

Cualidades tecnológicas de uso de la madera de cinco especies forestales, basado en el conocimiento del tejido secundario de la rama, Loreto

Technological qualities of wood use of five forest species, based on knowledge of the secondary tissue branch, Loreto

Heiter Valderrama Freyre¹

Recibido: julio 2014

Aceptado: septiembre 2014

RESUMEN

Se determinó el comportamiento de la rama de cinco especies forestales del Jardín Botánico Arboretum El Huayo, ubicado en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (Ciefor) Puerto Almendra en Loreto, Perú, basado en las características anatómicas de la madera de la rama y que se relacionan con la resistencia mecánica, secado, preservado, trabajabilidad, durabilidad natural y fabricación de pulpa para papel. La metodología para determinar el comportamiento tecnológico, basado en el conocimiento de la estructura celular de la rama, sin derribar el árbol, se fundamentó en la aplicación de la metodología propuesta por Valderrama (2008) para especies forestales de áreas naturales protegidas. Los resultados indican que todas las especies tienen regular comportamiento a la resistencia mecánica; *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. y *Cedrelinga cateniformis* Ducke, son las que tienen mejor comportamiento al secado y preservado, califican de regular a bueno; *A. triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg., destaca por su buen comportamiento a la trabajabilidad y *C. cateniformis* Ducke por su durabilidad natural, calificando de bueno a regular. La mayoría de las especies forestales califican de bueno a regular comportamiento en la fabricación de pulpa para papel.

Palabras claves: tecnología y anatomía de la madera, comportamiento tecnológico, estructura anatómica del leño.

ABSTRACT

The behavior of the branch of five forest species Botanical Garden Arboretum The Huayo, located at the Center for Forestry Research and Education Puerto Almendra in Loreto, Perú, based on the anatomical characteristics of wood branch was determined and they were relate to the mechanical, dried, preserved resistance, workability and manufacturing natural durability paper pulp. The methodology for determining the technological behavior based on knowledge of the cellular structure of the branch, without knocking down the tree, was based on the application of the methodology proposed by Valderrama (2008) for forest species of protected natural areas. The results indicate that all species have regular behavior to mechanical strength; *Alchornea triplinervia* (Spreng) Müll. Arg and *Cedrelinga cateniformis* Ducke, are those best preserved by drying behavior and qualify fair to good; *A. triplinervia* (Spreng) Müll. Arg., known for its good behavior workability and *C. cateniformis* Ducke for its natural durability, grading from good to regular. Most forest species were qualifying as good to regulate behavior in the manufacture of paper pulp.

Key words: technology and wood anatomy, technological behavior, anatomical structure of the wood.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Loreto presenta un total de 36 685 191 ha de bosques naturales (62%

del país) con 2500 especies forestales, de las cuales aproximadamente el 5% cuentan con estudios tecnológicos de su madera, de estos un mínimo porcentaje se utiliza en la

¹Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Pevás 584, Iquitos, Loreto, Perú. hevalfre@yahoo.es

industria forestal. Del mismo modo, existen muchas especies que son utilizadas sin estudios tecnológicos, originando el mal uso de la madera basado en el conocimiento de sus características anatómicas y propiedades (Aróstegui, 1982). Existen diversas investigaciones sobre la influencia de la estructura anatómica en el comportamiento tecnológico de la madera: Kollman (1959), Esau (1959), Yanamoto (1974), Lluncor (1977), Fahn (1978), Paula (1980), Aróstegui (1975, 1982), Camacho y Canessa (1981), Trujillo y Gonzales (1985), Gutiérrez (1989), Valderrama (1992), entre otros autores, que hallaron características anatómicas en la madera con influencia directa o indirecta en el comportamiento durante el secado, preservado, durabilidad natural, fabricación de pulpa para papel, trabajabilidad con máquinas de carpintería, resistencia mecánica.

Valderrama (2008) validó la metodología que permite determinar el comportamiento tecnológico de la madera del fuste de especies forestales existentes en áreas naturales protegidas basado en el conocimiento de la estructura celular de la rama de 10 cm de diámetro, metodología que se utilizó en el presente proyecto de investigación. En este sentido, el conocimiento del comportamiento tecnológico de la madera basado en las características anatómicas del tejido secundario, es muy importante, toda vez que nos ayuda a tener una referencia de la forma en que la especie maderable se podría comportar tecnológicamente durante su uso.

MATERIAL Y MÉTODO

Lugar de ejecución

El estudio se realizó con especies forestales del bosque del Jardín Botánico Arboretum El Huayo (JBAH), ubicado en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (Ciefor) Puerto Almendra, de la Facultad de Ciencias

Forestales (FCF), de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), en Loreto, Perú (3°49'40" LS y 73°22'30" LO), a una altitud aproximada de 122 msnm. El área se localiza en la zona de vida bosque húmedo tropical (BHT) con precipitación media anual de 2979,3 mm, temperatura media anual de 26,4 °C y humedad relativa media anual de 82,1%. La preparación del material biológico y la determinación de las características anatómicas se realizaron en el Laboratorio de Anatomía de la Madera.

Método

Selección de árboles

Los inventarios realizados en las parcelas del JBAH, con un padrón representativo de bosque de terraza media de la cuenca baja del río Nanay, indican la presencia de una gran diversidad de especies forestales, de las que se seleccionaron cinco especies de mayor importancia ecológica y económica: *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (zancudo caspi), *Bertholletia excelsa* HBK (castaña), *Caryocar glabrum* (Aubl.) Pers. (almendro), *Cedrelinga cateniformis* Ducke (tornillo), *Chrysophyllum sanguinolentum* (Pierre) Baehni (masato caspi). (Valderrama, 1997; 1997a; 2002; 2002a).

Obtención y preparación de muestras de madera

Para la obtención de muestras de madera, se seleccionó un árbol representativo por especie, con diámetros requeridos (con ramas que reunían las características y condiciones de la investigación). De cada árbol, se recolectó al azar por lo menos 3 ramas de 10 cm de diámetro, libres de defectos físicos. De cada muestra de madera (recolectada) se elaboraron cubos de 2,5 cm de arista. Para el estudio anatómico se obtuvieron cortes histológicos de aproximadamente 4 micras de espesor, de la sección transversal, radial y tangencial de la madera, los cuales fueron

coloreados con una solución de safranina al 1% en alcohol absoluto. Para la obtención de las mediciones de vasos y fibras, se maceraron pequeñas porciones de esas muestras en una solución de 50% de ácido acético glacial, 30% de peróxido de hidrógeno y 12% de agua destilada a 55 o 60 °C, por 48 horas hasta el blanqueamiento y separación de las células entre sí. Posteriormente, la muestra se lavó y agitó en agua para la disociación de los elementos. (Loureiro y Silva, 1968; Silva, 1992; Valderrama, 1996).

Biometría de células

Las características anatómicas cuantitativas como tamaño de fibras, vasos y radios, se determinaron a partir de láminas preparadas con tejido disociado. La frecuencia de radios por milímetro lineal, diámetro tangencial de poros y frecuencia de poros por mm², se determinaron a partir de láminas con cortes histológicos. Estas mediciones se obtuvieron con el empleo de un ocular y una platina micrométrica, y para obtener valores promedios dentro del rango de confiabilidad requerida para el estudio, se hicieron 50 mediciones para cada variable (IAWA, 1964; 1989). Se calcularon los parámetros estadísticos como valor promedio, desviación estándar, coeficiente de variación. Los valores promedios del tamaño y frecuencia de vasos o poros, diámetro de puntuación intervacular, altura y frecuencia de radios, tamaño de fibras, se clasificaron de acuerdo con los rangos propuestos por Valderrama (1986).

Estudio anatómico del xilema

Las características anatómicas se determinaron de acuerdo con el esquema metodológico validado por Valderrama (2008) para especies forestales existentes en áreas naturales protegidas, en el sentido de seleccionar características anatómicas tanto cualitativas como cuantitativas del xilema de la rama de 10 cm de diámetro, que se relacionan con el secado, preservado, resistencia mecánica,

durabilidad natural, trabajabilidad y fabricación de pulpa para papel de la madera. Metodología validada para inferir el comportamiento tecnológico del fuste, basado en el conocimiento de la estructura celular de la rama, sin derribar el árbol. La descripción de estas características se hicieron de acuerdo con el procedimiento propuesto por Valderrama (1986) y obtenida a base de experiencias en laboratorios nacionales e internacionales, y cumpliendo con reglamentaciones por categorías de clasificaciones propuestas por IAWA (1964; 1989) y COPANT (1973).

- **Características cualitativas:** olor, sabor, parénquima longitudinal, platina de perforación, inclusiones orgánicas e inorgánicas, brillo, contenido en los poros, distribución de los radios, textura.
- **Características cuantitativas:** longitud de fibras, espesor de la pared celular de las fibras, diámetro total de fibras, frecuencia de radios medulares, longitud de los elementos vasculares, ancho de los radios, diámetro de poros, tamaño de la puntuación intervacular, frecuencia de poros por mm².

Con la finalidad de reforzar aspectos técnicos relacionados con el comportamiento tecnológico, se determinó la densidad básica. Del mismo modo, se determinaron los índices que están relacionados con la calidad de pulpa para papel, que son: factor Runkel, coeficiente de flexibilidad de la fibra, coeficiente de rigidez de la fibra y fracción de la pared celular de la fibra.

Análisis de las características anatómicas y su relación en el comportamiento tecnológico

Los datos obtenidos fueron analizados aplicando el conocimiento de la anatomía tecnológica, por ejemplo la presencia de parénquima axial abundante implica

facilidad en el secado y preservado, menos resistencia mecánica, baja durabilidad natural, etc. El análisis subjetivo de cada una de las características, permite determinar si esa característica está relacionada con un buen o mal comportamiento tecnológico de la madera.

Determinación del comportamiento tecnológico de la madera del fuste

Basado en la metodología propuesta por Valderrama (2008) y del análisis indicado en el ítem anterior, donde se relacionan las características anatómicas con el comportamiento tecnológico, se determinó si la madera tendría mayor o menor dificultad en cada comportamiento. Información que fue inferida a la madera del fuste de las cinco especies estudiadas. El comportamiento tecnológico

se presenta en tablas. Para ello se propuso en la metodología tres clasificaciones para el comportamiento tecnológico: bueno, regular y malo. La clasificación que tenga mayor cantidad de características define el comportamiento tecnológico.

RESULTADOS

En las tablas del 1 al 5, se consignan las clasificaciones de las características con cada comportamiento tecnológico. De acuerdo con el peso de estas características en cada clasificación, se muestra la calificación de la madera del fuste por especie. La clasificación encontrada está categorizada en maderas con comportamiento bueno, regular o malo, dependiendo del mayor peso o cantidad de características dentro de cada clasificación.

Tabla 1. Clasificación de las características anatómicas y calificación del comportamiento tecnológico de *A. triplinervia*.

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Resistencia mecánica	Bueno	Grano recto	Comportamiento regular a la resistencia mecánica
		Frecuencia de poros poco numerosa	
		Parénquima medianamente abundante	
	Regular	Longitud de fibras mediana	
		Diámetro de fibras mediano	
		Textura media	
		Longitud de vasos mediana	
		Diámetro de poros mediano	
	Malo	Espesor de pared de fibras delgado	
		Densidad básica baja	
Secado y preservado	Bueno	Olor y sabor no definidos	Comportamiento de regular a bueno al secado y preservado
		Contenido en poros ausente	
		Espesor de pared de fibras delgado	
	Regular	Radios abundantes	
		Densidad básica baja	
		Grano recto	
		Platina de perforación mediana a grande	
		Parénquima medianamente abundante	
		Brillo medio	
		Radios no estratificados	
Diámetro de fibras mediano			

Continúa...

Continúa...

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación	
Secado y preservado	Regular	Textura media	Comportamiento de regular a bueno al secado y preservado	
		Longitud de vasos mediana		
		Poros medianos		
	Malo	Puntuaciones intervasculares medianas		
		Componentes orgánicos en los radios		
		Radios muy finos		
Trabajabilidad	Bueno	Frecuencia de poros poco numerosa	Buen comportamiento a la trabajabilidad	
		Contenido en poros ausente		
		Diámetro de fibras mediano		
		Longitud de fibras mediana		
		Brillo medio		
		Grano recto		
		Textura media		
		Espesor de pared de fibras delgado		
		Longitud de vasos mediana		
		Densidad baja		
		Diámetro de poros mediano		
		Frecuencia de poros poco numerosa		
		Regular		Parénquima medianamente abundante
				Distribución de radios no estratificada
				Radios abundantes
Malo	Componentes orgánicos en los radios			
Durabilidad natural	Bueno	Frecuencia de poros poco numerosa	Comportamiento de regular a malo a la durabilidad natural	
		Parénquima medianamente abundante		
		Componentes orgánicos en los radios		
		Brillo medio		
		Regular		Diámetro de poros mediano
				Textura media
				Diámetro de poros mediano
		Malo		Olor y sabor no definidos
				Contenido en poros ausentes
				Espesor de pared de fibras delgado
Frecuencia de radios abundante				
Densidad básica baja				
Pulpa para papel	Bueno	Olor y sabor no definidos	Buen comportamiento y calidad en la fabricación de pulpa para papel	
		Contenido en poros ausente		
		Espesor de pared de fibras delgado		
		Grano recto		
		Densidad básica baja		
		Factor Runkel: bueno en pulpa para papel		
Fibras de buena calidad				

Continúa...

Continúa...

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Pulpa para papel	Regular	Brillo medio	Buen comportamiento y calidad en la fabricación de pulpa para papel
		Longitud de fibras mediana	
		Textura media	
	Malo	Fibras poco rígidas	
		Parénquima medianamente abundante	
		Componentes orgánicos en los radios	
		Poco flexible	

Tabla 2. Clasificación de las características anatómicas y calificación del comportamiento tecnológico de *B. excelsa*.

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Resistencia mecánica	Bueno	Densidad básica alta	Comportamiento regular a la resistencia mecánica
		Poros poco numerosos	
		Grano recto a entrecruzado	
	Regular	Poros de diámetro mediano	
		Fibras de longitud mediana	
		Vasos de longitud mediana	
		Textura media	
	Malo	Poros de diámetro mediano	
		Parénquima axial abundante	
		Fibras de pared celular delgada	
Secado y preservado	Bueno	Olor y sabor no definidos	Comportamiento regular al secado y preservado
		Platina de perforación simple, horizontal a oblicua	
		Parénquima axial abundante	
		Contenido de poros ausente	
		Radiostratificados	
		Fibras de pared celular delgada	
	Regular	Radiostratificados	
		Radiostratificados	
		Brillo medio	
		Vasos de longitud mediana	
		Grano recto a entrecruzado	
	Malo	Ancho de radios mediano	
		Textura media	
		Poros de diámetro mediano	
		Con componentes orgánicos y cristales	
		Densidad básica alta	
		Fibras de diámetro angosto	
		Puntuación intervascular pequeña	
		Poros poco numerosos	

Continúa...

Continúa...

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Trabajabilidad	Bueno	Contenido de poros ausente	Comportamiento de bueno a regular a la trabajabilidad
		Radiostratificados	
		Fibras de longitud mediana	
		Fibras de pared celular delgada	
		Fibras de diámetro angosto	
		Textura media	
	Regular	Poros de diámetro mediano	
		Poros poco numerosos	
		Brillo medio	
		Radiostratificados	
		Densidad básica alta	
		Grano recto a entrecruzado	
Malo	Vasos cortos		
	Parénquima axial abundante		
Durabilidad natural	Bueno	Con componentes orgánicos y cristales	Comportamiento de regular a malo a la durabilidad natural
		Fibras de diámetro angosto	
		Radiostratificados	
		Densidad básica alta	
		Poros poco numerosos	
		Brillo medio	
	Regular	Textura media	
		Poros de diámetro mediano	
		Olor y sabor no definidos	
		Parénquima axial abundante	
		Contenido de poros ausente	
		Fibras de pared celular delgada	
Pulpa para papel	Bueno	Olor y sabor no definidos	Comportamiento de bueno a regular en la fabricación y calidad de pulpa para papel
		Contenido de poros ausente	
		Fibras con pared celular delgada	
		Fibras extremadamente flexibles	
		Fibras de buena calidad	
		Factor Runkel: bueno en pulpa para papel	
	Regular	Brillo medio	
		Grano recto a entrecruzado	
		Fibras de longitud mediana	
		Fibras poco rígidas	
		Textura media	
		Parénquima axial abundante	
Malo	Con componentes orgánicos y cristales		
	Densidad básica alta		

Tabla 3. Clasificación de las características anatómicas y calificación del comportamiento tecnológico de *C. glabrum*.

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Resistencia mecánica	Bueno	Diámetro de fibras angosto	Comportamiento regular a la resistencia mecánica
		Fibras largas	
	Regular	Densidad básica media	
		Grano entrecruzado	
		Textura media	
		Poros poco numerosos	
		Vasos de longitud mediana	
		Diámetro de poros mediano	
	Malo	Parénquima axial abundante	
		Fibras de pared delgada	
Secado y preservado	Bueno	Olor y sabor no definidos	Comportamiento de regular a malo al secado y preservado
		Platina de perforación simple	
		Parénquima axial abundante	
		Contenido de poros ausente	
	Regular	Fibras de pared delgada	
		Brillo medio	
		Radios no estratificados	
		Densidad básica media	
		Vasos de longitud mediana	
		Textura media	
		Puntuación intervascular mediana	
	Diámetro de poros mediano		
	Malo	Componentes orgánicos en radios	
		Fibras de diámetro angosto	
		Radios poco abundantes	
Grano entrecruzado			
Radios muy finos			
Trabajabilidad	Bueno	Poros poco numerosos	Comportamiento de bueno a regular a la trabajabilidad
		Fibras largas	
		Brillo medio	
		Radios no estratificados	
		Grano entrecruzado	
		Vasos de longitud mediana	
	Regular	Diámetro de poros mediano	

Continúa...

Continúa...

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Trabajabilidad	Malo	Parénquima axial abundante	Comportamiento de bueno a regular a la trabajabilidad
		Cristales en las células parenquimáticas	
Durabilidad natural	Bueno	Componentes orgánicos en radios	Comportamiento de regular a malo a la durabilidad natural
		Fibras de diámetro angosto	
	Regular	Brillo medio	
		Radios poco abundantes	
		Densidad básica media	
		Textura media	
		Diámetro de poros mediano	
		Poros poco numerosos	
	Malo	Olor y sabor no definidos	
		Parénquima axial abundante	
Contenido de poros ausente			
Pulpa para papel	Bueno	Fibras de pared delgada	Comportamiento bueno a regular en la fabricación de pulpa para papel
		Fibras largas	
		Fibras muy flexibles	
		Factor Runkell: buena en pulpa para papel	
		Factor Runkell: buena en pulpa para papel	
	Regular	Brillo medio	
		Densidad básica media	
		Textura media	
	Malo	Fibras poco rígidas	
		Parénquima axial abundante	
Fibras de mala calidad			
Grano entrecruzado			
		Componentes orgánicos en radios	

Tabla 4. Clasificación de las características anatómicas y calificación del comportamiento tecnológico de *C. cateniformis*.

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Resistencia mecánica	Bueno	Parénquima axial escaso	Comportamiento regular a la resistencia mecánica
		Fibras de diámetro angosto	
	Regular	Densidad básica media	
		Grano recto a entrecruzado	
		Textura gruesa	
		Pocos poros/mm ²	
		Fibras de longitud mediana	

Continúa...

Continúa...

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Resistencia mecánica	Malo	Vasos cortos	Comportamiento regular a la resistencia mecánica
		Diámetro de poros grande	
		Poros grandes	
	Bueno	Olor y sabor no definidos	
		Platina de perforación simple	
		Contenido de poros ausente	
Radios estratificados			
Fibras con pared delgada			
Secado y preservado	Regular	Diámetro de poros grande	Comportamiento de regular a bueno al secado y preservado
		Brillo medio	
		Fibras de diámetro angosto	
		Radios poco abundantes	
		Densidad básica media	
		Grano recto a entrecruzado	
	Malo	Textura media	
		Vasos cortos	
		Parénquima axial escaso	
		Componentes orgánicos en algunos vasos y radios	
		Puntuación intervascular pequeña	
Trabajabilidad	Bueno	Radios muy finos	Comportamiento de bueno a regular a la trabajabilidad
		Pocos poros/mm ²	
		Parénquima axial escaso	
		Brillo medio	
		Radios estratificados	
		Fibras angostas	
	Regular	Densidad básica media	
		Fibras de pared delgada	
		Textura media	
		Contenido de poros ausente	
		Componentes orgánicos en algunos vasos y radios	
Malo	Radios poco abundantes		
	Fibras de longitud mediana		
	Grano recto a entrecruzado		
	Vasos cortos		
Durabilidad natural	Bueno	Pocos poros/mm ²	Comportamiento bueno a regular a la durabilidad natural
		Poros de diámetro grande	
		Parénquima axial escaso	
		Componentes orgánicos en algunos vasos y radios	
		Fibras angostas	
		Radios poco abundantes	

Continúa...

Continúa...

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Durabilidad natural	Regular	Brillo medio	Comportamiento bueno a regular a la durabilidad natural
		Densidad básica media	
		Textura media	
	Malo	Olor y sabor no definidos	
		Contenido de poros ausente	
		Fibras con pared delgada	
Pulpa para papel	Bueno	Poros grandes	Comportamiento bueno a regular en la fabricación de pulpa para papel
		Olor y sabor no definidos	
		Contenido de poros ausente	
		Fibras con pared delgada	
	Regular	Parénquima axial escaso	
		Factor Runkell: buena en pulpa para papel	
		Brillo medio	
		Densidad básica media	
		Fibras de longitud mediana	
		Fibras poco rígidas	
	Malo	Grano recto a entrecruzado	
		Fibras flexibles	
Textura media			
Componentes orgánicos en algunos vasos y radios			
		Fibras de mala calidad	

Tabla 5. Clasificación de las características anatómicas y calificación del comportamiento tecnológico de *Ch. sanguinolentum*.

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Resistencia mecánica	Bueno	Fibras angostas	Comportamiento regular a la resistencia mecánica
		Parénquima axial medianamente abundante	
		Fibras de longitud mediana	
	Regular	Densidad básica media	
		Vasos de longitud mediana	
		Grano entrecruzado	
		Textura media	
	Malo	Díámetro de poros mediano	
		Fibras con pared delgada	
Secado y preservado	Bueno	Poros numerosos	Comportamiento regular al secado y preservado
		Olor y sabor no definidos	
		Platina de perforación simple	
		Contenido de poros ausente	
		Fibras de pared delgada	
		Radio abundantes	
Poros numerosos			

Continúa...

Continúa...

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Secado y preservado	Regular	Parénquima axial medianamente abundante	Comportamiento regular al secado y preservado
		Brillo medio	
		Radios no estratificados	
		Fibras angostas	
		Densidad básica media	
	Malo	Textura media	
		Vasos de longitud mediana	
		Puntuaciones intervasculares medianas	
		Diámetro de poros mediano	
		Componentes orgánicos obstruyendo	
Trabajabilidad	Bueno	Presencia de tilosis en vasos	Comportamiento regular a la trabajabilidad
		Grano entrecruzado	
		Radios muy finos	
		Brillo medio	
		Fibras con pared celular delgada	
	Regular	Textura media	
		Fibras angostas	
		Densidad básica media	
		Parénquima axial medianamente abundante	
		Contenido de poros ausente	
Malo	Fibras de longitud mediana		
	Radios no estratificados		
	Radios abundantes		
	Grano entrecruzado		
	Vasos de longitud mediana		
Durabilidad natural	Bueno	Diámetro de poros mediano	Comportamiento de regular a malo a la durabilidad natural
		Componentes orgánicos obstruyendo	
		Parénquima axial medianamente abundante	
		Brillo medio	
		Fibras angostas	
	Regular	Densidad básica media	
		Textura media	
		Diámetro de poros mediano	
		Olor y sabor no definidos	
		Contenido de poros ausente	
Malo	Fibras con pared celular delgada		
	Radios abundantes		
	Poros numerosos		
	Poros numerosos		

Continúa...

Continúa...

Comportamiento tecnológico	Clasificación	Características	Calificación
Pulpa para papel	Bueno	Olor y sabor no definidos	Comportamiento regular en la fabricación de pulpa para papel
		Contenido de poros ausente	
		Fibras con pared celular delgada	
		Factor Runkell: buena en pulpa para papel	
		Fibras flexibles	
	Regular	Parénquima axial medianamente abundante	
		Brillo medio	
		Fibras de longitud mediana	
		Densidad básica media	
		Fibras poco rígidas	
		Fibras flexibles	
	Malo	Textura media	
		Componentes orgánicos obstruyendo	
		Presencia de tilosis en vasos	
		Grano entrecruzado	
		Fibras de mala calidad	

DISCUSIÓN

A. triplinervia (zancudo caspi)

Por sus características anatómicas la resistencia mecánica es regular, toda vez que el grano recto podría ser una característica definitoria para la mayor flexibilidad durante el ensayo en flexión estática. La presencia de madera suave (densidad básica de 350 kg/m³) y espesor de la pared celular delgada, hace que esta madera tenga problemas a la resistencia a dichos esfuerzos. Por otro lado, las razones fundamentales para que esta madera tenga resistencia mecánica intermedia, se sustenta en las siguientes características: parénquima axial abundante, longitud y diámetro de fibras medianas, textura media, longitud y diámetro de vasos medianos. La densidad básica define mayoritariamente esta resistencia, toda vez que la correlación existente entre esta propiedad física con la mayoría de los

esfuerzos mecánicos es muy buena (Valderrama, 1984).

En relación con el secado y preservado de la madera, es probable que la especie tenga un comportamiento de regular a bueno. Regular por tener platina de perforación de mediana a grande, parénquima axial medianamente abundante, brillo medio, radios no estratificados, fibras de diámetro mediano, textura media, vasos de longitud mediana, poros medianos y puntuaciones intervasculares medianas, haciendo que la madera se comporte en forma regular al secado y preservado. El contenido en poros ausente, fibras de pared delgada, radios abundantes, densidad básica baja y grano recto, constituyen características favorables al secado y preservado. Del mismo modo, la presencia de componentes orgánicos en los radios, radios muy finos y frecuencia de poros poco numerosos, hacen que la migración de agua y absorción de

preservantes tenga dificultad durante ese comportamiento tecnológico.

La presencia de características como grano recto, diámetro y longitud de fibras medianas, contenido de poros ausente, textura media, densidad baja, fibras de pared delgada, entre otras características, hacen que esta madera tenga buen comportamiento en el trabajo con máquinas de carpintería. Este comportamiento se reduce con la presencia de componentes orgánicos en los radios y radios abundantes.

La durabilidad natural de la madera puesta en servicio es regular, relacionado con las siguientes características más importantes: parénquima axial medianamente abundante, componentes orgánicos en los radios, diámetro de poros medianos, poros y fibras de diámetro mediano y textura media. La densidad baja y fibras de pared delgada, nos indican que probablemente la durabilidad natural tenga problemas, por lo que con ciertas limitaciones se puede indicar que esta especie pueda tener un comportamiento de regular a malo.

Por las características anatómicas la madera de esta especie tiene buen comportamiento a la fabricación de pulpa para papel. Sin embargo, fibras poco rígidas, fibras poco flexibles, hacen que esta madera tenga problemas de pulpeo, afectando la calidad del papel.

A pesar que la madera tiene un comportamiento regular a la resistencia mecánica, de regular a bueno al secado y preservado, buen comportamiento a la trabajabilidad, no puede ser usada en estructuras de viviendas, toda vez que es atacada fácilmente por agentes biológicos; por el fuste irregular con ramificaciones que dificultan obtener trozas aprovechables, la madera de esta especie no es utilizada en la industria del aserrío. Sin

embargo, existen cualidades para el uso de la madera en palos de escoba, palos de dientes, juguetería, pulpa para papel, etc.

B. excelsa (castaña)

Por las características anatómicas la madera de esta especie tiene regular comportamiento a la resistencia mecánica, favoreciéndole la densidad básica alta y por presencia de poros poco numerosos. La presencia de parénquima axial abundante y fibras de pared celular delgada, reducen la resistencia mecánica.

El comportamiento al secado y preservado es regular, toda vez que existen limitaciones en la migración de agua durante el secado y la penetración de sustancias durante el preservado, como son: presencia de componentes orgánicos y cristales en la estructura celular, densidad básica alta, fibras de diámetro angosto, poros poco numerosos y puntuaciones intervasculares pequeñas. La presencia de parénquima axial abundante, fibras de pared delgada y radios abundantes, son características que favorecen a este comportamiento.

Por sus características anatómicas la madera de esta especie se comporta de bueno a regular durante la trabajabilidad. Favorecen a este comportamiento la presencia de radios estratificados, fibras de pared delgada, diámetro angosto y longitud mediana, textura media, poros de diámetro mediano. La presencia de parénquima axial abundante y presencia de componentes orgánicos y cristales en la estructura celular, dificultan este comportamiento.

Parénquima axial abundante, fibras de pared delgada, constituyen características que hacen que la madera tenga problemas en cuanto a la durabilidad natural. Por otro lado, la presencia de fibras angostas, radios

poco abundantes, densidad básica alta y poros poco numerosos, favorecen a dicho comportamiento. Realizando un contraste entre características favorables y desfavorables, se puede calificar a la madera con un comportamiento a la durabilidad natural de regular a malo.

Existen características en mayor proporción que hacen que la madera sea calificada de buena a regular en la fabricación de pulpa para papel, constituyéndose como características limitantes a dicho comportamiento la presencia de parénquima axial abundante, presencia de componentes orgánicos y cristales, y la densidad básica alta.

Por sus características anatómicas la madera de esta especie puede ser usada como listonería en estructuras de viviendas; con ciertas limitaciones por los defectos físicos de secado que podría presentar, se puede utilizar para pisos, y en piezas y partes de muebles.

***C. glabrum* (almendro)**

La madera de esta especie fue calificada con un comportamiento regular a la resistencia mecánica. Existen características que lo favorecen como son: diámetro de fibras angostas y fibras largas, que le permiten mayor flexibilidad. Sin embargo, la presencia de parénquima axial abundante y fibras de pared delgada, constituyen problemas para este comportamiento, por lo que su uso en estructuras sería muy limitado. La densidad básica media, grano entrecruzado, textura media, vasos con diámetro y longitud medianos, hacen que la madera tenga comportamiento regular.

En cuanto al secado y preservado la madera fue calificada con un comportamiento de regular a malo, toda vez que los componentes orgánicos en los radios, fibras

de diámetro angosto, radios poco abundantes, grano entrecruzado y fino, dificultan dichos procesos, a pesar de existir características que le favorecen como son: platina de perforación simple, parénquima axial abundante, contenido de poros ausentes y fibras con pared delgada.

Por las características que tiene la madera fue calificada con un comportamiento de bueno a regular a la trabajabilidad. Favorecen a este comportamiento la ausencia de componentes orgánicos en los poros, fibras angostas, densidad media, fibras de pared delgada, textura media, fibras largas. Existen características que descalifican este comportamiento como son: parénquima axial abundante, presencia de cristales en las células del parénquima.

Califica la madera con un comportamiento de regular a malo a la durabilidad natural, toda vez que la presencia de parénquima axial abundante, fibras de pared delgada, contenido en poros ausente en la estructura celular hacen que sea fácilmente atacada por agentes biológicos. Los componentes orgánicos en los radios y las fibras de diámetro angosto, son favorables a la mayor durabilidad natural.

La madera califica con un comportamiento de bueno a regular en la fabricación de pulpa para papel. Como indicadores negativos a este comportamiento tenemos: parénquima axial abundante, fibras de mala calidad, grano entrecruzado, componentes orgánicos en radios. Sin embargo, la presencia de fibras de pared delgada y largas, muy flexibles, etc., hacen que la madera mejore su calificación a este comportamiento.

Las características y los comportamientos tecnológicos determinados para esta especie, hacen que la madera pueda ser usada con ciertas limitaciones por su

problema de secado como interiores para viviendas, para cajonería y encofrados, partes de muebles (cajonería, patas) con limitaciones por el problema de secado y de durabilidad natural.

***C. cateniformis* (tornillo)**

Por sus características la madera de esta especie tiene regular comportamiento a la resistencia mecánica. Favorece a esto la presencia de parénquima axial escaso y fibras de diámetro angosto. Los vasos cortos, poros grandes, fibras de pared delgada, constituyen características que son limitantes para la mayor resistencia mecánica, aunándose la presencia de grano recto a entrecruzado, densidad básica media, pocos poros por mm².

Por la mayor cantidad de características anatómicas que se relacionan con el secado y preservado, la madera de esta especie fue calificada de regular a bueno, contribuyendo a este comportamiento la presencia de platina de perforación simple, contenido orgánico ausente, radios estratificados, fibras con pared delgada, poros grandes. Sin embargo, existen características anatómicas que no contribuyen en forma positiva a estos comportamientos, como son: parénquima axial escaso, componentes orgánicos en algunos vasos y radios, puntuaciones intervasculares pequeñas, radios muy finos y pocos poros por mm².

En cuanto a la trabajabilidad con máquinas de carpintería, la madera fue calificada con un comportamiento de bueno a regular, quiere decir que sus características hacen que la madera se comporte bien al cepillado, torneado, lijado, moldurado, etc.; sin embargo, los poros grandes descalifican el acabado de la madera, por lo que es necesario emplear productos sintéticos para mejorarla. La presencia de parénquima axial escaso,

radios estratificados, fibras angostas, densidad básica media, fibras de pared delgada, textura media, contribuyen para un mejor comportamiento.

La durabilidad natural de esta madera es calificada de buena a regular. Contribuyen a este comportamiento la presencia de parénquima axial escaso, componentes orgánicos en algunos vasos y radios, fibras angostas, pocos poros por mm² y radios poco abundantes. Las limitaciones de esta madera están asociadas a los poros grandes y fibras de pared delgada.

Los índices de calificación y las características anatómicas, indican que la madera se comporta de bueno a regular en la fabricación de pulpa para papel, contribuyendo la presencia de fibras de pared delgada, parénquima axial escaso; el factor Runkel lo califica como buena para pulpa y papel, fibras flexibles. Las fibras de mala calidad y los componentes orgánicos en algunos vasos y radios, son las limitantes.

Las características anatómicas que se relacionan con los diferentes comportamientos tecnológicos de esta madera, orientan el uso que se lo pueda dar en listonería para estructuras de viviendas, pisos y revestimientos, mueblería, puertas y ventanas, carrocería, etc.

***Ch. sanguinolentum* (masato caspi)**

La madera es calificada de comportamiento regular a la resistencia mecánica, contribuyendo el parénquima axial medianamente abundante, fibras de longitud mediana, densidad básica media, vasos de longitud mediana, grano entrecruzado, textura media, poros de diámetro mediano, con la limitante de tener fibras con pared delgada y poros numerosos. La presencia de fibras angostas ayuda a mejorar este comportamiento.

El comportamiento al secado y preservado es regular en esta madera; contribuyen la presencia de perforación simple, ausencia de contenido orgánico en los vasos, fibras de pared delgada, radios abundantes y poros numerosos. Contenido orgánico obstruyen perforaciones de algunos vasos, presencia de tilosis, grano entrecruzado y radios muy finos, se constituyen como problemas al secado y preservado.

La madera fue calificada como regular al comportamiento a la trabajabilidad; ayuda la presencia de fibras de pared delgada, textura media, fibras angostas, densidad básica media. La presencia de componentes orgánicos en algunas perforaciones de los vasos, presencia de tilosis y poros numerosos, originan problemas a la trabajabilidad.

En cuanto a la durabilidad natural, la madera fue calificada de regular a mala, quiere decir que en condiciones adversas de uso donde la madera está en contacto con la humedad, existirá problemas de ataques biológicos, por lo que se necesita preservarla para prolongar su vida útil. La presencia de poros numerosos, radios abundantes, fibras de pared delgada, no ayudan a una mayor durabilidad de la madera.

En relación con la fabricación de pulpa para papel, la madera fue calificada como regular para este comportamiento. Los componentes orgánicos obstruyen perforaciones en algunos vasos, presencia de tilosis, grano entrecruzado y fibras de mala calidad, no ayudan a este comportamiento.

El uso de la madera está orientado a estructuras de viviendas con ciertas limitaciones por el problema de ataques biológicos; en lo posible su uso se limita en lugares que están en contacto con la humedad; se necesita preservarla. Del mismo

modo, se lo puede usar en algunas partes de los muebles; es probable que existan defectos físicos después del secado de la madera.

CONCLUSIONES

Todas las especies tienen regular comportamiento a la resistencia mecánica, la densidad básica alta de la madera de *B. excelsa* no lo califica de resistencia buena.

A. triplinervia. y *C. cateniformis* son los que tienen mejor comportamiento al secado y preservado; califican de regular a bueno, a diferencia de *B. excelsa* y *Ch. sanguinolentum* de regular comportamiento; el peor comportamiento lo tiene *C. glabrum* que califica de regular a malo.

A. triplinervia destaca por su buen comportamiento a la trabajabilidad, en relación con las demás especies que califican de bueno a regular. *Ch. sanguinolentum* es calificada de comportamiento regular.

C. cateniformis destaca por su mejor comportamiento a la durabilidad natural, calificando de bueno a regular, a diferencia de las demás especies que califican de regular a malo.

La mayoría de las especies forestales califican de bueno a regular en la fabricación de pulpa para papel; destaca por su buen comportamiento *A. triplinervia*, y *Ch. sanguinolentum* es calificada de comportamiento regular.

La madera de *A. triplinervia* podría ser usada en palos de escoba, palos de dientes, juguetería, pulpa para papel, etc.

La madera de *B. excelsa* puede ser usada como listonería en estructuras de viviendas, con ciertas limitaciones por los defectos

físicos de secado que podría presentar se puede utilizar para pisos, y en piezas y partes de muebles.

La madera de *C. glabrum* puede ser usada con ciertas limitaciones por su problema de secado como interiores para viviendas, para cajonería y encofrados, partes de muebles (cajonería, patas) con limitaciones por el problema de secado y de durabilidad natural.

La madera de *C. cateniformis* puede ser usada como listonería para estructuras de viviendas, pisos y revestimientos, mueblería, puertas y ventanas, carrocería, etc.

La madera de *Ch. sanguinolentum* puede ser usada en estructuras de viviendas, partes de muebles, con ciertas limitaciones por el problema de ataques biológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aróstegui A. 1975. Estudio tecnológico de maderas del Perú. Zona Pucallpa. Vol. II. Normas y Métodos. Dirección General de Investigación Agraria-UNALM. Lima, Perú. 103 pp.
- Aróstegui A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de la madera peruana. Documento de trabajo n.º 2. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002. Fortalecimiento de los programas de desarrollo forestal en la Selva Central. Lima, Perú. 57 pp.
- Camacho P, Canessa E. 1981. Determinación de las características macroscópicas y microscópicas, padrones de variación de fibras de especies tropicales y su efecto en la elaboración de pulpa para papel. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 152 pp.
- Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT). 1973. Maderas. Descripción de características organolépticas, macroscópicas y microscópicas de dicotiledóneas angiospermas. Norma COPANT (30): 1-9.
- Esau F. 1959. Anatomía Vegetal. Ediciones Blume. Madrid, España. 643 pp.
- Fahn A. 1978. Anatomía Vegetal. Ediciones Omega S. A. Barcelona, España. 729 pp.
- Gutiérrez E. 1989. Clave de identificación e influencia de la estructura anatómica en las propiedades mecánicas de 14 especies forestales comerciales del Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Tesis ingeniero forestal. UNALM, Lima. 136 pp.
- International Association of Wood Anatomists (IAWA). 1964. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. *IAWA journal* Vol. 40. Fasc. 1.
- International Association of Wood Anatomists (IAWA). 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* 10(3): 219-332.
- Kollman F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tomo I. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Servicio de la Madera. Madrid, España. 675 pp.
- Loureiro AA, Silva MF da. 1968. Catálogo das madeiras da Amazônia I. Belem: SUDAM. 3-8 pp.
- Lluncor D. 1977. Relaciones entre las características de cepillado en algunas maderas de Venezuela y sus propiedades fisicomecánicas y anatómicas. Tesis M. Sc. Facultad de Ciencias Forestales.

- Universidad de los Andes. Venezuela. 90 pp.
- Paula JE. 1980. Estudos anatômicos das madeiras de *Virola sebifera* (Aubl.); *Pseudobombax tomentosum* (Mart et Zuce); *Robina visado*; o seu aproveitamento tecnológico. *Brasil Florestal* (42): 35-52.
- Silva A. 1992. Variação dimensional dos elementos xilemáticos em duas espécies madeiras da Amazônia. Manaus. *Acta Amazonica*, 22(2): 261-274.
- Trujillo T, Gonzales R. 1985. Durabilidad natural de ocho especies forestales del Perú, medio nutritivo natural. *Revista Forestal del Perú* 13(1): 63-69.
- Valderrama H. 1984. Estudio de las propiedades físicas y su variación en el tronco de la *Tachigalia longiflora* Ducke y *Sclerelobium melinonii* Harns en Puerto Almendra. Iquitos. Tesis ingeniero forestal. FIF-UNAP. Iquitos. 120 pp.
- Valderrama H. 1986. Procedimiento técnico para la descripción general, macro y microscópica de la madera. Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera. FIF-UNAP. Iquitos, Perú. 15 pp.
- Valderrama H. 1992. Influencia de la estructura anatómica en el comportamiento tecnológico de 30 especies forestales de la Amazonía peruana. Iquitos, Perú. *Conocimiento* 2 (2-3): 13-23.
- Valderrama H. 1996. Padrão de variação dos elementos fibrosos do xilema no tronco e galho de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Mimosaceae) da Amazônia. Dissertação M.Sc. INPA/UA. Manaus-AM, Brasil. 120 pp.
- Valderrama H. 1997. Aspectos fitosociológicos y ecológicos de las especies forestales de la parcela I del Arboretum Amazónico del CIEFOR Pto. Almendra. Facultad de Ingeniería Forestal, Iquitos, Perú. Boletín: Arboretum Amazónico. Serie: Fitosociología I. 35 pp.
- Valderrama H. 1997a. Aspectos fitosociológicos y ecológicos de las especies forestales de la parcela II del Arboretum Amazónico del CIEFOR Pto. Almendra. Facultad de Ingeniería Forestal, Iquitos, Perú. Boletín: Arboretum Amazónico. Serie: Fitosociología II. 35 pp.
- Valderrama H. 2002. Inventario florístico de los árboles existentes en diez parcelas del Arboretum El Huayo. Informe final. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana (BIODAMAZ). Perú-Finlandia. IIAP-UNAP. Iquitos, Perú. 250 pp.
- Valderrama H. 2002a. (documento por publicar). Especies de importancia económica y ecológica en el Jardín Botánico Arboretum El Huayo (JBAH). Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana (BIODAMAZ). Perú-Finlandia. IIAP-UNAP. Iquitos, Perú. 73 pp.
- Valderrama H. 2008. Estructura celular del xilema de la rama para establecer una metodología de caracterización tecnológica del tronco de árboles en áreas naturales protegidas. Disertación doctorado en Ciencias Ambientales. Iquitos, Perú. 158 pp.
- Yanamoto AK. 1974. Secagem da madeira. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado da Sao Paulo. Boletim Técnico. 2(01): 85-145.