et al.*, 2015).

Otro estudio en Brasil, con tres especies de *Vochysia* sp., mostraron que las tres especies presentan textura media, brillo acentuado y olor imperceptible. El color varió de castaño a muy claro, a castaño rosado claro.

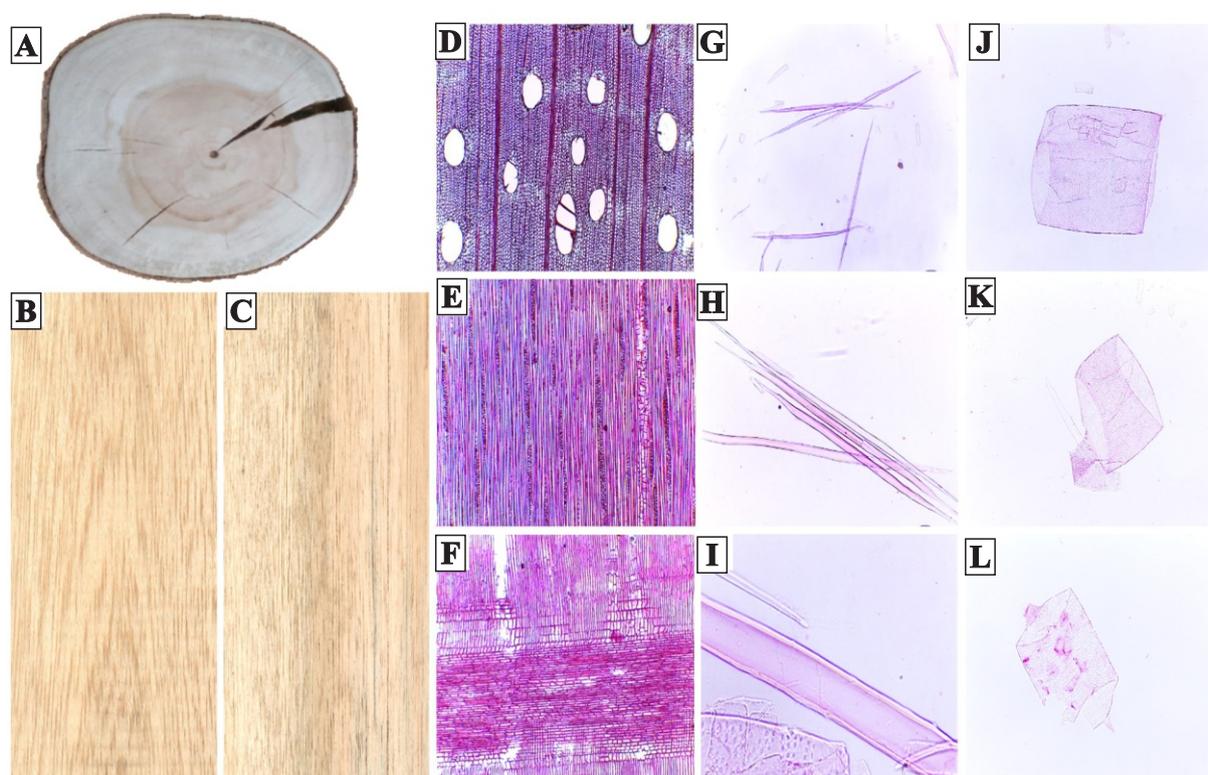
Además, presentan el parénquima aliforme, y a nivel microscópico presenta radios no estratificados, descripciones similares a *V. Kosnipatae*, lo que muestra la similitud de dicho género (Mauri & Oliveira, 2011).

Las características microscópicas muestran que la madera de *V. Kosnipatae* presenta 4 vasos/mm<sup>2</sup> (Tabla 1 y Figura 2), con contorno circular a oval. La longitud de vasos de 250,81  $\mu$ m con presencia de apéndices en

los extremos en forma variada (Figura 2); el diámetro tangencial de los vasos de 193,35  $\mu$ m; fibras de tipo libriformes con longitud de 1 165,90  $\mu$ m; diámetro de las fibras de 32,08  $\mu$ m; diámetro del lumen de 23,90  $\mu$ m; espesor de pared de las fibras de 4,09  $\mu$ m (Figura 2). Presencia de los radios cerca de 27,39 en mm<sup>2</sup>, con cinco células en el ancho y 44 células en el alto; sin inclusiones minerales.

**Tabla 1.** Características microscópicas, clasificación y comparación de la madera de *V. Kosnipatae*

| Variable                            | Media    | Clasificación | Desviación estándar | Valor mínimo | Valor máximo | C.V (%) | <i>Erisma uncinatum</i> Warm Morvely (2014) | <i>Vochysia vismiifolia spruce</i> Gonzales (2010) |
|-------------------------------------|----------|---------------|---------------------|--------------|--------------|---------|---|--|
| Diámetro de poros ( $\mu$ m)        | 193,85   | Medianos      | 36,83               | 66,36        | 300,53       | 19,00   | 258,85                                      | -  |
| Nº de poros por mm <sup>2</sup>     | 4,06     | Muy pocas     | 1,54                | 1,00         | 10,00        | 37,98   | 2,06  | -  |
| Altura de los radios ( $\mu$ m)     | 830,47   | Bajas         | 453,64              | 96,33        | 1967,81      | 54,62   | 544,59                                      | 1 242,9  |
| Nº de r dios por mm <sup>2</sup>    | 27,39    | -             | 5,93                | 13,00        | 43,00        | 21,64   | 5,00  | -  |
| Nº células en altura de radios.     | 43,98    | -             | 20,91               | 2,00         | 102,00       | 42,29   | 31,20                                       | -  |
| Nº células en ancho de radios       | 5,03     | -             | 1,42                | 1,00         | 8,00         | 28,21   | 2,16  | -  |
| Longitud de fibras ( $\mu$ m)       | 1 165,90 | Mediana       | 180,92              | 713,69       | 1673,13      | 15,52   | 1 380,27                                    | 1 559,05   |
| Diámetro de fibras ( $\mu$ m)       | 32,08    | Mediana       | 5,34                | 21,64        | 45,07        | 16,66   | 19,52                                       | -  |
| Diámetro lumen de fibras ( $\mu$ m) | 23,90    | -             | 5,17                | 15,09        | 36,97        | 21,62   | -   | 291,79   |
| Espesor pared de fibras ( $\mu$ m)  | 4,09     | Delgado       | 0,73                | 2,80         | 6,32         | 17,90   | 4,07  | -  |
| Longitud vasos ( $\mu$ m)           | 250,81   | Cortas        | 79,50               | 82,55        | 451,90       | 31,70   | 538,07                                      | 628,95   |



**Figura 2.** Características macroscópicas y microscópicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa. A, Rodaja. B, Corte tangencial. C, Corte radial. D, E y F, Corte transversal, tangencial y radial microscópica en 10x. G, Fibras en 4x de aumento. H, Fibras en 10x de aumento. I, Paredes de fibras en 40x de aumento. J, Vaso sin apéndice. K, Vaso con apéndice en un extremo. L, Vaso con apéndice en ambos extremos en 40x de aumento.

### Propiedades físicas

Los resultados de las propiedades físicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi), se describen en la Tabla 2, donde se presenta una DB de 0,38 g/cm<sup>3</sup> con categoría baja, superando por una mínima diferencia de 0,1 g/cm<sup>3</sup> a las especies *Vochysia vismiifolia* y *Vochysia ferruginea*, pero inferior que *Malmea* sp. por 0,1 g/cm<sup>3</sup>. Con esta comparación podríamos confirmar que existe una similitud bastante significativa a diferencia de *Erisma uncinatum*, con 0,9 g/cm<sup>3</sup> reportado por Morvely (2014). Los estudios con *Vochysia thyrsoidea* en el Brasil, muestran una densidad básica de 0,58 g/cm<sup>3</sup> superior a la especie de estudio (Vale *et al.*, 2010).

En cambio, para CH presenta 122,02% superior al 100%, y este resultado es bastante habitual, ya que generalmente las maderas tropicales presentan un CH entre 0 a 400% o más, confirmado por el estudio realizado por Tamarit-Urias & Fuentes-Salinas (2003), quienes reportaron un promedio para 63 especies maderables en México de CH que varió del 9 al 243%. La muestra CV fue del 10,74 % de categoría alta y muy similar a *E. uncinatum* mencionado por Morvely (2014), pero en el índice de estabilidad al secado presenta una relación de CT/CR de 2,68 con clasificación inestable bastante similar a los encontrados en las especies *V. vismiifolia* y *V. ferruginea*, reportadas por Delgado & Pacheco (2013) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Propiedades físicas, clasificación y comparación de la madera de *V. kosnipatae*/

| Especie              | Propiedades                           | Media  | Clasificación         | Comparación con especies presentados         |  |  |   |
|----------------------|---------------------------------------|--------|-----------------------|--|--|--|---|
|                      |                                       |        |                       | <i>Erisma uncinatum</i> Warm. Morvely (2014) | <i>Malmea</i> sp. Aróstegui y Acebedo (1974) | <i>Vochysia vismiifolia</i> Spruce ex Warm. Delgado y Pacheco (2013) | <i>Vochysia ferruginea</i> . Delgado y Pacheco (2013) |
| <i>V. Kosnipatae</i> | Contenido de Humedad (%)              | 122,02 | -                     | 121  | -  | -  | -   |
|                      | Densidad Básica(g/cm <sup>3</sup> )   | 0,38   | Baja                  | 0,47   | 0,39   | 0,37   | 0,37  |
|                      | Densidad Normal (g/cm <sup>3</sup> )  | 0,84   | -                     | -  | -  | -  | -   |
|                      | Densidad Anhidra (g/cm <sup>3</sup> ) | 0,43   | Moderadamente liviana | -  | -  | -  | -   |
|                      | Contracción Tangencial (%)            | 9,07   | Muy alta              | -  | -  | -  | -   |
|                      | C. Radial (%)                         | 3,79   | Media                 | -  | -  | -  | -   |
|                      | C. Longitudinal (%)                   | 2,40   | -                     | -  | -  | -  | -   |
|                      | C. Volumétrica (%)                    | 10,74  | Alta                  | 11,47  | 8,3  | 15,5   | 14,3  |
|                      | Tang/Rad                              | 2,68   | Inestable             | 2,4  | 1,7  | 2,7  | 2,57  |

### Propiedades mecánicas

En la tabla 3 se puede observar que para el ensayo de flexión estática con probetas a un CH de 17,11 % en el momento de ensayo presenta un MOE de 31,47 kg/cm<sup>2</sup>, resultado inferior en comparación con *Vochysia vismiifolia* y *Vochysia ferruginea*. De igual forma

para ELP de 759,42 kg/cm<sup>2</sup>, con clasificación de media, y para un MOR de 528,38 kg/cm<sup>2</sup>, con clasificación media resultado inferior que lo encontrado para *V. vismiifolia* y *V. ferruginea*.

Comparando los resultados del MOR del ensayo de flexión estática de la especie *Vochysia guatemalensis*,

en Mexico, presentó un valor de 661 kg/cm<sup>2</sup>, superior al valor de *V. kosnipatae* de 528,38 kg/cm<sup>2</sup>. Dicha diferencia se puede responder en función a la densidad básica de *V. guatemalensis* (Bárceñas *et al.*, 2005).

A diferencia del ensayo de compresión perpendicular al grano, el ELP de 27,91 kg/cm<sup>2</sup> de categoría muy baja (ensayo realizado a un CH de 24,56 %), haciendo una comparación con *V. vismiifolia*, presenta una similitud bastante homogénea, a diferencia de *V. ferruginea*, que presenta un resultado superior.

Para extracción de clavos a nivel general presentó 65,17 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, con clasificación baja, donde el CH del ensayo fue 24,72 %, pero la dureza fue 233,7

kg/cm<sup>2</sup>, también de clasificación baja, y el CH del ensayo fue de 27,81 %. En cuanto a la comparación con *V. vismiifolia* supera por 17 kg/cm<sup>2</sup>, al contrario que con *V. ferruginea*, donde supera hasta más del doble del resultado obtenido.

En cuanto al clivaje, presenta 29,46 kg/cm<sup>2</sup> de clasificación baja, y el CH del ensayo fue 23,40 %. Sin embargo, para cizallamiento presentó 56,7 kg/cm<sup>2</sup>, de categoría media, donde el CH del ensayo fue 22,46 %; y por último, en la prueba de tenacidad presento 80,95 kg-m, con un CH de ensayo de 16,05 %. Comparando esta prueba con *V. vismiifolia* y *V. ferruginea*, se muestra muy superior.

**Tabla 3.** Propiedades mecánicas, clasificación y comparación de Alco kaspi

| Ensayos                         | Variable                     | CH (%) | Promedio | Clasificación | <i>V. vismiifolia</i><br>Spruce ex Warm.<br>Delgado (2013) | <i>V. ferruginea</i> .<br>Delgado (2013) |
|---------------------------------|------------------------------|--------|----------|---------------|--|--|
| <b>Flexión estática</b>         | MOE(kg/cm <sup>2</sup> )     |        | 31.47    | -             | 100  | 117                                      |
|                                 | ELP(kg/cm <sup>2</sup> )     | 17.11  | 759.42   | Media         | -  | -  |
|                                 | MOR<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |        | 528.38   | Media         | 624  | 929                                      |
| <b>Compresión perpendicular</b> | ELP (kg/cm <sup>2</sup> )    | 24.56  | 27.91    | Muy baja      | 27   | 81                                       |
| <b>Extracción de clavos</b>     | (kg/cm <sup>2</sup> )        | 24.72  | 65.17    | Baja          | -  | -  |
| <b>Dureza</b>                   | (kg/cm <sup>2</sup> )        | 27.81  | 233.7    | Baja          | 216  | 513                                      |
| <b>Clivaje</b>                  | (kg/cm <sup>2</sup> )        | 23.40  | 29.46    | Baja          | -  | -  |
| <b>Cizallamiento</b>            | (kg/cm <sup>2</sup> )        | 22.46  | 56.7     | Media         | -  | -  |
| <b>Tenacidad</b>                | (kg - m)                     | 16.05  | 80.95    | -             | 0.61   | 2.19                                     |

Por último, con los conocimientos de las características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas de la madera *Vochysia kosnipatae* Huamantupa, se permitió asignar los siguientes usos: mueblería, carpintería de obra no estructural liviana, cajonería de envases livianos, encofrados livianos, triplay, juguetería en general, tableros y viruta, pulpa para papel, obras de torneado y artesanía en general.

En conclusión, damos a conocer el primer reporte de la anatomía y propiedades físicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) procedente de una plantación experimental de ocho años en San Gabán, Departamento de Puno (Perú). Una nueva especie endémica del Perú reportada en 2005.

De manera general, las descripciones anatómicas mostraron semejanza con otras especies del mismo género. Sobre las propiedades físicas presenta una densidad básica baja, y las propiedades mecánicas, en relación a la densidad de la madera, también son bajas. Los resultados permiten dar criterios técnicos sobre la utilización racional y técnica de la madera de *V. kosnipatae*.

Finalmente, se recomienda realizar un estudio de la especie en bosque natural para ver las diferencias de estructura anatómica y de sus propiedades tecnológicas de la madera, además de realizar otros estudios tecnológicos de la madera para incrementar el conocimiento científico y tecnológico.

#### IV. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

RCAT: Conceptualización, Metodología, administración del proyecto y supervisión, escritura-preparación del borrador original. EACJ: Validación, curación de datos, análisis formal, escritura-preparación del borrador original. PAZP: Investigación, visualización, escritura- preparación del borrador original. LAPC: Escritura-revisar & Edición, Escritura-preparación del borrador original.

#### V. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

#### VI. FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Se realizó con fondos del Programa Nacional Forestal del Área forestal de la Subdirección de Productos Agrarios perteneciente a la Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario

#### VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, G. 2006. *Influence de la structure du bois sur ses propriétés physico-mécaniques à des teneurs en humidité élevées*. Tesis de Doctorado. Universidad Laval. (Canada).

Arostegui, A. 1982. *Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de Maderas Peruanas*. Lima (Perú): FAO.

Aróstegui, A., y M. Acevedo. 1974. "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y usos probables de las maderas de 20 especies de Jenaro Herrera – Loreto". *Revista Forestal del Perú* 5 (1-2): 1-11.

Bárceñas, G., F. Ortega, y G. Ángeles G. 2005. "Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas". *Universidad y Ciencia* 21 (42): 45-55.

Beltrán, LA., GM. 2013. "Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú". *Revista de Biología Tropical* 61 (3): 1025-1037.

DOI:10.15517/rbt.v61i3.11778

COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). 1972. *Normas panamericanas*. Buenos Aires (Argentina): COPANT.

Cuevas, E. 2003. *Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera. Material de Apoyo en Propiedades Físicas y Mecánicas*. Valdivia (Chile): Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.

Delgado, MA., y MA. Pacheco. 2013. *Maderas de Colombia 2013*. Bogotá (Colombia): WWF-Colombia

Díaz, A., J. Huanay, y R. Medina. 2019. "Anatomía y propiedades físicas de la madera de dos especies del departamento de Puno". *Arnaldona* 26 (2): 595-606.

Felfili, C., C. Nunes, y S. Artiaga. 2018. "Dendrochronological records of a pioneer tree species containing ENSO signal in the Pantanal, Brazil". *Brazilian Journal of Botany* 41 (1): 167-174. DOI: 0.1007/s40415-017-0434-8

Gonçalves, D., G. Shimizu, K., y Yamamoto K. 2017. "Vochysiaceae na região do Planalto de Diamantina, Minas Gerais, Brasil". *Rodriguésia* 68 (1): 159-193. DOI: 10.1590/2175-7860201768124

González CI. 2010. *Atlas de maderas selva central*. Huancayo (Perú): Universidad Nacional del Centro del Perú, Jardín Botánico Missouri, FINCyT.

Huamantupa, I. 2005. "Vochysia kosnipatae (Vochysiaceae), una nueva especie endémica en el Pongo de Qoñec, Valle de Kosñipata, Cusco-Perú". *Arnaldona* 12 (1-2): 82-85.

Huamantupa, I. 2012. "Notas Sobre, Ecología, Manejo y Estado de Conservación de Vochysia kosnipatae". *Rev. Qeuña* 5: 57-60.

León, B. 2013. "Vochysiaceae endémicas del Perú". *Revista Peruana de Biología* 13 (2): 684. DOI: 10.15381/rpb.v13i2.1935

León, W. J. 2005. "Estudio anatómico de la madera de 21 especies del género Vochysia". *Acta Botá-*

- nica Venezuelica* 28 (2): 213-232.
- Mauri, R., y J. Oliveira. 2011. "Anatomía Comparada de Três Espécies do Gênero *Vochysia*". *Florista e Ambiente* 18 (1): 69-79. DOI: 10.4322/floram.2011.024
- Morvely, W. D. 2014. *Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de las especies Erisma uncinatum Warm y Dacryodes peruviana (Loes.) H.J. Lam proveniente de la provincia de Tambopata Madre de Dios*. Tesis de Grado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Madre de Dios (Perú).
- Moya, R., F. Acosta, y C. Salas C. 2011. "Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas". *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 7 (18-19): 1-208
- Moya, R., L. Leandro, y O. Murillo. 2009. "Wood characteristics of Terminalia amazonia, Vochysia guatemalensis and Hyeronima alchorneoides planted in Costa Rica". *Bosque* 30 (2): 78-87. DOI: 10.4067/S0717-92002009000200003.
- Munsell. 1994. *Munsell soil color charts*. Baltimore (EEUU): Macbeth division of Kollmorgen Instruments Corporation.
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 1980. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.009. Maderas. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2012. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.008. Maderas. Selección y colección de muestras." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2014a. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.010. Maderas. Método de determinación del contenido de humedad." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2014b. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.011. Madera. Método de determinación de la densidad." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2014c. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.017. Madera. Método de determinación de la Flexión Estática." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2014d. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.015. Madera. Método de determinación de la dureza." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2015a. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.012. Madera. Método de determinación de la contracción." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2015b. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.016. Madera. Método de determinación de la compresión perpendicular al grano." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2015c. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.036. Método de determinación de la Extracción de Clavos." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2015d. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.013. Madera. Método de determinación del Cizallamiento paralelo al grano." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2015e. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.018. Madera. Método de determinación de la tenacidad." Lima (Perú).
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2016. "Norma Técnica Peruana, NTP 251.019. Madera y Carpintería para construcción. Preservación de maderas. Tratamientos preservadores. Definiciones y Clasificación. Lima (Perú).
- Pineda, E., J. Valdez, y M. López. 2016. "Incremento en diámetro y periodicidad de anillos de crecimiento de dos especies arbóreas en una selva húmeda del norte de Oaxaca, México". *Madera y Bosques* 21 (3): .55-68. DOI: 10.21829/myb.2015.213456
- Portal, L. A. 2010. *Guía de descripción general, organoléptica y macroscópica de las maderas*

- tropicales*. Puerto Maldonado (Perú): Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Reis, A., R. Alves, y C. Urbinati. 2015. "Anatomia do Xilema Secundário de Sete Espécies de *Vochysia* Aubl. (Vochysiaceae), Conhecidas como Quaruba no Estado do Pará, Brasil". *Biota Amazônia* 5 (2): 45-51. DOI: 10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p45-51
- Rojas, V. V. 2018. "La protección de los recursos forestales en el Perú". *Revista Aragonesa de Administración Pública* 27: 439-457.
- Rosales, E. R. 2015. "Variabilidad del contenido de humedad-equilibrio de la madera de diez especies comerciales para tres regiones del Perú". *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 13 (30): 13-21. DOI: 10.18845/rfmk.v13i30.2456
- Tamarit, U., y M. Fuentes. 2003. "Parámetros de humedad de 63 maderas latifoliadas mexicanas en función de su densidad básica". *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(2): 155-164.
- Tenorio, C., R. Moya, y C. Salas. 2016. "Evaluation of wood properties from six native species of forest plantations in Costa Rica". *Bosque* 37 (1): 71-84. DOI: 10.4067/S0717-92002016000100008
- Vale, A., I. Dias, y M. Santana. 2010. "Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado". *Ciência Florestal* 20 (1): 137-145. DOI: 10.5902/198050981767
- Wheeler, E., P. Baas, y P. Gasson. 1989. "List of microscopic features for hardwood identification". *LAWA Bulletin* 10(3): 219-332.