

ESTUDIO TECNOLÓGICO Y DE MERCADO DE DIEZ ESPECIES DE BOSQUES SECUNDARIOS Y PRIMARIOS RESIDUALES

MARKET AND TECHNOLOGICAL STUDY OF TEN SPECIES FROM SECONDARY AND INTERVENED PRIMARY FORESTS

GUEVARA S. C., SANTIAGO P. P. & ESPINOZA L. M.

Resumen

A fin de reducir la presión de la demanda de madera comercial y contribuir a la conservación de los bosques secundarios y primarios residuales, se efectúa el estudio tecnológico y de mercado de diez especies maderables. Este estudio y la determinación de la aptitud de uso se realizaron de acuerdo a normas técnicas nacionales e internacionales. Los resultados indican los usos posibles para las diez maderas, se desarrollan prototipos comerciales en función de sus características tecnológicas y se definen nichos de mercado.

Palabras claves: Maderas, estudios tecnológicos, bosques secundarios, bosques primarios residuales, mercados, prototipos de maderas.

Abstract

To reduce the pressure of demand for commercial timber and contribute to the conservation of secondary and intervened primary forests, we undertook technological and market studies of ten timber species.

This study and determination of suitability of use were performed according to national and international standards. The results indicate the possible uses for the ten wood species, developing commercial prototypes and defining market niches based on their technological characteristics.

Keywords: timber, technological studies, secondary forest, intervened primary forest, markets, wood prototypes

Introducción

El aprovechamiento de los bosques tropicales se hace desde más de dos siglos, sin criterios de sostenibilidad; la extracción de maderas es altamente selectiva, lo que conduce a la descremación de bosques y cambio de uso del suelo para desarrollo de actividades agrarias de corto plazo. Los suelos degradados son abandonados y se establece la vegetación pionera sin valor comercial actual, hasta que a través de la sucesión vegetal se establecen los bosques secundarios, caracterizados por varias especies con alto IVIA. Los bosques secundarios y los bosques primarios residuales están siendo muy poco aprovechados, pese a que contienen árboles maderables potencialmente comerciales y pueden propiciar el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales, y activar la economía regional, y nacional.

Por otro lado, los bosques primarios remanentes tienen volúmenes importantes de árboles maderables de especies de valor comercial potencial. La mayoría de especies maderables de bosques secundarios y bosques primarios remanentes no tienen estudios tecnológicos para determinar aptitud de uso, procesos industriales de transformación secundaria para generar mayor valor agregado y maximizar el rendimiento de la materia prima; y si los tienen no están completos. Al no conocerse las características tecnológicas y de aptitud de uso y condición de procesamiento industrial, no es posible introducir estas maderas en el mercado. Además, como la mayoría de especies producen maderas blandas, claras y poco atractivas, o maderas duras con algunas limitaciones para su transformación, deben estudiarse modelos y procesos de acabado que acentúen sus ventajas comparativas y reduzcan sus limitaciones.

CUADRO 1
RELACION DE ESPECIES MADERABLES DE
BOSQUES SECUNDARIOS Y PRIMARIOS RESIDUALES

Nombre científico por identificación botánica*	Nombre común	Ecosistema**
<i>Apeiba glabra</i> Aubl.	Maquizapa ñagcha	BPR
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J. F. Macbr.	Ana caspi	BPR
<i>Brosimun utile</i> (Kunth) Oken	Panguana	BPR
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	Auca atadijo	BS
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don		BS y BPR
<i>Matisia cordata</i> Bonpl.	Zapote	BS y BPR
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr.	Utucuro	BPR
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	Pashaco	BS y BPR
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupa	BS y BPR
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz y Pav) Steud.	Yacushapana	BPR

* Fuente: Informe de identificación dendrológica. Herbario Regional de IVITA. UNMSM.

** Informe técnico de consultoría. Proyecto Estudio tecnológico y de mercado de diez especies de bosques secundarios y primarios residuales.

Elaboración propia.

Se propone el estudio de propiedades tecnológicas de diez especies maderables de bosques secundarios y bosques primarios remanentes y, validar los resultados en condiciones de procesamiento industrial. Para asegurar la sostenibilidad comercial se estudian prototipos y modelos, así como se determinan nichos de mercado, tanto a nivel nacional como de exportación. Los resultados se transfieren a los concesionarios, a los fabricantes de primera y segunda transformación, a los estudiantes de la Universidad Nacional de Ucayali, de la Universidad Intercultural de la Amazonía y del Instituto Superior Tecnológico Suiza y a la comunidad científica local a través de eventos de difusión y tres plataformas electrónicas de consulta libre: la página web de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales, de la Universidad Nacional de Ucayali, cite Maderas, AIDER y del X Congreso Nacional Forestal.

Objetivo de desarrollo

Efectuar estudios tecnológicos y determinar la aptitud de uso de maderas de especies forestales frecuentes y abundantes en bosques secundarios (BS) y bosques primarios residuales (BPR) de la Amazonia peruana.

Determinar el potencial comercial y nichos de mercado de especies maderables de BS y BPR, de acuerdo a su caracterización tecnológica.

Materiales y métodos

Las muestras de maderas proceden de bosques secundarios y primarios residuales de los departamentos de Huánuco y Ucayali. De acuerdo a las normas COPANT se han tomado muestras procedentes de cinco árboles seleccionados al azar, a partir de la prospección en cada área de extracción de especímenes probabilísticos, según características dasonómicas, fitosanitarias, medidas del diámetro, etc. De cada fuste comercial se han seleccionado tres niveles en el sentido longitudinal, con el fin de estudiar la influencia en las propiedades tecnológicas.

La descripción anatómica de elementos vasculares y xilemáticos se efectuó según la lista de características anatómicas para maderas latifoliadas (IAWA, 1989). Se obtiene información básica cuantitativa y cualitativa de la estructura anatómica de las maderas, que servirá para explicar el comportamiento de la madera en los procesos de secado, transformación mecánica, acabado superficial, aplicación de preservadores y productos de recubrimiento, etcétera. También será útil para relacionar los parámetros de características físicas y anatómicas con las propiedades mecánicas.

La composición química elemental de las maderas se determinó de acuerdo a las Normas TAPPI 204 cm 1997, T 222 om 98, T203 om 93, T244 om 93, T257 cm 85. Se concluye que el material de naturaleza orgánica está formado por tres componentes principales: la celulosa, la hemicelulosa y la lignina; actualmente tienen numerosas e importantes aplicaciones en la industria; también se definen los componentes secundarios como los extractivos en agua y solución hidroalcohólica. El sílice y cenizas, presentes en pequeñas cantidades, influyen determinantemente en algunas propiedades como el comportamiento a la transformación mecánica, abrasividad, secado, contracción, durabilidad natural, color, olor, sabor, etc.

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera se obtuvieron según las normas ASTM D-1416 2004 y D 2073 1994, en condiciones estandarizadas para contar con información que conduce a la determinación de la aptitud de uso. Se tiene en cuenta las variables propias del material como son la ubicación de las probetas en el sentido longitudinal y transversal del árbol para establecer los valores promedio, máximo y mínimo de los parámetros estudiados. Se define la densidad saturada, seca al aire y seca al horno, necesarias para definir a priori usos posibles, también para el cálculo de costos de transporte; los índices de contracción, útiles para el cálculo de costos de manufacturas y tendencias en el comportamiento de la madera en servicio. Se determinan

también la resistencia de la madera a las solicitaciones mecánicas: flexión estática, compresión perpendicular y paralela al grano, tracción, clivaje, cizallamiento, extracción de clavos y dureza, según orientación del grano y defectos, que definen la aptitud de uso.

Los estudios de comportamiento de la madera al secado natural y artificial se hicieron según Norma Oficial Chilena 176/3 of 84 de acuerdo a las dimensiones básicamente de espesor y orientación de corte, duración del periodo de secado hasta contenidos de humedad, adecuados a los usos y tipos de acabado. El secado artificial se ensayó en hornos industriales y utilizando programas apropiados a la densidad y estructura anatómica de la madera, teniendo en cuenta el espesor de paredes de fibras y diámetro de poros.

Los estudios tecnológicos de durabilidad natural en condiciones *in vitro* y en parcelas cementerio se hicieron según normas ASTM D 2043 y AWPAM-5 para determinar de antemano los posibles usos en función al riesgo de agentes biológicos de deterioro, básicamente hongos xilófagos, e inmediatamente los estudios de preservación preventiva para la madera rolliza y aserrada en tránsito (es conocida la vulnerabilidad de las maderas tropicales a hongos e insectos xilófagos inmediatamente después del apeo o transformación mecánica), para determinar los productos y tratamientos adecuados para reducir las pérdidas de materia prima.

Se realizaron ensayos de trabajabilidad según normas ASTM D 1666-87 1999 según orientación de corte y condición de humedad, así como características técnicas de las máquinas. En estos ensayos se trabajó con maquinaria de la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali y los resultados se validaron en condiciones de planta industrial.

Elaboración de modelos y prototipos industriales

Sobre la base de los resultados de los estudios tecnológicos y de aptitud de uso se contrata una consultoría para la elaboración de modelos y prototipos industriales. Se presupone que la mayor parte de las maderas a estudiar son de densidad media y pueden ser utilizadas para manufacturas y revestimientos. Los modelos se ensayan en condiciones reales de la industria para afinarlos hasta la propuesta del prototipo comercial.

Estudio de planes de negocios y nichos de mercado

Este estudio se efectuó a través de una consultora externa con ayuda de la información existente en las instituciones nacionales.

Resultados y discusión

Características anatómicas macroscópicas

Diez especies (100%) presentan medula excéntrica, condición asociada a la irregular distribución de las tensiones del árbol vivo y dificultades en el aserrío, reaserrío y secado. Cinco especies (50%) tienen leño no diferenciado; dos (20%) tienen leño diferenciado y tres (30%) tiene leño poco diferenciado; lo que influye en la selección de piezas para usos de alto riesgo de deterioro biológico. El número de anillos por cada 5 cm varía de 5 a 21. Cinco especies (50%) están en el rango mayor a 11. Cinco especies (50%) están el rango inferior a 11. Dos especies (20%) presentan los valores máximos, probablemente se trata de especies de alta densidad. Diez especies (100%) presentan porosidad difusa.

Características organolépticas

Nueve especies (90%) no presentan ni sabor ni olor característico; una especie presenta olor y sabor característico. Cuatro especies presentan grano recto; dos (20%) grano entrecruzado y cuatro (40%) de recto a entrecruzado a ondulado. El grano recto, que es la relación relativa entre los diámetros de los elementos longitudinales, debe maximizar la resistencia mecánica de la madera y facilitar los procesos de transformación mecánica de la madera (Seijas, 1993). NININ (1985) opina que en maderas de grano recto los esfuerzos de corte son menores. Arostegui (1982) sostiene que la estructura anatómica permite explicar las causas correspondientes a los cambios dimensionales y el comportamiento de los esfuerzos mecánicos de la madera. Panshin y De Zeeuw (1980) definen a la madera como un material biológico, altamente variable en sus características y propiedades. Su anatomía y propiedades varían de especie a especie, entre árboles de una misma especie y entre diferentes partes de un mismo árbol. Así mismo las propiedades de la madera están estrechamente relacionadas con su estructura en los niveles macroscópico y microscópico; por lo tanto la madera es un material notablemente fibroso, constituido por elementos de forma, tamaño y estructura que cumplen diferentes funciones necesarias para la vida del árbol. Guzmán (2000) señala que la variabilidad de la madera puede considerarse dentro de un árbol o entre árboles de una misma especie. La variación dentro de un árbol se da en los siguientes aspectos: dimensiones de las células, variaciones de densidad, en la composición química, en las propiedades físicas, en los anillos de crecimiento o entre la madera juvenil y tardía, la variación entre árbol de la misma especie puede ser resultado de las condiciones de crecimiento o tratamientos silviculturales o bien por los factores genéticos.

CUADRO 2
PROPIEDADES FÍSICAS DE SIETE ESPECIES

NOMBRE CIENTÍFICO	CHS	CHE	DS	DSA	DSH	DB	PESA	CTG	CTR	CL	CV	T/R
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	42,5	12,45	0,92	0,81	0,76	0,7	0,78	5,63	3,15	0,34	12,31	1,57
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	59,90	12,98	0,74	0,55	0,52	0,46	0,50	6,99	4,08	0,46	11,20	1,77
<i>Croton</i>	64,32	12,95	0,52	0,38	0,35	0,31	0,34	6,97	3,56	0,56	10,73	2,05
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	85,82	13,714	0,58	0,37	0,341	0,283	0,319	10,6	6,519	0,63	17,29	1,71
<i>Matisia cordata</i> Bonpl.	102,27	14,07	0,84	0,52	0,48	0,43	0,50	8,20	4,41	0,36	12,55	1,82
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	83,18	15,460	0,560	0,360	0,320	0,280	0,310	8,08	4,46	0,710	12,78	2,03
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	72,724	15,122	0,672	0,475	0,437	0,389	0,413	7,228	3,78	0,417	11,00	1,95

CHS contenido de humedad en condición saturada; CHE contenido de humedad en equilibrio; DS densidad saturada; DSA densidad en condición seca al aire; DSH densidad en condición seca al horno; DB densidad básica; PESA peso específico en condición seca al aire; CTG contracción tangencial; CTR contracción tangencial; CDL contracción longitudinal; CV contracción volumétrica; T/R relación contracción tangencial contracción radial.

Las especies de grano recto además presentan un menor índice de contracción longitudinal (Kollman, 1956), Nueve especies (90%) presentan brillo medio, una (10%) no presenta brillo. Siete especies (70%) presentan textura media; dos especies (20%) presentan textura fina, probablemente sean de densidad alta; una especie presenta textura gruesa, es posible que sea de densidad muy baja, puesto que la textura depende del diámetro de los poros y parénquima paratraqueal. Siete especies (70%) presentan veteado en arcos superpuestos y tres (30%) en líneas verticales; ninguna presenta veteado suficientemente diferenciado para constituir un elemento de identificación.

La distribución de los poros en sentido radial se presenta en las diez especies estudiadas. Cinco especies (50%) presentan poros redondos; tres (30%) presentan poros ovalados; dos (20%) presentan redondos y en menor proporción ovalados. Cinco especies (50%) presentan radios heterogéneos no estratificados; tres especies (30%) presentan radios homogéneos no estratificados; una especie (10%) presenta radios homogéneos estratificados y una (10%) presenta radios heterogéneos estratificados. Ocho especies presentan parénquima paratraqueal predominantemente aliforme y aliforme confluyente y dos (20%) parénquima apotraqueal. Seis especies (60%) presentan inclusiones; cuatro especies (40%) si las presentan; el análisis de la composición química determina la naturaleza inorgánica de las inclusiones y se puede sustentar su influencia en los procesos de transformación mecánica y efectos abrasivos en los elementos de corte. Para los tratamientos preservadores es probable, de

acuerdo al tipo de tratamiento, obtener penetraciones parciales irregulares y para el secado deberá preverse la presencia eventual de grietas y rajaduras debido a la presencia de gomas y radios heterogéneos multiseriados que dificultan el tránsito de fluidos.

La evaluación estadística de las características generales de las diez especies presenta valores muy variables en función a la especie y la característica estudiada. Las especies que presentan mayor variabilidad evaluada en función al número de características que tienen coeficiente de variación igual o menor a 30% son, en orden de mayor a menor: maizapa ñagcha, zapote y auca atadizo; las que presentan menor variabilidad son ana caspi, pashaco, panguana, huamanzamana, yacushapana, marupa y utucuro. Como quiera que el material xilemático de ensayo procede de diferentes zonas, es posible que las diferencias se deban a la calidad de sitio y asociación vegetal y/o edáfica, siendo algunas especies más sensibles, siendo los elementos vasculares los más afectados por el grado de acidez del suelo (Meltaclfe, citado por León y Espinoza de Pernia). Pashin (1970) afirma que la estructura, el tamaño y la forma de los tipos de tejidos son diferentes en casi todas las especies maderables, dando lugar a que cada especie tenga un sello de estructura propio y característico, que permite su identificación taxonómica.

Para la consideración técnica del valor de una especie como comercial es necesario el conocimiento de su estructura anatómica y de las propiedades físicas, y mecánicas, a fin de tener claro el posible comportamiento a la trabajabilidad, secado y tratamiento preservador, de ser necesario (León y Espinoza de Pernia, 2002).

CUADRO 3
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA DE DIEZ ESPECIES

NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD BÁSICA	CONTRACCIÓN VOL.	FLEXIÓN ESTÁTICA	COMPRESIÓN PARALELA	COMPRESIÓN PERPENDICULAR	DUREZA	CIZALLAMIENTO
<i>Apeiba membranacea</i>	Muy baja	Media	Muy baja	Baja	Muy baja	Baja	Baja
<i>Apuleia molaris</i>	Alta	Media	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta
<i>Brosimum utile</i>	Media	Media	Baja	Media	Muy baja	Media	Media
<i>Croton matourensis</i>	Baja	Media	Baja	Baja	Muy baja	Baja	Alta
<i>Jacaranda copaia</i>	Muy baja	Muy alta	Muy baja	Baja	Muy baja	Baja	Media
<i>Matisia cordata</i>	Media	Media	Baja	Baja	Muy baja	Baja	Baja
<i>Schizolobium amazinicum</i>	Muy baja	Media	Muy baja	Baja	Muy baja	Baja	Baja
<i>Septhoteca tessmannii</i>	Media	Media	Media	Alta	Muy baja	Media	Media
<i>Simarouba amara</i>	Baja	Media	Muy baja	Baja	Muy baja	Baja	Baja
<i>Terminalia oblonga</i>	Alta	Alta	Alta	Muy alta	Media	Muy alta	Muy alta

CUADRO 4
COMPORTAMIENTO A LA TRABAJABILIDAD SEGÚN ENSAYO

NOMBRE CIENTÍFICO POR IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA	CEPILLADO	MOLDURADO	LIJADO GRANO				TALADRADO VELOCIDAD ANGULAR RPM			TORNEADO ANGULO DE ATAQUE			FRECUENCIA OBSERVADA			
			60	100	890	1580	0°	15°	45°	e	B	r	M	total		
			<i>Apeiba glabra</i> Aubl.	R	E	R	E	E	E	B	B	B	4	3	2	
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	B	R	B	E	E	B	B	B	B	2	6	1		9		
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	E	E	E	E	E	E	R	R	R	6		3		9		
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	E	E	E	E	E	E	E	E	E	8	1			9		
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	E	E	E	E	B	B	E	E	E	7	2			9		
<i>Matisia cordata</i> Bonpl	E	E	E	E	E	E	R	B	R	6	1	2		9		
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr	E	B	E	E	E	E	M	R	R	5	1	2	1	9		
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	E	E	B	E	B	B	B	B	B	3	6			9		
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	B	E	E	E	B	E	B	B	B	4	5			9		
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruizy Pav) Steud.	E	E	E	E	B	B	B	B	B	4	5			9		
TOTAL										49	30	10	1	90		
										54	33	11	1	100		

Propiedades físicas de siete especies

Los valores promedio de algunas propiedades físicas de la madera de siete especies de bosques secundarios y primarios residuales indican que el contenido de humedad varía desde 42,50% para *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. madera de alta densidad, hasta 102,27% para *Matisia cordata* Bonpl, madera de muy

baja densidad, demostrándose que hay una relación inversamente proporcional entre la máxima humedad que puede contener una madera y el volumen de espacios vacíos. El contenido de humedad en condición de equilibrio con el ambiente varía desde 12,45% para *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr., y 15,46% para *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. El contenido de humedad de equilibrio depende de las condiciones

higrométricas del ambiente, básicamente de la combinación temperatura del bulbo seco y humedad relativa, y es inversamente proporcional a la proporción de la fracción higroscópica, celulosa, y hemicelulosa. La variación observada entre especies se debe, además de la composición química de la madera, a las condiciones higrométricas del medio de exposición. No se ensayaron todas las especies en forma paralela, debido a dificultades derivadas de la participación de tesis y practicantes y la disponibilidad de la madera.

Los valores de la densidad en condición seca al aire, seca al horno, densidad básica y peso específico para diez especies maderables son similares entre sí e indican la relación entre la masa y el volumen de la madera bajo determinadas condiciones. En los cuatro ensayos se han obtenido los valores mínimos para madera de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake y máximo para *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. Estos resultados ponen de relieve la influencia de la estructura anatómica de la madera, caracterizada por la cantidad proporcional de células de varios tipos como fibras, vasos, radios, parénquima, conductos gomíferos y por las dimensiones, especialmente el espesor de las paredes celulares por la longitud de los elementos estructurales (Guzmán, 1979).

Algunas aplicaciones prácticas e interpretación de resultados derivadas del presente estudio pueden complementarse con el estudio de las propiedades mecánicas y composición química de la madera de las especies ensayadas, por lo que es recomendable elaborar un informe adicional que incluya la información especificada.

Para la continuación de trabajos con mayor precisión será necesario considerar la procedencia de la madera cuando se justifique los criterios de variación de las propiedades tecnológicas en función de las condiciones de temperatura, precipitación, altitud y latitud. De ser así, deben considerarse un mínimo de tres árboles por especie y procedencia, si se trata de una especie maderable que tiene estudios preliminares, o cinco árboles por especie y procedencia, si se trata de especies nuevas.

En general, los valores encontrados en la determinación de algunas de las propiedades físicas de siete maderas de especies forestales de bosques secundarios y primarios residuales son similares a los obtenidos por otros investigadores o fuentes de recopilación.¹ Para *Croton matourensis* Aubl. (aucatadizo) no se ha encontrado ninguna referencia sobre propiedades tecnológicas que permita establecer comparaciones, pese a la exhaustiva búsqueda en

bibliotecas especializadas y consultas a investigadores locales y nacionales. Las diferencias pueden deberse a la procedencia de las muestras de madera; en este caso se ha trabajado con maderas de bosques secundarios intervenidos y bosques primarios residuales; mientras que los investigadores mencionados han trabajado con muestras de bosques primarios poco intervenidos, las condiciones de disponibilidad de energía lumínica, nutrientes, asociación edafoclimática, entre otras variables, influyen determinadamente en la estructura anatómica de la madera y consecuentemente, en las propiedades físicas.

En madera de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake se han establecido comparaciones con resultados obtenidos por otros investigadores.² Se ha encontrado valores para la densidad básica de 0,28 g/cm³, mientras que los investigadores de referencia indican valores de 0,40 y más. En los índices de contracción radial, tangencial y volumétrica, los investigadores de la Universidad de Tolima obtienen valores notablemente inferiores a los obtenidos por el proyecto; en comparación con la información presentada por la Confederación Nacional de la Madera, los valores son ligeramente inferiores. En todo caso la información generada por el proyecto es aplicable a la utilización de la madera de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake procedente de los bosques secundarios regionales; además de ser complementada con los estudios de propiedades mecánicas.

Durabilidad natural

De acuerdo con los resultados obtenidos en la interpretación de los índices de resistencia de la madera según la Norma astm D2017-81) y los valores promedios indican que *Terminalia oblonga* (Yacushapana) es altamente resistente; *Apuleia molaris* (Anacaspi) y *Septotheca tessmannii* (Utucuro) son resistentes; *Simauroma amara* (Marupa), *Brosimum utile* (Panguana) y *Matisia cordata* (Zapote) son moderadamente resistentes; y *Jacaranda copaia* (Huamanzamana), *Schizolobium amazonicum* (Pashaco), *Apeiba membranacea* (Maquizapa ñagcha) y *Croton matourensis* (Aucatadizo) son ligeramente resistentes a no resistentes. Estos resultados pueden ser contrastados con los resultados obtenidos en la determinación de los contenidos de extractivos en agua caliente y alcohol, es posible establecer relaciones matemáticas entre las variables mencionadas, según Gonzales (1975), Bazán (1970), Aquino (1981) y Trujillo (1985) la resistencia a la pudrición ocasionada por hongos xilófagos depende principalmente de estos extractivos.

El análisis de la varianza establece que hay siete especies en las que la pudrición ocasionada por *Lenzites erubescens*, causante de la pudrición marrón, es estadísticamente diferente a la pudrición ocasionada por *Pycnoporus sanguineus*, causante de la pudrición blanca, también este resultado debe contrastarse con los resultados obtenidos

1. Arostegui et al., 1970; junac, 1989; Chichignoud et al., 1990; Sybille y Rodríguez, 1996; inia, Congreso de la Republica, 1999; Confederación Nacional de la Madera, 2008; Universidad de Tolima, Cadenas Forestales en Colombia, Atencia M. 2003.

2. INIA-Congreso de la República, 1999; Confederación Nacional de la Madera, 2008; Cadenas Forestales en Colombia.

CUADRO 5
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CARBÓN OBTENIDO DE LAS MADERAS EN ESTUDIO

Nombre científico de especies según identificación botánica	Contenido de humedad madera %	Rendimiento (%)	Contenido humedad carbón %	Contenido de cenizas %	Materia volátil %	Poder calorífico superior kcal/kg	Densidad (g/cm ³)
<i>Apeiba glabra</i> Aubl.	12,58	33,08	2,41	2,11	2,41	7646,56	0,2776
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	12,3	38,6	3,26	4,08	6,04	7103,23	0,5117
<i>Brosimun utile</i> (Kunth) Oken	12,44	33,28	2,28	1,69	2,28	7706,41	0,2315
<i>Croton matourensis</i> Aubl.	12,39	35,21	3,25	3,07	7,22	7090,28	0,3046
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	12,46	34,18	3,45	2,71	8,1	7211,76	0,2087
<i>Matisia cordata</i> Bonpl	12,45	35,3	3,63	14,36	3,63	6473,24	0,281
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr	12,49	30,41	5,5	5,2	4,08	6910,33	0,3318
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	12,61	32,05	2,44	2,99	6,45	7260,72	0,2522
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	12,77	28,07	5,39	1,77	3,06	7362,06	0,2617
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz y Pav) Steud.	12,67	39,33	2,45	5,28	6,16	7136,8	0,4382
x	12,52	33,95	3,41	4,33	4,94	7,190,14	0,31
s	0,14	3,43	1,18	3,75	2,10	353,16	0,10
cv	1,12	10,11	34,64	86,76	42,45	4,91	30,73

en la determinación de los contenidos de celulosa y lignina de las maderas estudiadas. Por otro lado, hay tres especies maderables en las que la situación se invierte; el análisis de la varianza establece que hay diferencias estadísticamente significativas en la pudrición ocasionada por *Pycnoporus sanguineus*, causante de la pudrición blanca, con respecto a la pudrición ocasionada por *Lenzites erubescens*, causante de la pudrición marrón. Concuerd con lo establecido por Findlay, Cartwright y Hunt, y Garrat, que mencionan la especificidad de la acción bioenzimática de los hongos xilófagos, incluso para dar lugar a un leño en que diferentes especies de hongos xilófagos comparten solidariamente el sustrato, provocando la pudrición mixta tipificada por Gonzales (1970).

También se ha determinado a través del anva que en todas las especies estudiadas hay una relación estadísticamente significativa que señala porcentajes de pudrición diferenciales en función al nivel del fuste: el nivel apical es en todos los casos, el más vulnerable, siendo el nivel medio el que presenta valores intermedios y la base los valores mínimos. Estos resultados concuerdan con lo establecido por Kollman (1959), que afirma que en el nivel de la base hay una mayor proporción de duramen producido a partir de la albura, mediante la formación de sustancias protectoras de naturaleza fenólica y mecanismos físicos como son las tñlides, y las incrustaciones inorgánicas que impiden la segregación de enzimas, y el paso de las hifas. El deterioro observado se debe principalmente a que la madera de duramen de las especies presenta mayor cantidad de extractivos que la albura (Honorato y Hernández, 1998), los que contribuyen a la mayor durabilidad del

duramen, el contenido de humedad, la pobre penetrabilidad y el bloqueo de las cavidades celulares por gomas, resinas y tilosis. La albura tiene una gran cantidad de carbohidratos simples que son fácilmente solubles en agua y que pueden ser utilizados como alimento de los hongos, lo cual hace que sea más susceptible al ataque de organismos. Asimismo, entre los extractivos se encuentran los taninos en una mayor proporción en el duramen que en la albura y se consideran como inhibidores del crecimiento de algunos hongos (Escuza, 1987, Yataco, 1986).

La evaluación de la durabilidad natural de las especies estudiadas, en base a la norma astm D-2017, clasifica a las especies de la siguiente manera: *Simarouba amara* (Marupa) como moderadamente resistente; *Jacaranda copaia* (Huamanzamana), ligeramente resistente a no resistente; *Schizolobium amazonicum* (Pashaco), ligeramente resistente a no resistente; *Apeiba membranacea* (Maquizapa ñagcha), ligeramente resistente a no resistente; *Brosimun utile* (Panguana), moderadamente resistente; *Matisia cordata* (Zapote), moderadamente resistente; *Apuleia mollaris* (Anacaspi), resistente; *Terminalia oblonga* (Yacushapana), altamente resistente; *Croton matourensis* (Aucatadijo), ligeramente resistente; y *Septotheca tessmannii* (Utucuro), resistente.

El hongo *Lenzites erubescens*, causante de la pudrición marrón, presentó mayor agresividad, propiciando mayor pérdida de peso en las probetas de *Apeiba membranacea* (Maquizapa ñagcha) con 54,21%; *Jacaranda copaia* (Huamanzamana) con 52,12%; *Croton matourensis* (Aucatadijo) con 49,63%; *Schizolobium amazonicum* (Pashaco) con 46,11%; *Matisia cordata* (Zapote)

con 29,16%; *Simauroma amara* (Marupa) con 28,03% y *Apeiba membranacea* (Panguana) con 25,33% de pérdida de peso, respectivamente.

El hongo *Pycnoporus sanguineus* causante de la pudrición blanca, presentó menor agresividad y pérdida de peso en las probetas con respecto a *Septotheca tessmannii* (Utucuro) con 15,52%; *Apuleia mollaris* (Anacaspi) con 12,92% y *Terminalia oblonga* (Yacushapana) con 10,26% de pérdida de peso, respectivamente.

La madera de *Terminalia oblonga* (Yacushapana), *Apuleia mollaris* (Anacaspi) y *Septotheca tessmannii* (Utucuro) pueden ser utilizadas en condiciones de riesgo de ataque de hongos xilófagos, es decir en contacto directo con el suelo y en exteriores, siempre que no haya riesgo de termes.

Transformación química de la madera

Los valores del contenido de humedad inicial de las muestras varían de 11,09% para *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don hasta 13,78% para *Septotheca tessmannii* Ulbr, que corresponde al contenido de humedad en equilibrio higrométrico en condiciones de laboratorio. De acuerdo con Kollman (1959) la higroscopicidad de la madera depende básicamente de la celulosa, la temperatura y la humedad relativa del ambiente. La fao (2002) afirma que; para la producción de carbón, el contenido de humedad en la madera no debe exceder del 15 al 20% en relación con el peso seco.

Los valores del rendimiento oscilan entre 28% para *Simarouba amara* y 43% *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. De acuerdo con resultados obtenidos por otros investigadores en maderas tropicales, las variaciones dependen básicamente de la temperatura del trabajo, siendo el rango ideal de 400 a 450 C, a fin de regular la conversión del combustible en materia volátil, el rendimiento y el contenido de carbono fijo. En los ensayos se trabajó con 450 C, a fin de eliminar agua, aceites esenciales, gases básicamente monóxido y dióxido de carbono. Al final del proceso se desprenden sustancias volátiles. Las bajas temperaturas de carbonización dan un mayor rendimiento en carbón vegetal, pero de baja calidad y corrosivo, debido a que contiene alquitranes ácidos, que provocan que la llama no encienda limpia y sin humo.

Los valores del contenido de humedad del carbón varían entre 1,25% para *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don y *Septotheca tessmannii* Ulbr con 6,45%. Según Aguinello (1980), la humedad depende básicamente de la temperatura final con la que fue carbonizada y la humedad del ambiente en el que está expuesto. Según Pacheco (2005), el carbón de calidad no debe tener más de 15% de humedad. Earl (1975) opina que el contenido de humedad del carbón varía entre 1 a 16%. De acuerdo con los resultados obtenidos, el contenido de humedad del carbón está en los rangos permitidos en el control de calidad del carbón comercial.

Los resultados muestran valores de contenido de cenizas que oscilan entre 1,77% para *Simarouba amara* y 14,36 para *Matisia cordata*; valores que están en el rango establecido por Smisek, citado por Oliveira (1998). Carballo (1990) afirma que el contenido de cenizas depende de la procedencia y naturaleza del material (hojas, ramas, corteza, madera, etc.), condiciones del suelo y edad del árbol. La fao sostiene que los altos contenidos de ceniza pueden llegar hasta el 30% y esto es un índice de la uniformidad del proceso de transformación de la madera en carbón, con un residuo de óxidos minerales obtenidos por la combustión completa.

En la determinación de la materia volátil se tiene valores que van desde 2,28% para *Brosimum utile* y 8,10% para *Jacaranda copaia*. La materia volátil está compuesta principalmente de hidrógeno, hidrocarburos, monóxido y dióxido de carbono (CO; CO₂), que no fueron eliminados en el proceso de destilación seca o pirolisis. Martins (1990) opina que hay una relación directamente proporcional entre la temperatura y el contenido de carbono fijo o poder calorífico; también hay una relación inversamente proporcional entre la temperatura y el contenido de sustancias volátiles; a mayor temperatura hay menor rendimiento. Sin embargo, valores muy bajos de materia volátil pueden propiciar la friabilidad del carbón, característica inadecuada para un carbón de calidad porque arriesga la resistencia mecánica del combustible.

El poder calorífico de las diez maderas ensayadas oscila entre 6 473 kcal/kg para *Matisia cordata* y 7 643 para *Apeiba aspera*; rango que coincide con los encontrados por otros investigadores para maderas similares. El poder calorífico depende de la composición química y contenido de humedad de la madera y mide el calor liberado por combustión completa del carbón.

Conclusiones

Los valores determinados de la densidad básica pueden utilizarse para determinar los costos de transporte de madera comercial, reaserrada seca al aire, reaserrada seca al horno y manufacturas seca al horno, así como planificar operaciones de transporte y embarque.

Los valores de los índices de contracción radial, tangencial y volumétrica pueden aplicarse para planificar la producción de manufacturas en condición seca al horno y madera aserrada seca al aire, a fin de considerar como parte del costo final.

Los valores del índice de la relación contracción tangencial/contracción radial pueden utilizarse para determinar el comportamiento durante el secado, en base a la tendencia de deformaciones en el campo elástico.

El coeficiente de variación calculado para el contenido de humedad en equilibrio de las siete especies es bajo, escasamente supera el 10%, lo que indica de que

se trata de un valor confiable y puede ser aplicado para fines de secado al aire libre, excepto cuando hay restricciones por la presencia de clima húmedo, frecuente entre los meses de noviembre a marzo. También pueden aplicarse para determinar la factibilidad técnica y económica de secar madera aserrada al aire.

El presente estudio proporciona información validada sobre el comportamiento de las maderas de estudio al secado artificial y estrategias para reducir defectos y deformaciones de secado con el fin de que puedan competir con maderas comerciales en los mercados nacionales y de exportación.

Las maderas estudiadas pueden ser secadas utilizando programas suaves: *Apuleia molaris* (Anacaspi) y *Terminalia oblonga* (Ruiz y Pav) Steud. (Yacushapana) y programas fuertes; *Apeiba membranacea* (Maquizapa ñagcha), *Brosimum utile* (Panguana), *Croton matourensis* (Aucatadijo), *Jacaranda copaia* (Huamanzamana), *Matisia cordata* (Zapote), *Septotheca tessmannii* (Utucuro), *Schizolobium amazonicum* (Pashaco), *Simauroma amara* (Marupa) para programas suaves.

Los programas estudiados permiten obtener tablas sin defectos o defectos leves que pueden ser eliminados por procesamiento mecánico.

En base a la comparación de propiedades tecnológicas y al estudio “Diversificación de productos de madera y estudios de prototipos de valor agregado” efectuado por el proyecto, se identificó que la madera de aucatadijo, panguana, pashaco y utucuro, pueden ser sustitutas del tornillo, moena y catahua para su uso en encofrados en la industria de la construcción; la madera de marupa, maquizapa ñagcha, panguana, sapote y utucuro, pueden ser sustitutas de la caoba y el cedro para su uso en carpintería de obra (puertas, ventanas, closets) en el sector construcción; la madera de ana caspi y yacushapana, pueden ser sustitutas del shihuahuaco, capirona y estoraque para su uso en pisos para exteriores en el sector construcción; la madera de marupa, panguana, zapote y utucuro, pueden ser sustitutas del pino chileno, tornillo, caoba y cedro para su uso en muebles interiores y ana caspi y yacushapana, son sustitutos para su uso en muebles exteriores; la madera de marupa y huamanzamana se pueden utilizar en la industria de envases y embalajes; sirviendo para producir todo tipo de envases, desde envases de lujo para productos vitivinícolas y dulces; hasta productos agrícolas específicos y genéricos; la madera de aucatadijo, huamanzamana, panguana, sapote y utucuro se pueden utilizar en la industria de envases y embalajes

De las diez maderas del estudio, la más versátil debido a sus propiedades es la marupa que se adecúa a la mayor cantidad de productos.

En cepillado bajo las condiciones experimentales se tiene siete maderas que tienen un comportamiento excelente: *Brosimum utile*; Kunth) *Oken Croton matourensis* Aubl.; *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don; *Matisia*

cordata Bonpl; *Septotheca tessmannii* Ulbr; *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake y *Terminalia oblonga* (Ruiz y Pav) Steud. Dos maderas tienen buen comportamiento, *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. y *Simarouba amara* Aubl.; una madera presenta comportamiento regular. *Apeiba glabra* Aubl.

En moldurado bajo las condiciones experimentales se tiene siete maderas que tienen un comportamiento excelente: *Apeiba glabra* Aubl., *Brosimum utile* (Kunth) Oken, *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Matisia cordata* Bonpl, *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake, *Simarouba amara* Aubl., *Terminalia oblonga* (Ruiz y Pav) Steud. Dos maderas tienen comportamiento bueno, *Croton matourensis* Aubl. y *Septotheca tessmannii* Ulbr; una madera tiene comportamiento regular, *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr.

En lijado bajo las condiciones experimentales y usando lija 60 se tiene siete maderas que tienen un comportamiento excelente: *Brosimum utile* (Kunth) Oken *Croton matourensis* Aubl., *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Matisia cordata* Bonpl, y *Septotheca tessmannii* Ulbr; dos maderas tiene comportamiento bueno, *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. y *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. Una madera presenta comportamiento regular, *Apeiba glabra* Aubl.

En lijado bajo las condiciones experimentales y usando lija 100 de grano más fino se tiene diez maderas que presentan comportamiento excelente: *Apeiba glabra* Aubl., *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr., *Brosimum utile* (Kunth) Oken, *Croton matourensis* Aubl., *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Matisia cordata* Bonpl, *Septotheca tessmannii* Ulbr, *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake, *Simarouba amara* Aubl. y *Terminalia oblonga* (Ruiz y Pav) Steud.

En taladrado, bajo las condiciones experimentales y con dos velocidades de 890 y 1 500 rpm, se tienen los siguientes resultados: cinco maderas presentan comportamiento excelentes a ambas velocidades: *Apeiba glabra* Aubl., *Brosimum utile* (Kunth) Oken, *Croton matourensis* Aubl, *Matisia cordata* Bonpl. y *Septotheca tessmannii* Ulbr; una madera presenta comportamiento excelente a 890 rpm y bueno a 1 500 rpm, *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. Una madera presenta comportamiento bueno a 890 rpm y excelente a 1 500 rpm, *Simarouba amara* Aube... Tres maderas presentan comportamiento bueno a ambas velocidades, *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don y *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake.

En torneado bajo las condiciones experimentales y tres velocidades de giro del cabezal se tiene los siguientes resultados: Dos maderas presentan comportamiento excelente a las tres velocidades de giro y son *Croton matourensis* Aubl. y *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. Cinco maderas presentan comportamiento bueno en las tres velocidades de giro: *Apeiba glabra* Aubl., *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr., *Schizolobium parahyba*

(Vell.) S. F. Blake, *Simarouba amara* Aubl. y *Terminalia oblonga* (Ruiz y Pav) Steud. Una madera presenta comportamiento regular en las tres velocidades de giro: *Brosimum utile* (Kunth) Oken. *Matisia cordata* Bonpl. presenta comportamiento regular a 0° y 45°; comportamiento bueno a 15°. *Septotheca tessmannii* Ulbr. presenta comportamiento malo a 0 y regular 15 y 45°.

Los resultados obtenidos deben interpretarse en función a las interrelaciones entre las condiciones de trabajo, la particular estructura anatómica de las maderas, básicamente la composición cualitativa y cuantitativa de los elementos parenquimáticos y prosenquimáticos y propiedades físicas y mecánicas.

Bajo las condiciones experimentales se ha demostrado que se puede producir carbón con las maderas ensayadas con rendimientos y poder calorífico superiores a los valores promedio para maderas similares. Los resultados obtenidos pueden ser aplicados para intentar la producción de carbón a partir de pequeños residuos de extracción y de transformación mecánica de la madera; para reducir costos de producción, mejorar los ingresos y la rentabilidad del proceso productivo.

También es útil evaluar las posibilidades que propicien la producción de carbón de madera a partir de material de raleo o árboles tumbados a consecuencia del apeo de árboles de madera comercial, construcción de carreteras, caminos, viales, etc., y asegurar la recuperación, al menos parcialmente, de la inversión en la extracción. Es posible que estas actividades puedan efectuarse utilizando mano de obra local, lo que sugiere el cumplimiento de los compromisos sociales establecidos en los planes generales de manejo aprobados por la autoridad forestal nacional.

Las aplicaciones prácticas de los resultados deben validarse en condiciones de campo y de planta, a fin de establecer procedimientos industriales de producción de carbón.

La baja densidad del carbón de algunas especies puede solucionarse a través de la investigación tecnológica para la producción de briquetas producidas a presión manual, lo que permite incorporar mano de obra adicional y generar puestos adicionales de trabajo. También puede determinarse la factibilidad de fabricar carbón utilizando métodos mecanizados artesanales, especialmente para el campo.

Referencias

- ASTM (1981). Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. D 2017-81 (reapproved 1986). En: Book of standard method. Part 16. Philadelphia, pp. 317-321.
- AMERICAN WOOD PRESERVERS ASSOCIATION. AWPA (1985). Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. awpa M-5. Annual reports. 13 pp.
- AQUINO, Y., D. (1984). Determinación del contenido tánico de la corteza de cinco especies forestales de la Amazonía peruana. Tesis para optar el Título de Ing. Forestal. unalm. Lima. 117 p.
- ASOCIACAO BRASILEIRA DE PRESERVAÇAO DE MADEIRAS (1970) Técnicas para el estudio de pudriciones de la madera. 55 pp.
- BAZÁN, S. (1970). Mancha azul de algunas maderas peruanas. En: *Revista Forestal del Perú* 4(1/2): 32/41. unalm. Lima.
- ESCUZA H. P. A. (1987). Durabilidad natural de la madera de cinco especies forestales en base a su resistencia a la pudrición. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, 126 pp.
- CARTWRIGHT, K. FINDLAY, W. (1958). Decay of timber and its preservation, Forest Research Laboratory, 301 pp.
- CARBALLO, L. R. (1990). The Influence of chemical composition and age of pine wood on the physical and mechanical properties as well as on yield of sulfite pulp. Faculty of wood Technology, University College of Forestry and wood Technology. Dissertation Thesis of the degree of CScZvolen. Rep. Eslovaca. 114 pp.
- EDUARDO, C. (2008). Análisis químico de los recursos fibrosos para pulpa, por Carlos Eduardo Núñez, Texto libre y gratis para usos no lucrativos nombrando la fuente. <www.cenunez.com.ar>.
- FONSECA, M. (2006). Determinación de la composición química de la madera de Pino Candelillo (*Pinus maximoi* H. E. Moore) procedente de la finca Río Frío, Tactic, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos. Guatemala. 154 pp.
- FENGEL, D. Y G. WEGENER (1984). Wood Chemistry, Ultrastructure Reaction. Berlín. 222 pp.
- GONZALES, R. (1970). Durabilidad natural de 53 especies forestales de Yurimaguas. En: *Revista Forestal del Perú*. 4(1-2): 75-89.
- GONZALES, R. (1979). Pudrición de la madera de diez especies forestales por acción de cinco hongos xilófagos. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Postgrado de Fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima. 108 pp.

- GONZALEZ, F. (1981). *Preservación y secado de la madera*. unalm, 71 pp.
- GUEVARA, C. (1987). Evaluación toxica e ignifuga de dos preservadores hidrosolubles para maderas. Tesis para optar el título de Ing. Forestal. unalm. Facultad de Ciencias Forestales. Lima. 92 pp.
- GUEVARA, L. Y LLUNCOR, D. (1994) Durabilidad natural y adquirida de 27 maderas tropicales en condición de campo. En: *Folia Amazonica* 5(1-2):197-207.
- GUEVARA, L. Y LLUNCOR, D. (1995) *Estudio del efecto preservador de los extractos hidrosolubles de aserrín y corteza de cedro y tornillo*. Convenio iiap-fusevi-raaa. Pucallpa. 9 pp.
- HONORATO, A. VASQUEZ L., ZAMUDIO F. (2001). Durabilidad natural de la madera de cinco especies de *Quercus* del estado de Puebla. *Polibotanica* 12 (1): 85-100. México.
- JUNAC (1980). *Manual del grupo andino para la preservación de maderas*, Lima. Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales. padt-refort-junac. Paginación varía.
- JUNAC (1986). *Manual del grupo andino para el secado de la madera*. Proyecto subregional de promoción industrial de la madera para la construcción.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1981). *Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino. Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales*. Padt-refort-junac. Cali. 442 pp.
- KOLLMAN, F. (1957). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Instituto Forestal de Investigación y Experiencias y el servicio de la madera. Madrid, 675 pp.
- KOLLMAN, F. (1959). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones Tomo I. Traducción de la 2da Edición*. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones. Experiencias y Servicios de la Madera. Madrid. 647 pp.
- LEÓN, W. Y N. ESPINOZA (2001) *Anatomía de la madera*. Mérida: Universidad de los Andes. 397 pp.
- LOAYZA V., M. (1982). Resistencia natural de maderas de diez especies forestales al ataque de termitas. *Revista Forestal del Perú*. V 11(1-2): 32-47.
- MORA, N. Y O. ENCINAS (2001) Evaluación de la durabilidad natural e inducida de *Pterocarpus acapulcensis*, *Tabeuia serratifolia* y *Pinus caribaea*, en condiciones de laboratorio. *Revista Forestal Venezolana*.
- NTP 251.009: MADERAS. (1989) Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos. 3 pp.
- NORMA TÉCNICA NACIONAL 251.001 MADERA (1979) Terminología. Lima: itintec. 12 pp.
- NORMA TÉCNICA NACIONAL 251.027 MADERA. (1979). Valor tóxico y permanencia de los preservadores bajo condiciones de laboratorio. Lima: itintec. 12 pp.
- NORMA TÉCNICA NACIONAL 251.001 MADERA (2004). Terminología. Lima: itintec. 12 pp.
- NORMA TÉCNICA NACIONAL 251.010. MADERAS (2004). Método para la determinación del contenido de humedad. Lima. 3 pp.
- NTP 251.011: Maderas (2004). Método de determinación de la densidad. 12 pp.
- NTP 251.012: Maderas. (2004). Método de determinación de la contracción. 15 pp.
- NTP 251.1.014. Madera (2004). Método para determinar la compresión axial o paralela al grano. Lima. 11 pp.
- NTP 251.017. Madera (2004). Método para determinar la flexión estática. Lima. 9 pp.
- NTP 251.016 Madera (2004). Método para determinar la compresión perpendicular al grano. Lima. 8 pp.
- NTP 251.015 Madera (2004). Método de determinación de la dureza. Lima. 11 pp.
- NTP 251.013 Madera (2004). Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano. Lima. 12 pp.
- NOVOA, L. (2006). *Análisis de costos de secado artificial. Informe técnico final*. produce. Lima. 98 pp.
- Panshin, A. J.; de Zeeuw, C. (1980). *Textbook of Wood Technology*. Fourth edition. McGraw-Hill Book Co. New York. 722 pp.
- PANDURO, C. (2010). *Manual de prácticas de laboratorio de Química de la Madera*. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales-unu. Pucallpa. Perú. 47 pp.
- PÉREZ DEL CASTILLO A. Y ONO A. (2003). Diferentes etapas de secado. Notas técnicas. Sector productos forestales. Nota técnica N.º3. 7 pp. [latu. Notas técnicas htm](#).
- RENGIFO R. (1990). Durabilidad natural de nueve especies forestales de la familia Bombacaceae, Tesis para optar el título de Ing. Forestal unalm. fcf. 134 pp.
- SHARKOV, V. Y. (1972). *Química de las hemicelulosas*. Editorial Lusaka Prom. Moscú. 440 pp.
- SYBILLE A. RODRÍGUEZ M. (1996). *Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina*. Proyecto PD 150/91 Rev. 1(1). Lima. 489 pp.
- TARANCO, M. Y CABUDIVO A. (1995). Estudio químico preliminar de cinco especies forestales usadas en madera tradicional en la selva baja de la amazonia peruana. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos. 60 pp. 1995.

- TOLEDO E. (2002). Mercado y desarrollo de la industria forestal con especies de maderas no tradicionales. ciid. Lima. 23 pp.
- TRUJILLO, F. (1985). Durabilidad natural de ocho especies forestales del Perú. Medio nutritivo natural. Tesis, para optar el título de Ing. Forestal unalm fcf. 132 pp.
- TRUJILLO, F. (1992). Índice de resistencia de la madera de cinco especies forestales a la acción de dos hongos xilófagos Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Escuela de Post Grado unalm. 94 pp.
- UZCÁTEGUI, M., O. ENCINAS, A. BRICEÑO Y N. MORA (2004). Durabilidad natural de *Swietenia macrophylla* de plantaciones. Memorias IV Congreso Forestal Venezolano: Bosque Vida y Desarrollo. 65 pp.
- VÁZQUEZ, S. L. Y J. A. HONORATO (1997). Resistencia natural de la madera de cinco especies de encinos del estado de Puebla. Reporte Científico. inifap, cir-centro. Campo Experimental San Martinito, Puebla, México, 11 pp.