

CLAVE DE IDENTIFICACIÓN MACROSCÓPICA PARA 22 ESPECIES MADERABLES DE BOLIVIA

Macroscopic identification key for 22 commercial species from Bolivia

Róger Moya Roque¹, Marcia Gómez Cortés² y Jaime Rivero Moreno³

^{1,2}Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago-Costa Rica.
Email: rmoya@itcr.ac.cr

³Universidad Mayor de San Simón, Escuela de Ciencias Forestales, Cochabamba-Bolivia
Email: proesfor@umss.edu.bo

RESUMEN

Bolivia en la actualidad representa una gran variedad de especies tropicales de interés comercial tanto para el mercado nacional como internacional. No obstante, aunque existe una serie de claves de identificación de tipo dendrológico, en la actualidad no se cuenta con claves de identificación para madera en este país. En el siguiente trabajo se presenta la propuesta de una clave de identificación macroscópica de 22 especies de uso comercial en Bolivia: *Amburana cearensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Cedrela odorata*, *Cedrelinga cateniformis*, *Ceiba pentandra*, *Centrolobium tomentosum*, *Clarisia racemosa*, *Dipteryx odorata*, *Erisma uncinatum*, *Ficus glabrata*, *Hura crepitans*, *Hymenaea courbaril*, *Juglans australis*, *Machaerium scleroxylon*, *Manilkara bidentata*, *Peltogyne heterophylla*, *Ochroma pyramidale*, *Swietenia macrophylla*, *Tapirira guianensis*, *Terminalia amazonia*, *Terminalia oblonga* y *Virola sebifera*. Se presentan dos tipos de clave, una dicotómica dirigida principalmente a personas con conocimientos en la anatomía de la madera y otra clave esquemática con el fin de que personas con pocos conocimientos en la anatomía puedan utilizarla para la identificación de maderas comerciales. Así también, se presenta una descripción general y macroscópica de la madera junto con una fotografía macroscópica.

Palabras clave: clave dicotómica, anatomía, mercado, comercio, Sur América

ABSTRAC

Many tropical species are grown in the tropical forests in Bolivia and many of them are very important commercial species for national or international trade. Although, dendrologic key identification can be found for many commercial species of Bolivia, macroscopic key identification is not possible to be found in the literature. This research shows macroscopic key identification for the 22 most important commercial species from Bolivia: *Amburana cearensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Cedrela odorata*, *Cedrelinga cateniformis*, *Ceiba pentandra*, *Centrolobium tomentosum*, *Clarisia racemosa*, *Dipteryx odorata*, *Erisma uncinatum*, *Ficus glabrata*, *Hura crepitans*, *Hymenaea courbaril*, *Juglans australis*, *Machaerium scleroxylon*, *Manilkara bidentata*, *Peltogyne heterophylla*, *Ochroma pyramidale*, *Swietenia macrophylla*, *Tapirira guianensis*, *Terminalia amazonia*, *Terminalia oblonga* and *Virola sebifera*. Two different kinds of key identification are shown: a dicotomic key identification addressed to people with great anatomic knowledge and a diagram key identification for people with little anatomic knowledge. Both of them can be used for identifying the most important commercial wood in Bolivia. General wood description and macroscopic with macroscopic photograph are presented too.

Key words: dicotomic key identification, anatomy, market, trade, South America

INTRODUCCIÓN

En bosques tropicales de América Latina existe una gran variedad de especies forestales (Wadsworth, 2000). Bolivia, no es una excepción, cuenta con aproximadamente un 45% de su territorio cubierto con bosques tropicales y subtropicales (WWF, 2007), haciendo con ello un país con gran potencial forestal (USAID, 2002). En dicha cobertura existe una gran variedad de especies arbóreas distribuidas en sus múltiples ecoregiones (WWF, 2007). Por otra parte, según algunos investigadores se estima que en toda la región tropical de Bolivia existen alrededor de

ciento cincuenta especies (Gutiérrez y Silva, 2002) que se comercializan tanto en el mercado internacional como nacional. En estas cifras no se contemplan otra gran cantidad de especies con potencial de industrialización, faltando aun conocer sus propiedades para su utilización (López, 2004).

A pesar de esta gran riqueza, y la gran cantidad de especies identificadas botánicamente (Killen *et al.*, 1993), la mayoría de los investigadores no le han dado importancia a la descripción e identificación de la madera. No obstante, es importante mencionar el excelente trabajo realizado por Mainieri y Peres (1989), que además de hacer la descripción anatomi-

ca de la madera presenta sus propiedades. Sin embargo, se presenta el inconveniente que este trabajo fue elaborado para otra región de América. Algunos trabajos relacionados con la anatomía y propiedades de la madera para especies en Bolivia son los realizados por Viscarra y Lara (1992), Gutiérrez y Silva (2002), JUNAC (1981), INIA (1996).

En Bolivia, debido a la poca información de la anatomía de sus maderas no se cuenta aún con claves de identificación, macroscópica o microscópica, que puedan ayudar al sector maderero a establecer un mercado nacional o internacional más estable, garantizando que se usen las especies que realmente se ofrecen al comprador.

En otros países de la región, como por ejemplo en el caso de Chile (Díaz y Vaz, 1979), Brasil (Zenid y Ceccantini, 2003), Perú (Begazo y Arostegui, 1985), Venezuela (Pérez, 1971; León y Espinoza, 1995), Argentina (Tinto, 1987) o un poco más lejos pero con clima también tropical como Costa Rica (Wiemann, 1987) se han desarrollado claves de identificación de uso entre profesionales que han ayudado al sector de producción forestal. Así también con el desarrollo de la comunicación global a través de la Internet, es posible encontrar claves Online, tales como insidewood o keyword (Anónimo, 2007). Estas claves de identificación, aunque contiene muchas de las especies que se desarrollan en la región tropical de Bolivia, algunas otras no están contenidas, sea por-

que no es parte del hábitat de la especie o porque no se utiliza comercialmente en esos países.

No obstante, para el sector de producción de Bolivia, que día a día tiene la necesidad de identificación, aun está limitado el uso de claves. Es debido a esta situación que el presente documento tiene como principal objetivo el describir y desarrollar una clave de identificación de las 22 principales especies forestales de amplia comercialización en Bolivia, con el propósito de que los profesionales forestales, madereros, profesores y los usuarios de maderas en general, tengan una herramienta de consulta útil y práctica en la identificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras utilizadas

En la identificación de las principales especies comerciales en Bolivia se utilizaron muestras de 22 especies existentes en la xiloteca de la Escuela de Ciencias Forestales de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) en la ciudad de Cochabamba. En la actualidad no se cuenta con una codificación de las muestras, no obstante para dar una numeración a las especies descritas se inicio su enumeración en forma consecutiva desde 1 hacia delante, hasta llegar a 22 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nombre y familia de las 22 especies utilizadas para construir la clave de identificación.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Código de muestra
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Smith	Roble	Leg.-Papilionaceae	15
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	Palo María	Clusiaceae	14
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Meliaceae	5
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Mara macho	Leg.-Mimosaceae	7
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	Mapajo	Bombacaceae	16
<i>Centrolobium tomentosum</i> Benth	Tarara (Tejeyeque)	Leg.-Caesalpiniaceae	17
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Urupí (mururé)	Moraceae	18
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Almendrillo	Leg.-Papilionaceae	1
<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	Camará	Vochysiaceae	4
<i>Ficus glabrata</i> H.B.K.	Bibosi colorado	Moraceae	2
<i>Hura crepitans</i> L.	Ochoo blanco	Euphorbiaceae	12
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Paquió	Leg.-Caesalpiniaceae	13
<i>Juglans australis</i> Griseb.	Nogal	Juglandaceae	11
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	Morado	Leg.-Papilionaceae	21
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	Masaranduba	Sapotaceae	9
<i>Peltogyne heterophylla</i> M.F. Silva	Morado	Leg.-Caesalpiniaceae	10
<i>Strombosia pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Balsa	Bombacaceae	3
<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Mara	Meliaceae	8
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Palo román	Anacardiaceae	22
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel) Exell	Verdolago negro	Combretaceae	19
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud.	Verdolago amarillo	Combretaceae	20
<i>Viola sebifera</i> Aubl.	Gabún (sangre de toro)	Myristicaceae	6

Preparación del material

En cada una de las piezas de madera fue tomada una pequeña muestra debidamente orientada en sus planos transversal, tangencial y radial. Posteriormente, con la ayuda de un micrótopo marca American Optical Corporation, modelo 860, se realizaron cortes en los planos mencionados para obtener superficies de alta calidad de manera que los elementos anatómicos no presentaran ningún tipo de daño que dificulte la observación.

Descripción macroscópica de la madera

En la descripción de la estructura macroscópica fueron considerados como referencia los términos establecidos por Espinoza y León (2001). Además, fueron consultados los términos usados por la Asociación Internacional de Anatomista de la Madera (IAWA, 1989), los criterios de la Comisión Pan-Americana de Normas Técnicas-COPANT (1974) y las Normas y Procedimientos en Estudios de Anatomía de Madera (IBAMA, 1992). La observación de la madera se realizó con la ayuda de una lupa de 10X, y se estudiaron los tres elementos fundamentales de la madera (vasos, parénquima y radios), la formación de anillos de crecimiento y el color de la madera. En este último caso se utilizó la tabla de colores de Munsell, diseñada para estudios de suelos pero que puede ser aplicada en la determinación de color de la madera (Mac Corporation, 1994).

En la observación de los diferentes elementos anatómicos, tomando en consideración las normas anteriores, fueron catalogados de la siguiente manera:

- *Poros*: primeramente fue observado el tamaño de ellos de acuerdo con la visibilidad con aumento de 10X (visible, ligeramente visible y no visible); como segundo factor se tomó en cuenta el tipo de porosidad (circular, semicircular y difuso); como tercer factor se observa el agrupamiento (poros solitarios o múltiples); como cuarto aspecto la disposición (cadenas radiales, tangenciales o déndrica). Finalmente se observan los contenidos en el lumen de los poros, para ver si aparecen obstruidos por gomas o tálides.
- *Parénquima axial*: fue observado si éste es distinguible, para ello se observa si existe diferenciación en los tonos del color alrededor de los

vasos o en general la sección transversal de la muestra observada. Esto permitió definir los tipos de parénquima: paratraqueal, apotraqueal y en bandas. En el parénquima paratraqueal se establecieron las siguientes categorías: escaso, vasicéntrico, unilateral, aliforme que puede ser finas o gruesas y aliforme confluyente. En el parénquima apotraqueal este fue categorizado como apotraqueal difuso y en agregados. El parénquima en bandas se clasificó como bandas abundantes o escasas, finas o gruesas, marginales, escalariforme o reticulada.

- *Parénquima radial*: se determinó si eran visibles o no en la sección transversal, el tamaño (grueso o finos), la frecuencia (abundante, mediana abundancia y poco abundante). Posteriormente, en el plano tangencial, se observó si se presentaban estratificados o no estratificados.

Otros elementos anatómicos: en la observación de la madera también se establece si existen otros elementos anatómicos que pueden ser observados a nivel macroscópico, tal como la presencia de floema incluso, conductos gomíferos o canales traumáticos. También se estudiaron las siguientes características:

- *Marcación de los anillos*: en la sección transversal se observó si se presentaban anillos y en caso de estar presentes se determinó la característica que los define (presencia de una banda marginal, concentración de fibras o presencia de porosidad circular o semicircular).
- *Características generales de la madera*: esta comprende color, marcación entre la albura y el duramen, textura, brillo, olor, sabor, grano y densidad. Este último parámetro fue determinado al 12% de contenido de humedad.

Construcción de la clave de identificación

Se elaboraron dos claves, una clave dicotómica y una clave esquemática para la identificación de las 22 especies estudiadas. La primera dirigida principalmente a personas con experiencia en la identificación de madera. La segunda clave es orientada principalmente para personas de menores conocimientos o que están iniciándose en el proceso de identificación de maderas. Ambas claves se inician

con una clave maestra, en donde se presenta una separación de las especies por el tipo de porosidad y el tamaño de los poros. En los esquemas siguientes de la clave se detallan y se separan las especies por las características anatómicas.

Se presenta una descripción general de la madera con una fotografía macroscópica del leño (Figuras 6 y 7). Dichas fotografías se incluyeron para efectos de comparación de resultados entre la posible especie a identificar y la descripción macroscópica de la madera utilizada en la clave.

Con la finalidad de conocer la verdadera la utilidad de las claves elaboradas, se realizó un curso en la ciudad de Cochamba en el campus de la Escuela de Ciencias Forestales de la UMSS. Fue impartido por un periodo de 40 horas en el mes de julio del año 2007 y la participación del público relacionado con la madera. La mitad de los participantes correspondían a estudiantes de dicha facultad con formación en Ingeniería Forestal y la otra mitad fueron personas relacionadas a la industria de la madera, tales como aserraderos, serraderías, muebleros, entre otros. Debido a la diversidad de participantes fue necesario dar en la primera parte del curso, los conceptos básicos de la anatomía que básicamente están mencionados en el apartado “Descripción macroscópica de la madera” del presente trabajo. El desarrollo del curso permitió determinar que la clave de identificación macroscópica de las 22 especies presentaba algunos problemas que no permitía una identificación óptima de las especies. Sobre las observaciones realizadas por los participantes fue ajustada y corregida la clave.

RESULTADOS

Seguidamente se presenta la descripción microscópica de las 22 especies de Bolivia, siendo estas ordenadas alfabéticamente por nombre científico:

Amburana cearensis (Allemão) A.C.Smith; “Roble”

Descripción general de la madera: *Color:* marcada diferencia entre la albura y el duramen, la albura es blanco amarillento y el duramen marrón amarillento. *Olor:* fuerte, característico, agradable. *Sabor:* no distintivo. *Brillo:* alto. *Veteado:* intenso. *Textura:* media a alta. *Grano:* entrecruzado e inclinado. *Densidad:* de 0,5 g/cm³, considerada de densi-

dad moderada. **Descripción macroscópica:** *Poros:* visibles a simple vista, porosidad difusa, poros de baja a mediana frecuencia, poros solitarios y de 2 en sentido radial y con tílides o gomas dentro de los poros. *Parénquima axial:* visible a simple vista, abundante, de tipo paratraqueal vasicéntrico, aliforme y aliforme confluyente. *Parénquima radial:* visible con aumento de 10X, mediana abundancia y radios no estratificados. *Anillos de crecimiento:* indistintos.

Calophyllum brasiliense Cambess, “Palo maría”

Descripción general de la madera: *Color:* duramen de color rojizo a amarillo, marrón rosado o amarillento a rojo anaranjado. La albura de color más clara, a veces poco distinto del duramen. *Olor:* indistinto. *Sabor:* indistinto. *Brillo:* mediano. *Veteado:* no acentuado o suave. *Textura:* media. *Grano:* entrecruzado. *Densidad:* liviana, con una densidad de 0,55 g/cm³, considerada como densidad moderada. **Descripción macroscópica:** *Poros:* ligeramente visible a simple vista y visibles con aumento de 10X, porosidad difusa con cadenas radiales o diagonales, exclusivamente solitarios, de mediana abundancia y tílides o gomas dentro de los vasos,. *Parénquima axial:* ligeramente visible a 10X, medianamente abundante, paratraqueal vasicéntrico. *Parénquima en bandas marginales o aparentemente marginales,* de poca frecuencia y entre finas a grueso medio, largas y discontinuas. *Parénquima radial:* poco visible con aumento de 10X. De tamaño pequeños, abundantes y no estratificados. *Anillos de crecimiento:* indistintos.

Cedrela odorata L. “Cedro”

Descripción general de la madera: *Color:* Existe marcación entre la albura y el duramen en la condición verde y seca. En condición seca el color del albura se torna rosado a café muy pálido y el duramen de color café. *Olor:* agradable y característico, se tiende a relacionarse con el ajo. *Sabor:* amargo. *Brillo:* alto. *Veteado:* no presenta veteado. *Textura:* mediana. *Grano:* de recto a inclinado. *Densidad:* madera liviana, con densidad de 0,377 g/cm³, considerada de baja densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros:* ligeramente visible a simple vista y visibles con aumento de 10X, porosidad semicircular, de mediana abundancia, solitarios y múltiples de 2 ó 3 en sentido radial y con gomas dentro de los vasos. *Parénquima axial:* poco visible con aumento de 10X, poca abundancia, de paratraqueal vasicén-

trico escaso y parénquima marginal en el límite de los anillos. *Parénquima radial*: ligeramente visible con aumento de 10X, mediana abundancia, de tamaño pequeños a medios y no estratificados. *Anillos de crecimiento*: distintos, marcación de parénquima marginal y porosidad semicircular.

Cedrelinga cateniformis (Ducke), “Mara macho”

Descripción general de la madera: *Color*: existe una marcación entre la albura y el duramen. El duramen presenta una coloración rojizo claro y el albura rosado. *Olor*: característico. *Sabor*: no distintivo. *Brillo*: de mediano a alto. *Veteado*: líneas vasculares oscuras. *Textura*: gruesa. *Grano*: recto. *Densidad*: 0,44 g/cm³ considerada de moderada densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles a simple vista, porosidad difusa, mediana abundancia, poros solitarios y múltiples radiales de 2-3 células y de forma ovalada y se observan pequeñas bandas diagonales. En pocos vasos la presencia de tílides o gomas dentro de ellos. *Parénquima axial*: visible con lupa de 10X, entre escaso a regularmente abundante y de tipo paratraqueal vasicéntrico. *Parénquima radial*: poco visibles con lupa de 10X, poca frecuencia, pequeños, regularmente estratificados y no ocurre contraste con el resto de los tejidos. *Anillos de crecimiento*: poco distintos por una zona fibrosa.

Ceiba pentandra (L.) Gaertner, “Mapajo”

Descripción general de la madera: *Color*: ligera marcación entre la albura y el duramen, la albura presenta una coloración amarillo pálido, mientras que el duramen presenta un color rojo amarillento. *Olor* y *Sabor*: no distintivo. *Brillo*: de opaco a mediano. *Veteado*: suave. *Textura*: media a gruesa. *Grano*: recto. *Densidad*: 0,40-0,45 g/cm³, considerada de moderada densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles a simple vista, porosidad difusa, poros de poca abundancia, poros solitarios y 2 células en sentido radial y sin presencia de gomas o tílides dentro de los vasos. *Parénquima axial*: visible con lupa de 10X, abundancia media, de tipo apotraqueal difuso en agregados, paratraqueal vasicéntrico y se puede observan bandas marginales muy finas. *Parénquima radial*: visibles a simple vista, de abundancia media, pequeños, poco contraste con los otros tejidos y radios no estratificados. *Anillos de crecimiento*: indistinto.

Centrolobium tomentosum (Martíes ex Venta) Lima, “Tarará/tejeyeque”

Descripción general de la madera: *Color*: marcada diferencia entre la albura y el duramen, la albura presenta una coloración amarillenta y el duramen es rojo anaranjado. *Olor*: característico. *Sabor*: no distintivo. *Brillo*: mediano a alto. *Veteado*: oscuro. *Textura*: moderadamente gruesa. *Grano*: recto a irregular. *Densidad*: 0,58 g/cm³, considerada como de densidad moderada. **Descripción macroscópica:** *Poros*: ligeramente visibles a simple vista, porosidad difusa, poros solitarios y múltiples radiales de 2-5 células en sentido radial, de mediana abundancia, tamaño medio y observan depósitos brillantes dentro de los poros. *Parénquima axial*: visible con aumento de 10X, poca abundancia y de tipo paratraqueal vasicéntrico y aliforme. *Parénquima radial*: poco visible con aumento de 10X, mediana abundancia, finos y radios estratificados. *Anillos de crecimiento*: marcado por la presencia banda fina de parénquima.

Clarisia racemosa Ruiz & Pavón, “Urupí, Mururé”

Descripción general de la madera: *Color*: marcada diferencia entre la albura y el duramen. La albura color blanco amarillento y el duramen amarillo a castaño amarillento. *Olor* y *Sabor*: no distintivo. *Brillo*: alto. *Veteado*: suave. *Textura*: media. *Grano*: entrecruzado. *Densidad*: 0,61 g/cm³, clasificada como madera con moderadamente de alta densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles con lupa de 10X, porosidad difusa, de abundancia media, poros solitarios y en grupos radiales de 2, y se observan tílides dentro de los poros. *Parénquima axial*: visible a simple vista, abundante, de tipo paratraqueal vasicéntrico, aliforme, aliforme confluyente y dan a semejanza de formación de bandas discontinuas. *Parénquima radial*: visibles con aumento de 10X, abundantes, de ancho medio y radios no estratificados. *Anillos de crecimiento*: distintos aparentemente por bandas terminales de parénquima.

Dipteryx odorata (Aublet) Willd., “Almendrillo”

Descripción general de la madera: *Color*: marcada diferencia entre la albura y el duramen. La albura es marrón pálido y el duramen es amarillo a marrón amarillento. *Olor*: distintivo y agradable. *Sabor*: distintivo y astringente. *Brillo*: medio. *Veteado*: suave. *Textura*: gruesa a media. *Grano*:

entrecruzado. *Densidad*: 0,91 g/cm³, considera como madera con alta densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles a simple vista, porosidad difusa, abundantes, poros en su mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 células en sentido radial y poros muy redondeados. Se observan tílides u otros depósitos en algunos poros. *Parénquima axial*: visible con lupa de 10X, mediana abundancia, de tipo paratraqueal aliforme y aliforme confluyente. *Parénquima radial*: visibles solo a un aumento de 10X, de mediana abundancia, radios de un solo tamaño y regularmente estratificados. *Anillos de crecimiento*: indistintos.

***Erisma uncinatum* Warm., “Cambará”**

Descripción general de la madera: *Color*: marcada diferencia entre la madera de albura y el duramen, la albura un color blanco amarillento y el duramen de color marrón claro rojizo. *Olor*: no distintivo. *Sabor*: no distintivo. *Brillo*: mediano. *Veteado*: intenso. *Textura*: gruesa. *Grano*: recto. *Densidad*: 0,47 g/cm³, por lo que es considerada como madera de moderada densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: ligeramente visibles a simple vista, porosidad difusa, en algunos de forma líneas radiales o diagonales de mediana abundancia, solitarios y múltiples radiales de 2-5 células en sentido radial y con tílides dentro de los poros. *Parénquima axial*: visible a simple vista y poco contraste con otros tejidos, bandas gruesa de parénquima, abundantes y continuas. *Parénquima radial*: visible con aumento de 10X, mediana abundancia, de ancho medio y radios no estratificados. También es posible observar el floema incluso en la sección transversal. *Anillos de crecimiento*: indistintos.

***Ficus glabrata* H.B.K., “Bobosi colorado”**

Descripción general de la madera: *Color*: poca diferencia entre la albura y el duramen. La albura presenta una coloración amarillo pálido y el duramen marrón claro. *Olor y Sabor*: no distintivo. *Brillo*: mediano. *Veteado*: intenso. *Textura*: media. *Grano*: entrecruzado. *Densidad*: de 0,48 g/cm³, considerada de moderada densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles a simple vista, porosidad difusa, de poca abundancia, poros principalmente solitarios y múltiples radiales de 2-3 en sentido radial y sin tílides o gomas dentro de los poros. *Parénquima axial*: visible con lupa de 10X, abundante, paratraqueal vasicéntrico y en bandas gruesas largas que

pueden ser continuas o discontinuas. *Parénquima radial*: visible con aumento de 10X, mediana a alta abundancia, de ancho medio y radios no estratificados. *Anillos de crecimiento*: indistintos.

***Hura crepitans* L., “Ochoó”**

Descripción general de la madera: *Color*: puede presentar o no marcación entre albura y duramen, albura de color blanco, transición gradual a duramen de color amarillo claro. *Olor*: sin olor característico. *Sabor*: indistinto. *Brillo*: bajo. *Veteado*: suave. *Textura*: de mediana a gruesa. *Grano*: de recto a entrecruzado. *Densidad*: 0,44 g/cm³, considerada de moderada densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: ligeramente visibles a simple vista, porosidad difusa, poros de poca abundancia. Solitarios y múltiples radiales de 2-3 en sentido radial y con presencia tílides dentro de los poros. *Parénquima axial*: ligeramente visible con aumento de 10X, media abundancia, parénquima difuso en agregados y de líneas muy finas *Parénquima radial*: distinguibles con aumento de 10X, de mediana a alta abundancia, finos y radios no estratificados. *Anillos de crecimiento*: indistintos.

***Hymenaea courbaril* L., “Paquió”**

Descripción general de la madera: *Color*: marcada diferencia entre la albura y duramen, la albura de color marrón muy pálido y el duramen de color café a rojizo o marrón anaranjado. *Olor y Sabor*: no distintivo. *Brillo*: mediano. *Veteado*: intenso, con vetas pronunciadas o de color uniforme. *Textura*: media. *Grano*: de recto a entrecruzado. *Densidad*: de 0,71 a 0,9 g/cm³, considerada como madera de alta densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles a simple vista, porosidad difusa, de poca a media abundancia, poros en mayoría solitarios y múltiples radiales de 2-3 vasos y presencia de gomas dentro de los poros. *Parénquima axial*: visible con aumento de 10X, poca abundancia y de tipo paratraqueal vasicéntrico o aliforme a confluyente y se presentan en bandas finas marginales o ligeramente marginales. *Parénquima radial*: visible a simple vista, mediana abundancia, de ancho medio y radios no estratificados. *Anillos de crecimiento*: distintos por bandas marginales.

***Juglans australis* Griseb., “Nogal”**

Descripción general de la madera: *Color*: marcada diferencia entre la madera de albura y duramen.

La albura blanco amarillento y el duramen de color café rojizo, con tinte morado. *Olor y sabor*: característico. *Brillo*: medio. *Veteado*: muy suave. *Textura*: media. *Grano*: recto a entrecruzado. *Densidad*: 0,55–0,6 g/cm³, considerada como madera con moderada densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles con lupa de 10X, porosidad difusa, de abundancia media, poros en su mayoría solitarios y en grupos radiales cortos de 2–3 células y se observan tílides dentro de los poros. *Parénquima axial*: poco visible con lupa de 10X, poco contraste con otros tejidos, poca abundancia y bandas tangenciales, dispuestas en forma escalariforme y finas. *Parénquima radial*: poco visibles con aumento de 10X, mediana abundancia, tamaño y radios no estratificados. *Anillos de crecimiento*: poco distintos, por engrosamientos de las fibras.

Machaerium scleroxylon Tul., “Morado”

Descripción general de la madera: *Color*: color de la albura distinto del color del duramen. La albura color blanco amarillento y el duramen de color negro morado. *Olor*: distintivo y agradable. *Sabor*: indistintivo. *Brillo*: medio. *Veteado*: con vetas oscuras pronunciadas. *Textura*: fina. *Grano*: entrecruzado. *Densidad*: 0,85–0,95 g/cm³, considerada de madera de alta densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles con lupa de 10X, porosidad difusa, de abundancia media, poros en su mayoría solitarios y algunos en grupos radiales cortos (de 2–3 vasos) o en grupos radiales de 4 vasos o más. Se observan depósitos en vasos del duramen color de ámbar a morado. *Parénquima axial*: visible con lupa de 10X, abundante y de tipo apotraqueal difuso o difuso en agregados y paratraqueal escaso o vasicéntrico y aliforme. Además en bandas finas marginales o ligeramente marginal. *Parénquima radial*: visibles sólo a un aumento de 10X, poca abundancia, tamaño medio y radios estratificados. *Anillos de crecimiento*: distintos, por bandas marginales de parénquima.

Manilkara bidentata (A. DC.) Chevalier, “Masaranduba”

Descripción general de la madera: *Color*: el color de la albura distinto del color del duramen. Albura castaño claro y el duramen de color café a rojizo o marrón rojizo muy oscuro. *Olor y sabor*: no distintivos. *Brillo*: bajo. *Veteado*: arcos superpuestos. *Textura*: fina. *Grano*: recto. *Densidad*: 0,85–1 g/cm³, por lo que se considera madera con muy alta den-

sidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles con aumento de 10X, porosidad difusa, muy abundante y algunos se observan dispuestos en cadenas oblicuas y/o radiales, agrupados, generalmente en grupos radiales cortos (de 2–3 vasos) y en grupos radiales de 4 vasos o más. Se observan tílides en los vasos y otros depósitos en vasos de duramen de color marrón oscuro. *Parénquima axial*: poco visible a simple vista, poca abundancia, y de tipo apotraqueal difuso en agregados y en bandas finas reticulada poco visibles. *Parénquima radial*: indistinguible aun con lupa de 10X, abundante, finos y no estratificados. *Anillos de crecimiento*: indistintos.

Peltogyne heterophylla M.F. Silva, “Morado/ corazón púrpura”

Descripción general de la madera: *Color*: marcada diferencia entre la albura y el duramen, la albura de color rosado y el duramen después del aserrío se torna en violeta y posteriormente adquiere un color marrón. *Olor*: no distintivo. *Sabor*: no distintivo. *Brillo*: medio a alto. *Veteado*: suave. *Textura*: fina. *Grano*: entrecruzado. *Densidad*: 0,75–0,90 g/cm³, considerada como madera de alta densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: ligeramente visibles con aumento de 10X, porosidad difusa, en algunos de forma líneas radiales o diagonales poros abundantes y pequeños, poros en su mayoría solitarios y múltiples radiales de 2 células en sentido radial y con algunas gomas dentro de los poros. *Parénquima axial*: visible con aumento de 10X, poca abundancia y de tipo paratraqueal unilateral, aliforme y unilateral confluyente. *Parénquima radial*: poco visible con aumento de 10X, mediana abundancia, tamaño y no estratificados. *Anillos de crecimientos*: indistintos.

Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb., “Balsa”

Descripción general de la madera: *Color*: poca diferencia entre la albura y el duramen, la albura presenta una coloración blanquecina y el duramen es muy parecido, de crema a marrón claro. *Olor y sabor*: no distintivo. *Brillo*: alto. *Veteado*: suave. *Textura*: media a gruesa. *Grano*: recto a ligeramente entrecruzado. *Densidad*: 0,10–0,30 g/cm³, considerada como madera de baja a muy baja densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: visibles a simple vista, poros de poca abundancia. Poros solitarios, en ocasiones en múltiples de 3 en sentido

radial. Porosidad difusa y sin tílides o gomas dentro de los poros. *Parénquima axial*: poco visible, mediana abundancia, apotraqueal difuso en agregados. *Parénquima radial*: visible con aumento de 10X, poca abundancia, radios gruesos y radios no estratificados. *Anillos de crecimientos*: indistinto.

Swietenia macrophylla King., “Mara”

Descripción general de la madera: *Color*: existe una marcación gradual entre la albura y el duramen. La albura se torna de color amarillo y el duramen de café a marrón. *Olor*: indistinto. *Sabor*: ausente. *Brillo*: moderado en la superficie radial y es opaco en la superficie tangencial. *Veteado*: poco definido con líneas inclinadas muy tenues. *Textura*: mediana. *Grano*: recto. *Densidad*: en la condición seca al aire presenta una densidad de 0,67 g/cm³, por lo que es considerada como madera con moderada alta densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: ligeramente visibles a simple vista, porosidad difusa, abundantes, poros solitarios y múltiples radiales de 2-5 células en sentido radial. Se observan gomas dentro poros. *Parénquima axial*: poco visible con aumento de 10X, poca abundancia y de tipo paratraqueal vascéntrico escaso y apotraqueal difuso muy escaso y bandas marginales de poca frecuencia. *Parénquima radial*: visibles sólo a un aumento de 10X, de mediana abundancia, grueso medio, de un solo tamaño y ligeramente estratificados. *Anillos de crecimiento*: se aprecian levemente por la formación de una línea fina de parénquima.

Tapirira guianensis Aubl., “Palo román”

Descripción general de la madera: *Color*: color de la albura distinto del color del duramen, la albura de color blanco rosáceo y el duramen rosado. *Olor* y *sabor*: indistinto o ausente. *Brillo*: moderadamente alto. *Veteado*: con arcos superpuestos. *Textura*: media a fina. En estado verde con superficie gruesa debido a exudación de resina. *Grano*: recto. *Densidad*: de 0,45–0,65 g/cm³, por lo que es considerada madera de moderada densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: ligeramente visibles con aumento de 10X, porosidad difusa, abundantes, solitarios y múltiples radiales de 2-3 en sentido radial y en algunos se pueden observar tílides. *Parénquima axial*: poco distinto, abundante y de tipo paratraqueal vascéntrico. *Parénquima radial*: visibles con aumento de 10X, mediana abundancia, grueso medio, radios de un solo tamaño y no estratificados.

Conductos secretores radiales presentes. *Anillos de crecimiento*: indistintos.

Terminalia amazonia (J.F.Gmel) Exell., “Verdolago negro”

Descripción general de la madera: *Color*: marcación entre la albura y el duramen. En condición seca el color de la madera se torna amarillo pálido. *Olor*: imperceptible. *Sabor*: imperceptible o indistinto. *Brillo*: de regular a alto. *Veteado*: poco presente con líneas verticales un poco oscuras que contrastan con el color amarillento de la madera. *Textura*: fina. *Grano*: recto. *Densidad*: En condición seca al aire es de 0,54 g/cm³ considerado como de moderada densidad. **Descripción macroscópica:** *Poros*: ligeramente visibles a simple vista y visibles con aumento de 10X, porosidad difusa, tendencia a formar bandas tangenciales y oblicuas, poros de mediana abundancia, solitarios y múltiples radiales de 2-3 en sentido radial y con tílides en los vasos. *Parénquima axial*: visible a simple vista, poco abundante, y de tipo paratraqueal vasicéntrico, aliforme y poco de tipo confluyente. *Parénquima radial*: visible con aumento de 10X, mediana abundancia, grueso medio y radios no estratificados. *Anillos de crecimiento*: Existe marcación de anillos de crecimiento por bandas marginales de parénquima y paredes celulares más gruesas en las fibras.

Terminalia oblonga (Ruiz & Pav.) Steudel, “Verdolago blanco”

Descripción general de la madera: *Color*: marcación entre la albura y el duramen. La albura es color crema y el duramen marrón pálido. *Olor* y *sabor*: fuerte en condición verde y no distintivo. *Brillo*: alto. *Veteado*: acentuado a muy acentuado de líneas oscuro. *Textura*: de mediana a gruesa. *Grano*: recto a irregular. *Densidad*: 0,75 g/cm³, considerada como madera con densidad moderadamente alta. **Descripción macroscópica:** *Poros*: poco visibles con aumento de 10X, porosidad difusa, poco abundantes y de poros solitarios y pocos radiales de 2–3 vasos. No se observan tílides u otros depósitos. *Parénquima axial*: visibles a simple vista, abundante y de tipo paratraqueal vasicéntrico, aliforme y confluyente, formando líneas largas. *Parénquima radial*: visible con aumento de 10X, mediana abundancia, sin contraste con otros tejidos, pequeños y no estratificados. *Anillos de crecimiento*: indistintos.

Virola sebifera Aubl., “Gabun” o “Sangre de toro”
Descripción general de la madera: *Color:* Poca marcación entre la albura y el duramen. Ambos de color rosado café rojizo. *Olor y sabor:* indistinto. *Brillo:* de mediano a alto. *Veteado:* arcos superpuestos. *Textura:* media. *Grano:* recto. *Densidad:* 0,4–0,65 g/cm³ considerada como de densidad media. **Descripción macroscópica:** *Poros:* ligeramente visible a simple vista y visibles con aumento de 10X, porosidad difusa y abundantes, solitarios y

en grupos radiales cortos, de 2-3 células y sin tñides o gomas dentro de los vasos. *Parénquima axial:* poco visible con aumento de 10X, poca frecuencia y de tipo paratraqueal vasicéntrico. Presenta laticíferos o tubos taniníferos muy diminutos, pero no son observables a aumento de 10X. *Parénquima radial:* visible con aumento de 10X, abundantes, de tamaño medio y no estratificados. *Anillos de crecimiento:* indistinto.

Clave dicotómica

Con la información anterior fue construida la clave dicotómica de 22 especies de mayor importancia comercial en Bolivia para la identificación de las maderas.

- 1a. Porosidad difusa 2a
 1b. Porosidad semicircular *Cedrela odorata*
- 2a. Poros solitarios y en grupos 3a
 2b. Poros exclusivamente solitarios *Calophyllum brasiliense*
- 3a. Poros de tamaño pequeño 4a
 3b. Poros de tamaño mediano 6a
 3c. Poros de tamaño grande 15a
- 4a. Parénquima escaso 5a
 4b. Parénquima abundante de tipo paratraqueal vasicéntrico, aliforme y confluyente ... *Terminalia oblonga*
- 5a. Parénquima vasicéntrico y difuso escaso *Virola sebifera*
 5b. Parénquima poco visible y parénquima en bandas finas reticulada *Manilkara bidentata*
- 6a. Radios con estratificación presente 7a
 6b. Radios con estratificación ausente 10a
- 7a. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, aliforme y/o confluyente 8a
 7b. Parénquima apotraqueal en bandas terminales y vasicéntrico *Swietenia macrophylla*
- 8a. Madera pardo rojiza o pardo amarillenta 9a
 8b. Madera morado intenso..... *Machaerium scleroxylon*
- 9a. Parénquima paratraqueal vasicéntrico y ligeramente aliforme *Centrolobium tomentosum*
 9b. Parénquima aliforme y confluyente *Dipteryx odorata*
- 10a. Parénquima paratraqueal 11a
 10b. Parénquima en líneas cortas a continuas y a veces marginal *Juglans australis*
 10c. Parénquima en bandas terminales y paratraqueal vasicéntrico *Swietenia macrophylla*
- 11a. Parénquima paratraqueal aliforme y confluyente 12a
 11b. Parénquima paratraqueal vasicéntrico y aliforme 13a

- 11c. Parénquima únicamente vasicéntrico y conductos radiales *Tapirira guianensis*
 11d. Parénquima paratraqueal unilateral, aliforme y confluyente *Peltogyne heterophylla*
- 12a. Floema incluso presente y madera color pardo rojizo *Erisma uncinatum*
 12b. Floema incluso ausente y madera color amarilla *Clarisia racemosa*
- 13a. Radios visibles a simple vista 14a
 13b. Radios no visibles sin lupa *Terminalia amazonia*
- 14a. Parénquima marginal ausente *Amburana cearensis*
 14b. Parénquima marginal presente *Hymenaea courbaril*
- 15a. Radios con estratificación ausente 16a
 15b. Radios con estratificación presente *Cedrelinga cateniformis*
- 16a. Parénquima apotraqueal difuso en agregados 17a
 16b. Parénquima paratraqueal formando bandas gruesas *Ficus glabrata*
- 17a. Radios distinguibles a simple vista 18a
 17b. Radios poco distinguibles a simple vista *Hura crepitans*
- 18a. Poros agrupados de 2-3 en sentido radial *Ceiba pentandra*
 18b. Poros agrupados de 3-7 en sentido radial *Ochroma pyramidale*

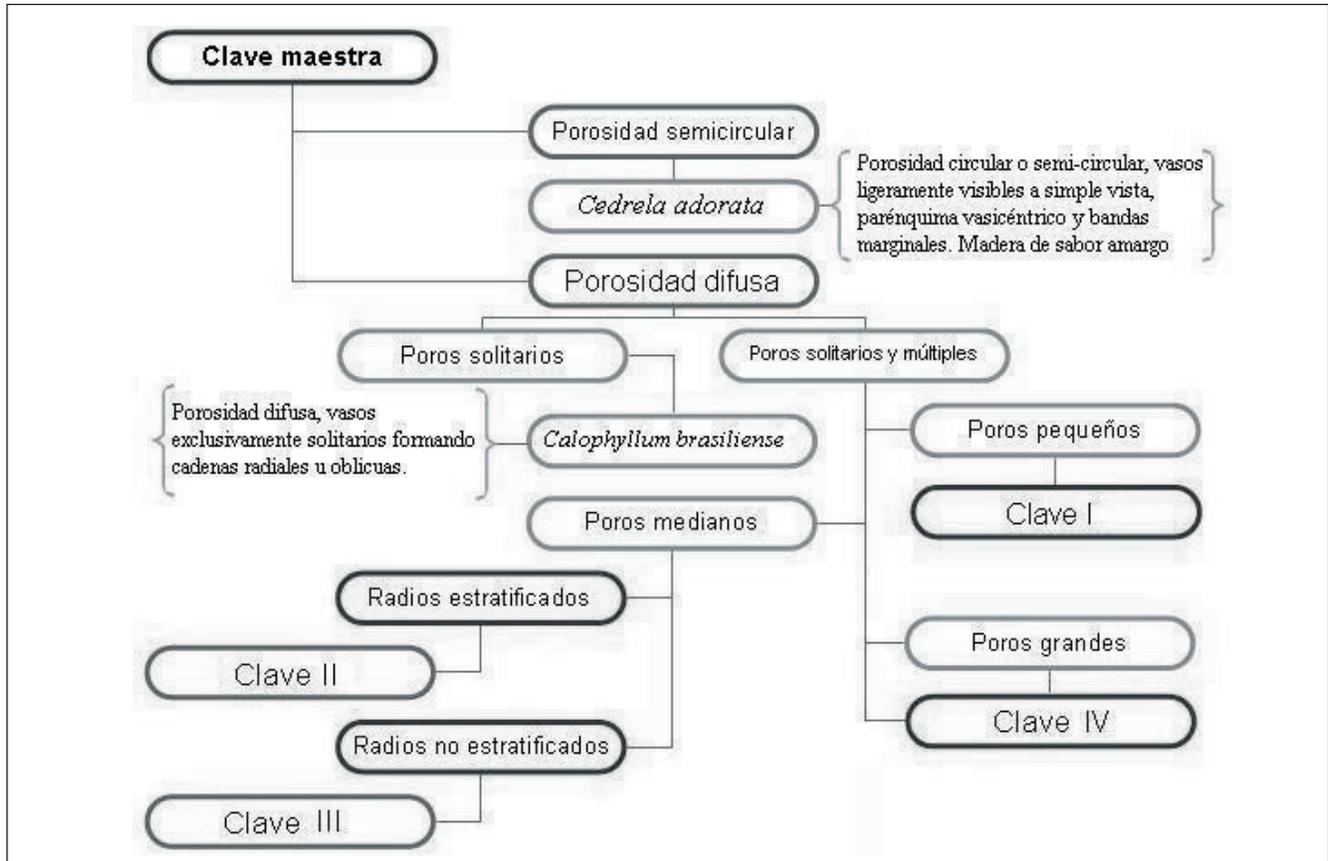


Figura 1. Esquema general de la clave de identificación macroscópica de la madera.

La presentación de la anterior clave dicotómica fue representada gráficamente en las Figuras 1 al 5. En ellas es posible observar que el primer criterio de selección para construir la clave fue la porosidad. Solamente la especie *Cedrela odorata* presenta porosidad semi-circular y el resto de las especies se clasifican con porosidad difusa. El *Calophyllum brasiliense* es la única especie, dentro de ese grupo, que se clasifica con poros exclusivamente solitarios y formando cadenas radiales. Las restantes especies se catalogan acorde al tamaño de los poros: pequeños, medianos o grandes (Figura 1).

En el grupo de especies de porosidad difusa con poros pequeños se clasificaron las especies *Manilkara bidentata*, *Terminalia oblonga* y *Virola sebifera*, siendo entre ellas diferenciadas por el tipo de parénquima presente (Figura 2). En el caso de las especies con porosidad difusa y de poros de tamaño medio posteriormente las especies se clasificaron en radios estratificados o no estratificados (Figura 3 y 4). En la primera clasificación quedaron incluidas las siguientes especies: *Swietenia macrophylla*, *Dipteryx odorata*, *Machaerium scleroxylon*, *Peltogyne heterophy-*

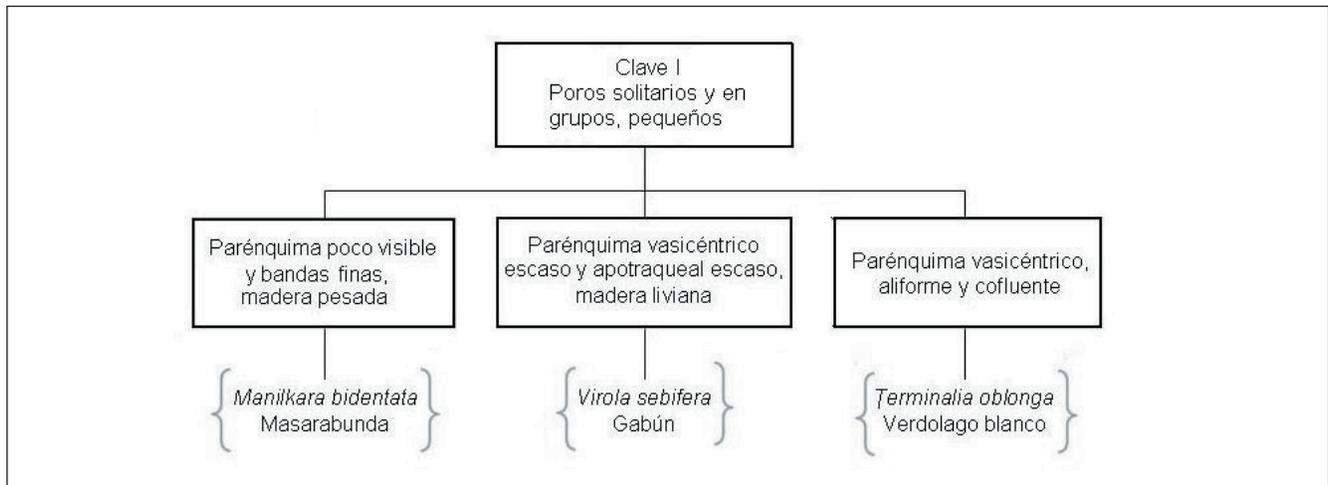


Figura 2. Esquema para especies de poros pequeños (Clave I de identificación)

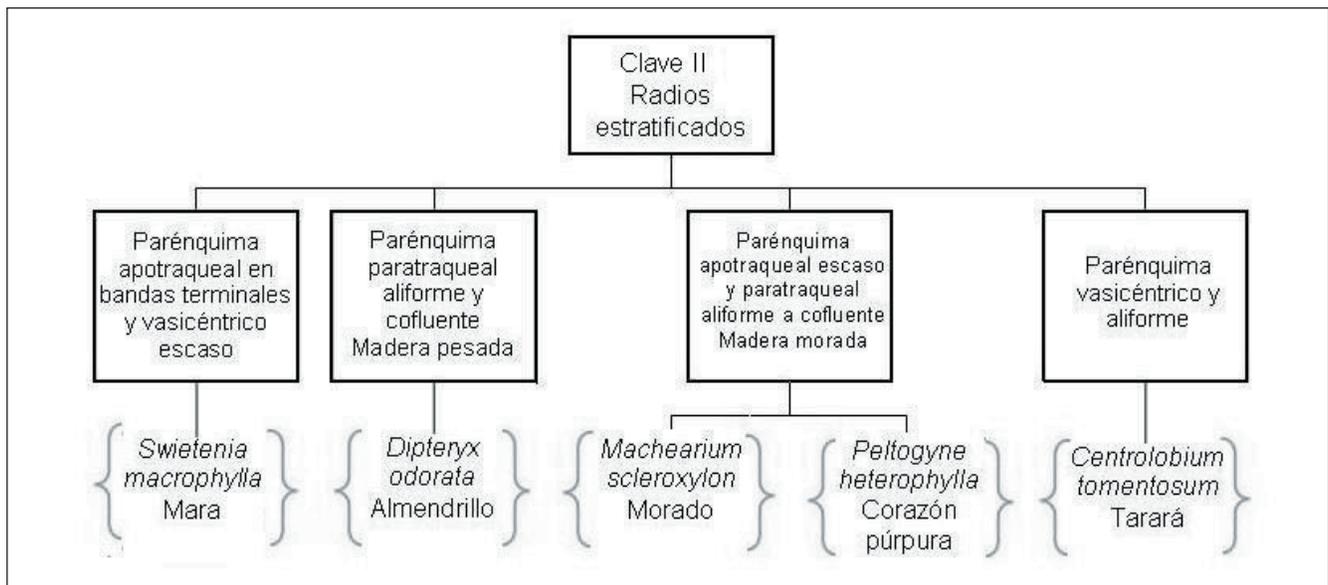


Figura 3. Esquema para las especies de porosidad difusa, poros de tamaño medio y radios estratificados (Clave II de identificación)

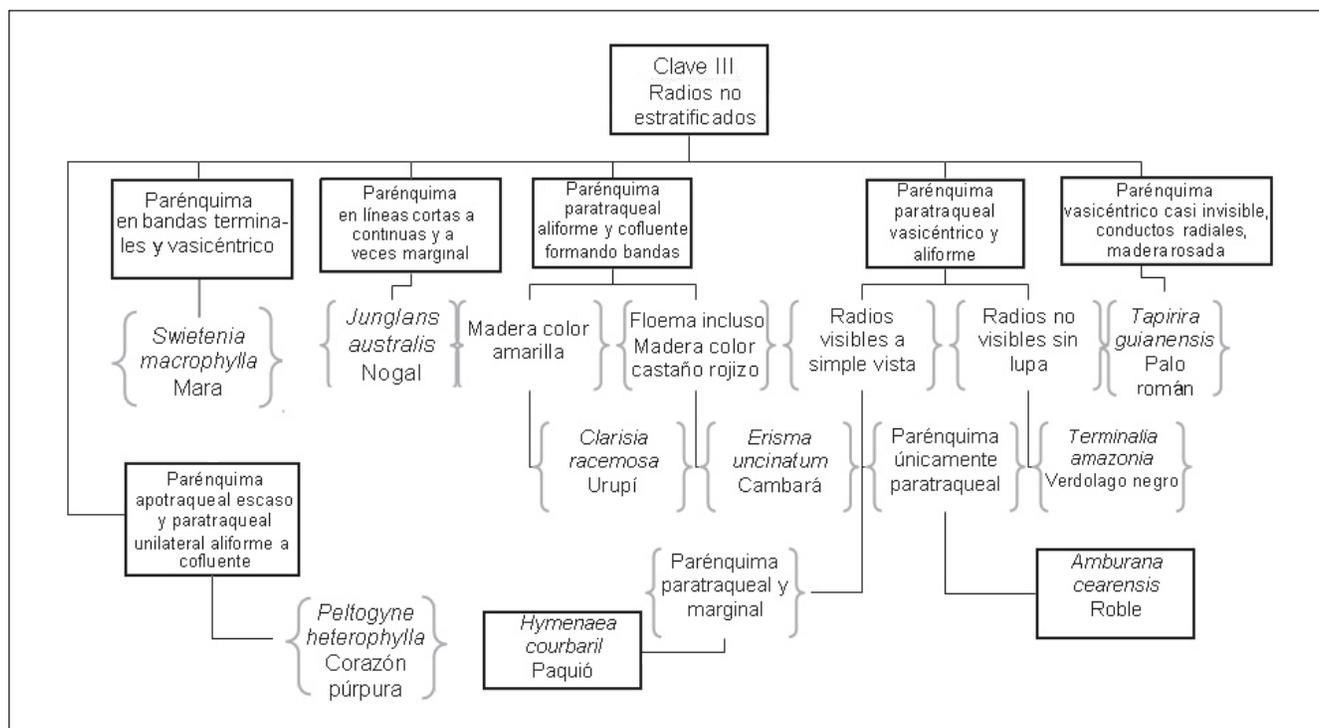


Figura 4. Esquema para las especies de porosidad difusa, poros de tamaño medio y radios no estratificados (Clave III de identificación)

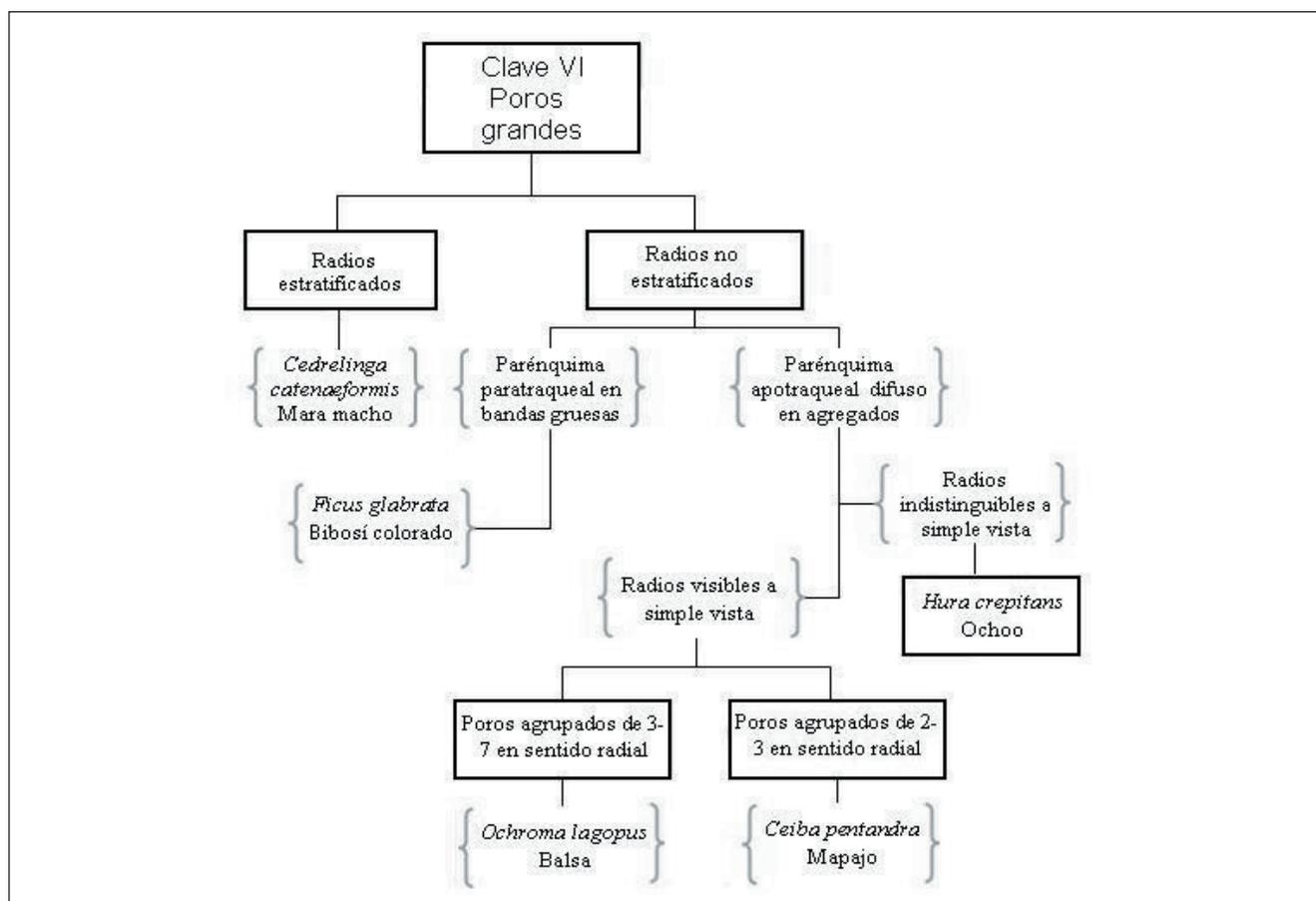


Figura 5. Esquema para las especies de porosidad difusa y poros grandes (Clave IV de identificación)

lla y *Centrolobium tomentosum* (Figura 3). En el segundo grupo de especies con radios no estratificados fueron incluidas las especies: *Juglans australis*, *Clarisia racemosa*, *Erismia uncinatum*, *Hymenaea courbaril*, *Amburana cearensis* y *Terminalia amazonia* (Figura 4). Al igual que el anterior grupo la diferencia radicó en el tipo de

parénquima entre especies. En el grupo de especies con poros grandes y de porosidad difusa fueron ubicadas *Cedrelinga cateniformis*, *Ficus glabrata*, *Hura crepitans*, *Ceiba pentandra* y *Ochroma pyramidale*, todas ellas fueron diferenciadas por el tipo de parénquima y las propiedades organolépticas de la madera (Figura 5).

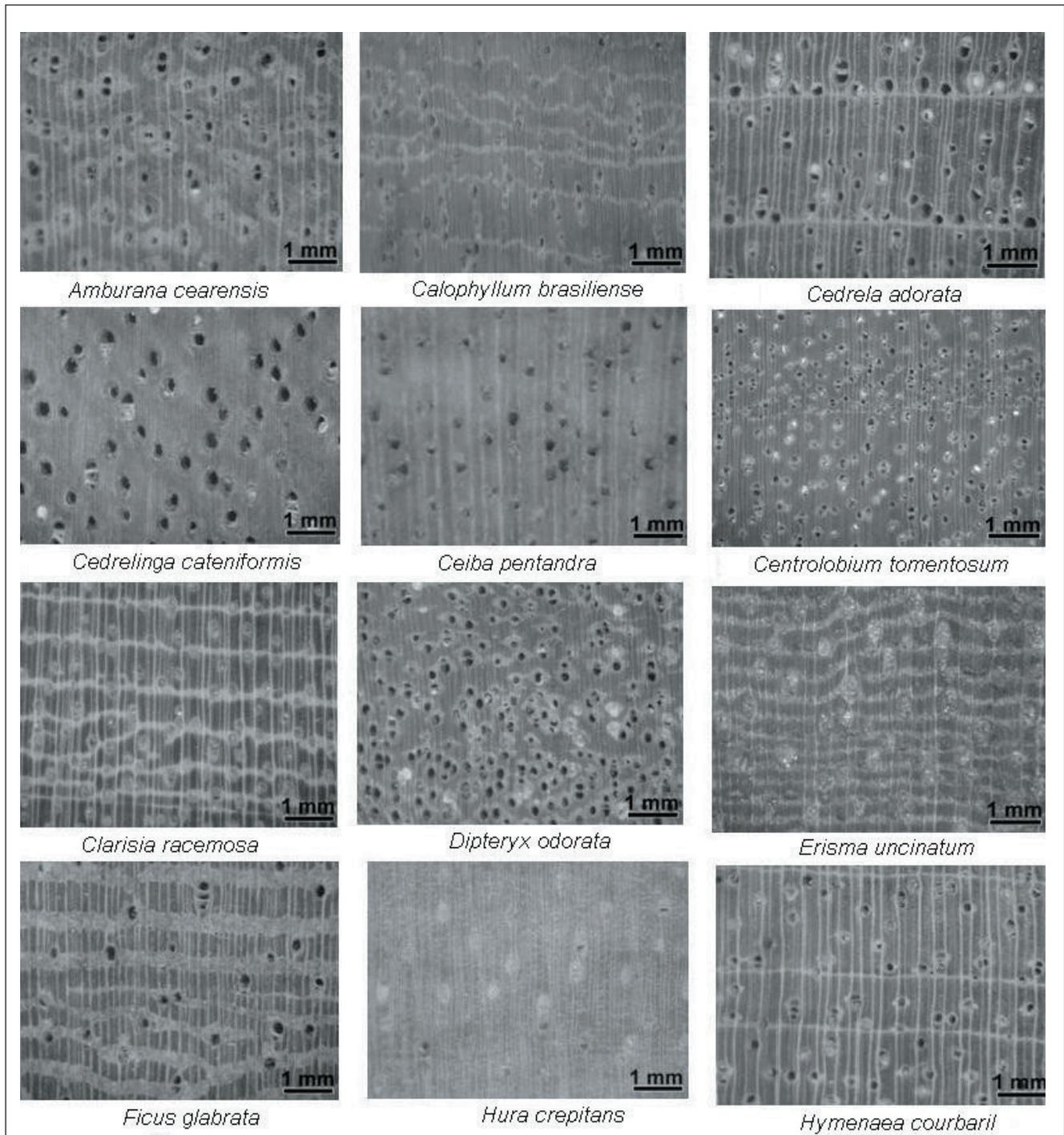


Figura 6. Cortes transversales macroscópicos de 12 especies de madera de Bolivia.

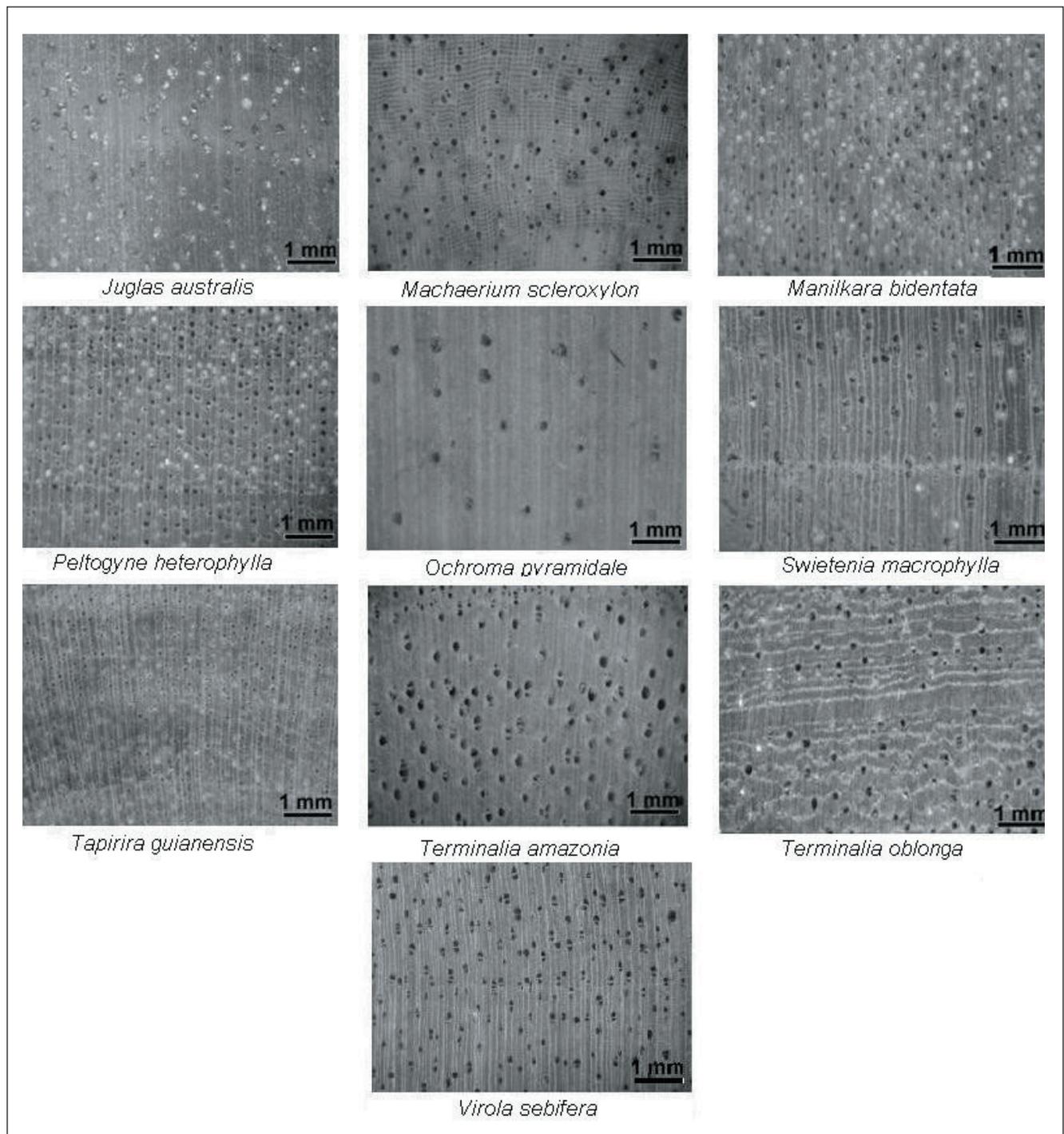


Figura 7. Cortes transversales macroscópicos de 10 especies de madera de Bolivia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANÓNIMO, 2007. Inside Wood. North Carolina State University. <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search/>
- BEGAZO, N., A. AROSTEGUI. 1985, Estructura anatómica y clave de identificación de 20 especies forestales de Iquitos. *Revista Forestal del Perú* 13(1):3-22
- COPAN-Comisión Pan-Americana de Normas Técnicas. Descripción macroscópica, microscópica y general de la madera. São Paulo, 1974. v.30, p.1-19. (Esquema 1).
- DIAZ, J. E, O. VAZ. 1975. Claves para la identificación de maderas de árboles nativos y cultivados en Chile. *Bosque* 3(1):15-25
- ESPINOZA DE P., N. y W. LEÓN. 2001. *Anatomía de la madera*. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela. 397p.
- GUTIÉRREZ, V y J. SILVA. 2002. *Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderables de Bolivia*. Serie técnica XII. Instituto Brasileiro do Medio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 371p.
- IAWA. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* 10(3):219-332
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: angiospermas e gimnospermas*. Brasília: Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação, 1992. 17p. (Série Técnica, 15).
- INIA – Instituto Nacional de Investigaciones Agraria, 1996. Manual de Identificación de especies forestales de la subregión Andina. Proyecto PD 1590/91 Rev. 1(I) “Identificación y Nomenclatura de las Maderas Tropicales Comerciales en la Región Andina. Organización Internacional de las Maderas Tropicales y Instituto Nacional de Investigaciones Agraria, Lima, Perú. 489p.
- JUNAC-Junta del Acuerdo de Cartagena, 1981. *Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo Andino*. Editado por Junta del Acuerdo de Cartagena. Colombia 442p.
- Killen, T., García, E., Beck, S. 1993. *Guía de árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden. La Paz, Bolivia. 150p.
- LÓPEZ, J. 2004. Estudio de Tendencias y Perspectivas del Sector Forestal en América Latina Documento de Trabajo: Informe Nacional Bolivia. ESFALI/N/18. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 85p.
- LEÓN H, W. y N. ESPINOZA. 1995. Descripción Macroscópica y Clave de Identificación de 73 Especies de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Caparo, Edo. Barinas. *Cuaderno de COMODATO No. 24*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Publicaciones. Mérida, Venezuela. 35p.
- MAC CORPORATION. 1994. *Munsell soil color charts*. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation. 35p.
- MAINIERI, C y J. PERES. 1989. *Fichas de Características de Madeiras Brasileiras*. 2ª Edición. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Madeiras. São Paulo, Brasil. 399p.
- PÉREZ, A. 1971. *Clave para la identificación micrográfica de 37 maderas de la Guayana Venezolana*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Publicaciones. Mérida, Venezuela. 45p.
- TINTO. 1987. *Clave de identificación de maderas argentinas*. Secretaría de Ciencia y Técnica. Buenos Aires. (AR) 1987. 58p.
- USAID, 2002. *La estrategia de USAID/Bolivia 2004-2009: Análisis de Bolivia de Bosques tropicales y la diversidad biológica*. La Paz, Bolivia. 70p.
- VISCARRA, S. y R. LARA. 1992. *Maderas de Bolivia*. Cámara Nacional Forestal. Santa Cruz, Bolivia. 85p.
- WIEMANN, M. C. 1987. Claves para la identificación de algunas maderas en Costa Rica. *Turrialba* 37(4): 381-403.
- WADSWORTH, F. H. 2000. Producción forestal para América Tropical. *Manual de agricultura 710-S*. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. Washington, DC. Estados Unidos. 55p.
- WWF. 2007. http://bolivia.panda.org/es/about_bolivia/index.cfm
- ZENID, G. J., G. C. T. CECCANTINI. 2003. *Identificação Botânica de Madeiras Brasileiras*. Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras. Divisão de Produtos Florestais. 70p.