

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DEL
AMBIENTE**



**“Anatomía, Propiedades Físicas y Mecánicas de *Matisia bicolor*
Ducke (Malvaceae) y *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh
(Myrtaceae) Comunidad Nativa Coriteni Tarso - Satipo”.**

TESIS

Presentada por:

Bach. AYLAS CHUQUILLANQUI, RICHARD ANTONIO.

Bach. BENDEZÚ SOTO, JUDITH OLGA.

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

**Huancayo, Perú
2008**

ASESOR:

**Ing. M.Sc. Alejandro TAQUIRE ARROYO
CIP 33756**

CO - ASESORES:

Ing. M.Sc. Moisés ACEVEDO MALLQUE

Bach. Isidora GONZALES CASIMIRO

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. M.Sc. Alejandro Taquire Arroyo, Docente principal de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente; UNCP, por asesoramiento y valioso apoyo para la ejecución de la presente tesis.
- Al Ing. M.Sc. Moisés Acevedo Mallque, Docente principal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria - La Molina, Co-asesor y por su asesoramiento en la determinación de las propiedades mecánicas.
- A la Bach. Isidora Gonzáles Casimiro, responsable del laboratorio de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, UNCP, por su apoyo y contribución en calidad de co-asesor durante la ejecución de la presente tesis.
- A los Biólogos Rocío del Pilar Rojas Gonzáles y Rodolfo Vásquez Martínez encargados del Missouri Botanical Garden, Perú; por el aporte en la identificación de las especies.

- A los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente – UNCP, nuestro reconocimiento por habernos guiado a lo largo de nuestra formación profesional.

- A los miembros de la Comunidad Nativa Coriteni Tarso - Satipo; y al Ing. Rómulo De La Cruz Muñóz; por habernos brindado las facilidades para la extracción y recolección de muestras para la realización del presente trabajo de investigación.

- A nuestros padres, familiares, amigos y colegas que nos brindaron su apoyo incondicional en la ejecución de la presente tesis.

Judith

A Dios todo poderoso por ser mi fortaleza y luz de mi camino.

A mis queridos padres Cristina y Teófilo por su cariño, comprensión y acertados consejos que me permiten alcanzar cada uno de mis objetivos.

A mi hija Daphne por ser la inspiración de mi vida.

Richard

A dios por darme vida y salud

A mis padres por el apoyo moral y educacional

A mi hija por ser el incentivo a superarme

INDICE

	PÁG.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	I
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Descripción de las especies en estudio	3
2.2. Características anatómicas	5
2.3. Propiedades físicas de la madera	30
2.4. Propiedades mecánicas de la madera	36
2.5. Variabilidad de la madera	45
2.6. Determinación de los usos de la madera	49
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Lugar de procedencia de las muestras en estudio	55
3.2. Lugar de ejecución	59
3.3. Materiales y equipos	59
3.4. Metodología	63
3.5. Diseño estadístico	64
3.6. Procedimiento	66
IV. RESULTADOS	
4.1. Descripción anatómica	80
4.2. Propiedades físicas	87
4.3. Propiedades mecánicas	91
4.4. Clasificación de propiedades físicas	101
4.5. Clasificación de propiedades mecánicas	102
V. DISCUSION	
5.1. Anatomía de la madera	104
5.2. Propiedades físicas	106

5.3. Propiedades mecánicas	107
5.4. Usos probables de la madera	109
5.5. Valoración socioeconómica	111
VI. CONCLUSIONES	112
VII. RECOMENDACIONES	116
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	118

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
1.	Flora existente en la zona	57
2.	Fauna existente en la zona	58
3.	Recolección de muestras y acondicionamiento de probetas	63
4.	Propiedades Físicas	64
5.	Propiedades Mecánicas Norma Técnica Peruana	64
6.	Número de probetas utilizadas en los ensayos físicos	73
7.	Número de probetas utilizadas en los ensayos mecánicos	79
8.	Características organolépticas	80
9.	Características macroscópicas	81
10.	Características microscópicas	82
11.	Valores estadísticos de elementos anatómicos de <i>Matisia bicolor</i>	83
12.	Valores estadísticos de elementos anatómicos de <i>Myrcianthes fragans</i>	84
13.	Clasificación de los elementos anatómicos de <i>Matisia bicolor</i>	85
14.	Clasificación de los elementos anatómicos de <i>Myrcianthes fragans</i>	86
15.	Análisis estadístico de propiedades físicas de <i>Matisia bicolor</i>	87
16.	Análisis estadístico de propiedades físicas de <i>Myrcianthes fragans</i>	89
17.	Análisis estadístico de propiedades mecánicas de <i>Matisia bicolor</i>	91

18.	Análisis estadístico de propiedades mecánicas de <i>Myrcianthes fragans</i>	93
19.	Análisis estadístico de propiedades mecánicas de <i>Matisia bicolor</i>	95
20.	Análisis estadístico de propiedades mecánicas de <i>Myrcianthes fragans</i>	98
21.	Clasificación de las propiedades físicas de <i>Matisia bicolor</i>	101
22.	Clasificación de las propiedades físicas de <i>Myrcianthes fragans</i>	101
23.	Clasificación de las propiedades mecánicas de <i>Matisia bicolor</i>	102
24.	Clasificación de las propiedades mecánicas de <i>Myrcianthes fragans</i>	102
25.	Clasificación de las propiedades mecánicas de <i>Matisia bicolor</i>	103
26.	Clasificación de las propiedades mecánicas de <i>Myrcianthes fragans</i>	103

RELACIÓN DE GRÁFICOS

Grafico	Título	Pág.
1.	Relación densidad y peso específico con el contenido de humedad de <i>Matisia bicolor</i>	88
2.	Comparación de contracciones de <i>Matisia bicolor</i>	88
3.	Relación de la densidad, peso específico con el contenido de humedad de <i>Myrcianthes fragans</i>	90
4.	Comparación de contracciones de <i>Myrcianthes fragans</i>	90
5.	Comparación de las propiedades mecánicas con respecto a su EFLP de <i>Matisia bicolor Ducke</i>	92
6.	Comparación de las propiedades mecánicas con respecto a su EFLP de <i>Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh</i>	94

7. Comparación de esfuerzos en lados y extremos de <i>Matisia</i> <i>bicolor</i>	96
8. Comparación de esfuerzos sección radial y tangencial en <i>Matisia</i> <i>bicolor</i>	97
9. Comparación de esfuerzos en lados y extremos <i>Myrcianthes</i> <i>fragans</i>	99
10. Comparación de esfuerzos sección radial y tangencial en <i>Myrcianthes fragans</i>	100

RESUMEN

El estudio fue realizado en el Laboratorio de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo y en el Laboratorio de Ensayos Mecánicos de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima. El objetivo de la investigación fue determinar las características anatómicas y las propiedades físico-mecánicas de *Matisia bicolor Ducke* (Malvaceae) y *Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh* (Myrtaceae), para que en base a ello determinar los probables usos tecnológicos de estas especies. Las normas técnicas utilizadas fueron: COPANT para los estudios anatómicos y NTP (Norma Técnica Peruana), para los ensayos físico - mecánicos. Las especies fueron obtenidas del bosque de la Comunidad Nativa Coriteni Tarso – Satipo; se seleccionaron 2 árboles al azar de *Matisia bicolor Ducke*, con diámetros normales de 98 y 105 cm., y 2 árboles de *Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh*, diámetros normales de 86 y 94 cm. Las características macroscópicas de *Matisia bicolor Ducke*, presenta textura media, grano recto, poros visibles y múltiples de 2 y 3, de forma ovalada; al nivel microscópico el parénquima posee abundantes cristales, fibras de longitud (2814 μ), diámetro (30,07 μ), espesor de pared (8,84 μ); diámetro de poros (189,321 μ), número promedio de poros por mm² (3,1); longitud de vasos (883,75 μ); radios (3,1/mm), ancho de radios (69,825 μ), y altura de radios (2117,017 μ). Los datos promedios de las propiedades físicas determinan una relación T/R (2,08), peso específico básico media (0,548), contracción volumétrica (11,971%), respecto a sus propiedades mecánicas presenta una resistencia mecánica que va de muy baja a media; los probables usos son: obras en interiores, molduras, ebanistería, y cajonería. La especie *Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh*, presenta diferencia marcada entre albura y durámen, textura fina, grano cespado, anillos de crecimiento diferenciado en bandas oscuras y veteados en arcos superpuestos; a nivel microscópico presenta un alto contenido de gomas, situado en los vasos y radios, y en menor cantidad cristales; fibras de longitud (1298,26 μ), diámetro de fibras (15,70 μ), espesor de pared (5,65 μ); diámetro de poros (80,6 μ), número promedio de poros por mm² (8,217); vasos de longitud (120,28 μ); radios (6,78/mm), ancho de radios (21,2 μ), y altura de radios (50,933 μ). Los datos promedios de las propiedades físicas determinan una relación T/R (2,336), peso específico básico muy alto (0,945), contracción volumétrica (14,697%), y una resistencia mecánica que va desde media a muy alta; los probables usos son: para construcciones pesadas en general, durmientes de ferrocarril, pisos, parquet y machihembrado, mango de herramientas, pie derechos, vigas, columnas, tijerales, postes para conducción de energía eléctrica.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales, hoy en día están siendo destruidos por diversos factores, como la agricultura migratoria, incendios forestales, tala indiscriminada, el aprovechamiento desmesurado de especies forestales valiosas, estos factores han creado tanto en el Perú como en otros países la creciente necesidad de nuevas especies que cubran los requerimientos de los mercados, más aún si estas especies son nativas.

El Perú considerado país megadiverso, en sus bosques tropicales se encuentran aproximadamente 2,500 especies forestales, de los cuales se realiza un aprovechamiento selectivo; hoy en día ha crecido la demanda de maderas tropicales, por lo tanto es indispensable realizar el estudio tecnológico de nuevas especies forestales para ofertar al mercado mundial.

En la Comunidad Nativa Coriteni Tarso - Satipo, existen plantaciones naturales que no son aprovechadas de manera adecuada, del censo

realizado en estos bosques, se identificaron especies forestales tales como *Matisia bicolor Ducke* (Malvaceae), inventariados 240 árboles, y *Myrcianthes fragans (Sw) McVaugh* (Myrtaceae), 159 árboles; debido a que no existían estudios tecnológicos de sus características anatómicas y propiedades físico – mecánicas, no era posible determinar los usos adecuados.

Para tal fin se plantearon los siguientes objetivos:

1. Determinar las características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Matisia bicolor Ducke* y *Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh*.
2. Determinar los usos probables de la madera de *Matisia bicolor Ducke* y *Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh*.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

2.1.1. Taxonomía de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh.

Reino	: Vegetal
Sub reino	: Cormofitos
División	: Espermatofita
Sub división	: Angiosperma
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Malvales
Familia	: Myrtaceae
Género	: <i>Myrcianthes</i>
Especie	: <i>fragans</i>

2.1.1.1. Nombre:

- **Nombre científico:** *Myrcianthes fragans* (Sw.)
McVaugh

- **Nombres comunes:** Capirona colorada, Cola de venado.

Manirometiki, Potsonametoki (Ashaninka)

a. Descripción de la especie:

Árbol que generalmente alcanza hasta 25 m de altura, fuste recto cilíndrico, con aletas grandes en la raíz, corteza externa de color naranja muy bajo, ritidoma caedizo dejando manchas rosáceas en la corteza, hojas simples, opuestas, alternas, ovaladas, flores blancas que se asemejan mucho a una mariposa.

2.1.2. Taxonomía de *Matisia bicolor* Ducke.

Reino : Vegetal
Sub reino : Cormofitos
División : Espermatofitas
Sub división : Angiosperma
Clase : Magnoliopsida
Orden : Malvales
Familia : Malvaceae
Género : *Matisia*
Especie : *bicolor*

2.1.2.1. Nombre:

- **Nombre científico:** *Matisia bicolor* Ducke

- **Nombres comunes:** Sapotillo, Machin zapote
Panashinte, Panashinteki (Ashaninka)

a. Descripción de la especie:

Árbol que alcanza desde los 15 m hasta los 20 m de altura, fuste recto, cilíndrico, con pequeños aletones en la raíz, hojas grandes alternas, simples, siempre verdes, fuste con ritidoma caedizo de color verde amarillento.

2.2. CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS

2.2.1. Características generales de la madera

2.2.1.1. Color

Es probable la primera característica que se percibe cuando se observa una pieza de madera. Los colores distintivos que asocian a muchas maderas resultan de los extractivos depositados durante la formación del duramen, por ello al evaluar se considera si es de albura o es de duramen. (CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

Se debe tener presente que para propósitos de identificación el color de la madera se refiere al duramen. El color de la albura es rara vez distintivo y por esto tiene poco o ningún valor en la identificación de una determinada muestra de madera. (PEREZ, 1984).

2.2.1.2. Olor

Es producido por emanaciones características al volatilizarse ciertas sustancias químicas tales como resinas, aceites y gomas que se encuentran infiltrados en la madera cuando los árboles están recién talados. Cuando la madera está en condición seca, se determinan los olores humedeciéndola. Se puede describir como distintivo y no distintivo. (CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

2.2.1.3. Anillos de crecimiento

Los anillos de crecimiento resultan de la actividad reproductiva del cambium, que se encuentra bajo la corteza. El ancho y diferenciación depende de las condiciones medio ambientales. (CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

2.2.1.4. Sabor

Dicha característica debe emplearse con cierto cuidado debido a que algunos árboles contienen sustancias tóxicas pudiendo ocasionar alergias a las personas. Se puede describir como distintivo y no distintivo. (CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

2.2.1.5. Textura

Característica dada por la distribución, proporción y tamaño de los elementos leñosos, tiene gran importancia en el acabado de la madera, debe ser observada con la ayuda de una lupa de 10 aumentos en la sección transversal, pero también podemos observarlo en la sección longitudinal de la madera.

- Textura gruesa: Elementos constituidos grandes.
- Textura Media: Elementos constituidos medianos.
- Textura fina: Elementos constituidos pequeños.

(CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000)

2.2.1.6. Grano

Característica observable en la sección radial producida por la disposición que tienen los elementos

xilemáticos longitudinales (fibrotraqueidas) respecto al eje de crecimiento del árbol; tiene gran importancia en la trabajabilidad de la madera así como en el comportamiento físico y mecánico. Puede ser:

- Grano Recto: Cuando la dirección de los elementos es sencillamente paralelo al eje de crecimiento del árbol.
- Grano Oblicuo: Cuando la dirección de los elementos leñosos forman ángulos agudos respecto al eje del árbol.
- Grano Entrecruzado: cuando los elementos leñosos se encuentran en dirección alterna u opuesta haciendo que la separación de la madera sea difícil.
- Grano Ondulado: Cuando la dirección de los elementos leñosos es ondeada y ondulada.
(CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

2.2.1.7. Albura y duramen

En muestras de madera muy jóvenes la madera completa del tallo es la encargada de la conducción de la sabia hacia la parte superior, esta madera es

llamada albura. Las células conductivas en la albura presentan cavidades abiertas capaces de acondicionarse al movimiento del fluido. Cuando el árbol llega a ser adulto el tronco se incrementa en circunferencia. En el área central del tronco, en aquella parte más cercana a la médula, las células conductivas cesan de funcionar, sirviendo como soporte estructural al árbol. Como estas células dejan de trabajar la albura es transformada en duramen. La albura viva comúnmente es de coloración clara con un matiz canela, o amarillento cercano al blanco, mientras que el duramen es de un color mas pronunciado, pudiendo ser de marrón oscuro o nogal o rojo cedro. (CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

2.2.1.8. Lustre o brillo

Característica típica de algunos grupos de especies producida por el reflejo que causan los elementos que conforman los radios cuando éstos son expuestos a la luz, por lo tanto es observable en la sección o corte radial. Se puede describir como: bajo, mediano,

moderadamente elevado o intenso. (CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

2.2.1.9. Veteado

Característica que se produce por la figura o el diseño de la veta que se origina en la superficie longitudinal pulida, debido a la disposición de los elementos constituyentes del leño especialmente las traqueidas, radios leñosos, parénquima y los anillos de crecimiento, así como también por el tamaño y la abundancia de ellos. El tipo de figura depende de la sección de corte así como del tipo de grano que presenta una madera. (CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

2.2.2. Anatomía de la madera:

El estudio de las características anatómicas, incluyendo los aspectos organolépticos, macroscópicos y microscópicos es de mucha importancia en la identificación de especies forestales y en la determinación de los probables usos industriales de cada madera. (HINOSTROZA, 1977).

La proporción de los elementos xilemáticos influye sobre las propiedades físicas, mecánicas y eléctricas; es así que las maderas que poseen mayor cantidad de fibras dentro de su estructura, indudablemente se trata de maderas de alta densidad y resistencia mecánica; contrariamente las maderas que tienen mayor proporción de parénquima y vasos amplios poseen baja densidad y resistencia mecánica.(AROSTEGUI, 1960).

Cada especie forestal está caracterizada a nivel de la organización de sus tejidos, por una estructura anatómica bien diferenciada desde el punto de vista de su geometría, composición y arreglo de sus elementos constituyentes; que permiten, además de hacer inferencias respecto a su comportamiento físico mecánico, lograr la identificación de la madera por medio de la observación microscópica a través de cortes histológicos, realizados según la dirección tangencial, radial y transversal. Por ello la gran importancia que tiene, para la caracterización de una especie forestal, una descripción de sus aspectos anatómicos que permiten clasificarla dentro de una familia dada, género y especie. (OLIVEIRA, 1988).

La madera está constituida por células de diversas formas, con paredes de espesores variados, pero siempre orientados en las direcciones ortogonales que explican su naturaleza, heterogeneidad y anisotropía (FAHN, 1978; GARCÍA, 2003).

Menciona que antes de intentar identificar una determinada muestra de madera la persona interesada debe familiarizarse con las características generales y macroscópicas que son comunes a todas las clases de madera independientemente de su origen botánico. Solamente así, será posible reconocer aquellas características que son específicas para una clase de madera dada y en consecuencia establecer su identidad botánica (CHAVESTA, 2005).

2.2.3. Descripción anatómica de las latifoliadas

A. Elementos longitudinales

a. Prosenquimatosos

Son las células originales después de su formación por las fusiformes iniciales del cambium. La modificación de las células se hace principalmente en longitud para todos los elementos longitudinales, excepto para los vasos, en los que su longitud es muy poco diferente de

las iniciales del cambium, aumentando mucho en diámetro.

• **Vasos:** La presencia de vasos en una madera es un factor indicativo de su pertenencia al grupo de las frondosas o latifoliadas. Los vasos son auténticos tubos de conducción de agua y sabia dentro del tejido vegetal, que se extienden en el sentido longitudinal del árbol, y están formados por el empalme longitudinal de células, cada una de las cuales recibe el nombre de elemento vascular.

Principalmente sufre un crecimiento en diámetro hasta varios cientos de veces el inicial, mientras que su crecimiento longitudinal es escaso. Cuando ha adquirido su dimensión máxima empieza a depositarse la pared secundaria, quedando unos puntos o zonas en las que no se forma pared, dando origen a las punteaduras. Mientras tanto, en las paredes terminales o extremos de los elementos vasculares se desarrollan las perforaciones longitudinales.

Perforaciones. Las investigaciones realizadas sobre la naturaleza de las perforaciones han permitido llegar a

la conclusión que el tipo de perforación es un indicativo del grado de evolución del vegetal. Los tipos son:

Perforaciones simples: La membrana de la punteadura se reabsorbe completamente, dejando libre el paso entre los elementos vasculares.

Perforaciones escaleriformes: La reabsorción de la membrana en la punteadura se hace en forma de ranuras dejando entre ellas unas barras que las separan entre sí.

Perforación foraminada o cribosa: La reabsorción de la membrana de la punteadura se hace en varios puntos, lo que da un aspecto de colador al tabique de separación. (GARCIA, 2003; PAUCAR, 2000).

Punteadura en paredes laterales.

En cuanto a las paredes laterales de los vasos pueden presentar punteaduras o esculturas. Las punteaduras de las paredes de los vasos son muy variables en cuanto a forma, dependiendo de las clases de células con las que se ha de efectuar la comunicación.

Se distinguen los siguientes tipos de Punteadura sobre la pared celular de los vasos:

Punteaduras alternas: Cuando se presentan en alineaciones inclinadas con respecto al eje del vaso, siendo generalmente poligonales.

Punteaduras escaleriformes: Cuando las punteaduras son lineales, con su eje perpendicular al del vaso.

Punteaduras opuestas: Dispuestas en formaciones horizontales transversales al eje del elemento vasal.

Punteaduras ornadas: Punteaduras intervasculares con proyecciones en la pared secundaria de la punteadura y/o en el borde de la abertura.

Finalmente, la pared de los vasos puede presentar engrosamientos helicoidales con carácter general en todos los vasos o únicamente en alguno de ellos. (GARCIA, 2003; PAUCAR, 2002).

Morfología de los elementos vasculares:

Puede variar desde la forma de tonel o barril a la ahusada de extremos perforados; es decir, desde dimensiones transversales del mismo orden de magnitud que las longitudinales, hasta la lineal, con una gran diferencia entre las dimensiones longitudinales, mucho más grandes que las transversales. (FAHN, 1978; GARCIA, 2003).

Distribución de los elementos vasculares:

Los vasos aparecen en la sección transversal, es decir, cortados perpendicularmente a la dirección de su eje, bajo el aspecto de un hueco, al que se denomina **poro**. En función a su distribución sobre la sección transversal, los vasos presentan la siguiente tipología:

Vasos o poros solitarios: Cuando cada vaso se encuentra solo y separado de los restantes por tejido diferente. Generalmente estos vasos son de sección redonda u ovalada, con el eje mayor en sentido radial. Al menos el 90% de los vasos deben estar aislados para poder ser considerado de este carácter en una

madera. (GARCIA, 2003; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000).

Vasos o poros múltiples radiales:

Cuando se encuentran agrupados dos o mas vasos, generalmente en sentido radial.

Los vasos intermedios presentan sus paredes tangenciales aplanadas y los extremos del grupo presentan la cara redondeada.

Vasos agrupados: En estas agrupaciones cada vaso conserva su individualidad. Dentro de este tipo de distribución se distinguen tres agrupaciones relacionadas con la disposición de los vasos. La puntiforme recibe su nombre debido a que la agrupación de los vasos se reparte de modo de pequeños grupos distribuidos puntualmente en toda la sección, y las formaciones de vasos, cuya distribución obedece a agrupaciones tangenciales y en zig – zag o flameadas.

Por último, la observación macroscópica del corte transversal de una madera frondosa con pocos aumentos (10x a 25x), hace que puedan distinguirse tres tipos de distribución de vasos:

En anillo poroso, cuando el diámetro de los vasos de primavera es marcadamente mayor a los formados en madera de verano. El anillo de crecimiento tiene una zona que aún a simple vista tiene un aspecto poroso, fácilmente observable por su diferente aspecto o colorido.

En anillo difuso, cuando el diámetro de los vasos formados en primavera sea aproximadamente igual a los formados en verano.

En anillo semiporoso, Cuando el diámetro de los vasos desde la madera formada en primavera hasta la formada en verano decrece de manera progresiva. (GARCIA, 2003).

Por otro lado, el término abundancia, se refiere al número de poros por mm^2 , interviniendo tanto a

madera de primavera como a madera de verano. Es muy variable en las diferentes especies y por tal razón en las claves de identificación se fijan umbrales que sean determinantes para el análisis. (PEREZ, 1984).

Se clasifican en:

➤ **Tamaño y diámetro de los poros (micras)**

Muy pequeños	Menos de 50 μ
Pequeños	De 51 a 100 μ
Medianos	De 101 a 200 μ
Grandes	De 201 a 300 μ
Muy grande	Más de 300 μ

➤ **Cantidad de poros por milímetro cuadrado**

Raro	De 2 a 10 por mm^2
Medianamente numeroso	De 11 a 20 por mm^2
Numeroso	De 21 a 50 por mm^2
Excesivamente numeroso	Más de 50 por mm^2

➤ **Longitud de segmentos de vasos:**

Cortos	Menos de 350 μ
Medianos	De 351 a 800 μ

Largos	De 801 a 1200 μ
Muy largos	Más de 1200 μ

➤ **Ancho de vaso:**

Fino	De 50 a 100 μ
Mediano	De 101 a 200 μ
Grueso	De 201 a 300 μ

(COPANT, 1974)

Particularidades anatómicas:

Los vasos en ocasiones tienen obstruido el lumen del elemento vascular debido a la penetración de las células que los rodean, a través de las aberturas de las punteaduras. Esto se explica por diferencia de presión existente entre la célula viva del parénquima, que se encuentra en estado de turgencia y el segmento vascular ya muerto, que ha cesado o está a punto de cesar en sus funciones conductoras. (GARCIA, 2003).

• **Traqueidas vasicéntricas.** Son células no perforadas con punteaduras rebordeadas. Pues bien, su morfología es diferente de las traqueidas vasculares. Generalmente son muy abundantes en maderas de

anillo poroso, en las proximidades de los vasos de primavera. Muchas veces están asociadas con el parénquima longitudinal, del que se diferencia fácilmente por sus punteaduras. La transición de este tejido al fibroso se efectúa de forma continua. No forman alineaciones en series longitudinales.

• **Fibrotraqueidas:** Se presentan ya con los caracteres comunes a fibras y a traqueidas, es decir, son células muy alargadas cuyo crecimiento longitudinal alcanza valores muy elevados. Sus paredes son gruesas, su luz pequeña, sus extremos apuntados y las paredes tienen, al igual que las traqueidas, punteaduras areoladas, aunque muy pequeñas. La principal diferencia con los otros tipos de traqueidas es su mayor longitud, sus paredes gruesas y su pequeño diámetro.

Las fibrotraqueidas sufren en las frondosas diversas modificaciones; unas veces aparecen tabiques transversales que dividen la fibrotraqueida, dando lugar a las **fibrotraqueidas septadas**, y otras, sus paredes tienen **engrosamiento helicoidal**.

• **Fibras libriformes.** Las fibrotraqueidas junto con las fibras libriformes constituyen el tejido fibroso de las maderas frondosas. Las fibras libriformes constituyen por excelencia los elementos de sostén, por lo que su principal función es de resistencia mecánica. Las fibras libriformes se diferencian de las fibrotraqueidas en que presentan punteaduras simples frente a las areoladas de éstas. (FAHN, 1978; GARCIA, 2003)

Estas constituyen el 50% o más del volumen de una madera dada, las variaciones en la cantidad y calidad del tejido fibroso tiene un profundo efecto sobre la densidad de la madera, resistencia, características de contracción y otros factores que afectan la utilización de la madera. (PEREZ, 1984). Se clasifican en:

➤ **Longitud de fibra:**

Cortos	Menos de 900 μ
Medianas	De 901 a 1600 μ
Largas	De 1601 a 2000 μ
Muy largas	Más de 2000 μ

➤ **Clasificación de Fibras según se diámetro total:**

Muy pequeños	Menos de 15 μ
Pequeños	De 16 a 20 μ
Medianos	De 21 a 20 μ
Grandes	De 26 a 30 μ
Muy grande	Más de 31 μ

(COPANT, 1974)

b. Parenquimatosos:

Se entiende por parénquima leñoso el conjunto de células parenquimatosas que se encuentran presentes en la madera. A diferencia de los tejidos prosenquimatosos, que tienen como función principal la de ser tejidos de resistencia y conducción. Por lo general, son células relativamente cortas, que conservan su vitalidad durante un tiempo mucho mayor que las de los tejidos prosenquimatosos, y además, aún cuando se presentan excepciones, tienen punteaduras simples. (GARCIA, 2003).

Distribución del parénquima longitudinal:

Teniendo en cuenta las distintas formas de presentarse en la sección transversal, se distinguen las siguientes distribuciones:

- **Apotraqueal:** Parénquima que no se encuentra asociado ni a vasos ni a traqueidas vasculares.

Dentro de esta clase se encuentran los siguientes:

Difuso: Las células parenquimatosas se encuentran repartidas de manera dispersa por el tejido fibroso.

Concéntrico: Las células parenquimatosas se encuentran distribuidas formando grupos paralelos a los anillos de crecimiento.

- **Paratraqueal:** El parénquima leñoso se encuentra asociado a los vasos y / o a las traqueidas vasculares. Dentro de esta clase se encuentran los siguientes tipos:

Escaso: Se presenta en forma de células aisladas junto a los vasos.

Unilaterales. El parénquima forma capas, vinculándose a una región del vaso.

Vasicéntrico: Se presenta formando un halo alrededor del vaso. (CHAVESTA, 2005; GARCIA, 2003).

B. Elementos transversales:

a. Parenquimatosos.

• **Radios leñosos.** Son tejidos que se extienden transversalmente al eje del árbol. Se originan a partir de las células iniciales radiales del cambium, cuya forma es completamente distinta de las fusiformes. Son una estructura típica del crecimiento secundario. Se extienden a todo lo largo del leño, terminando en el tejido primario penetrando algunos en la médula, recibiendo entonces el nombre de radios primarios.

Por la dirección radial que siguen los radios, se van separando, cada vez más, unos de otros. Cuando la distancia entre dos de ellos es muy grande, aparece otro intermedio, conservándose la distancia interradial aproximadamente constante.

Las dimensiones de los radios leñosos son muy variables, principalmente en altura y anchura. Su

longitud es indeterminada y se extienden en el sentido radial del tronco a medida que se produce el crecimiento del diámetro. En cuanto a su anchura pueden presentarse:

Radios uniseriados: Constituidos por una sola línea de células.

Radios multiseriados: Constituidos por varias líneas de células. Estos son los más frecuentes en las frondosas.

La forma de los radios vistos en la sección tangencial es ahusada con sus extremos generalmente rematados por una sola línea de células. Su altura, de la misma manera que la anchura, es muy variable.

En cuanto a su composición, la madera de frondosas presenta dos tipos de células parenquimatosas; unas alargadas colocadas en posición horizontal, es decir, con su eje mayor horizontal, que reciben el nombre de **células procumbentes**, y otras que tienen su eje

mayor en sentido vertical, recibe el nombre de **células erectas**.

Los radios leñosos se clasifican en:

- Homogéneos:

Radios uniseriados: Compuestos únicamente de células procumbentes, en una sola alineación.

Radios multiseriados: Compuestos únicamente de células procumbentes, en varias alineaciones.

- Heterogéneos:

Radios uniseriados: Compuestos por células procumbentes y erectas marginales, en una alineación.

Radios no exclusivamente uniseriados: La madera presenta en su estructura simultáneamente radios uniseriados y multiseriados. (GARCIA, 2003).

Una de las clasificaciones que se toma en cuenta para fines de estudio anatómico de la madera es la siguiente:

➤ **Altura del radio**

Muy cortos	De 50 a 100 μ
Cortos	De 101 a 300 μ
Medianos	De 301 a 500 μ
Largos	De 501 a 1000 μ
Muy largos	Más de 1000 μ

➤ **Espesor del radio**

Extremadamente finos	Hasta 15 μ
Muy finos	De 16 a 30 μ
Finos	De 31 a 50 μ
Medianamente anchos	De 51 a 100 μ
Anchos	De 101 a 200 μ
Extremadamente anchos	Más de 200 μ

➤ **Número de radios por milímetro**

Poco numeroso	De 2 a 4 por mm
Medianamente numeroso	De 5 a 7 por mm
Numeroso	De 8 a 10 por mm
Bien numeroso	Más de 10 por mm

(COPANT, 1974).

b. Otras estructuras anatómicas de maderas de frondosas.

• Células de aceites

Presentes en los elementos longitudinales y transversales. Las células de aceites suelen presentarse en los extremos de los radios leñosos, diferenciándose del resto de células parenquimatosas radiales por su excepcional tamaño. (GARCIA, 2003).

• Inclusiones minerales

Cristales: Este tipo de inclusiones son más comunes en las frondosas.

Cualquier elemento del parénquima leñoso, con excepción del parénquima epitelial, puede ser cristalífero. La presencia de cristales es frecuente en el parénquima longitudinal y en el radial. Las células cristalíferas sufren generalmente un proceso de aumento de tamaño, que facilita notablemente su observación.

En cuanto a las células radiales es habitual que los cristales de oxalato cálcico se localicen en las células erectas y / o cuadradas, en las células procumbentes, en filas horizontales incluidas en las células procumbentes e incluso en las células erectas y / o cuadradas septadas.

Por otro lado en el parénquima axial, los cristales de oxalato se localizan tanto en las columnas de parénquima normal, como en las columnas de parénquima septado. (GARCIA, 2003)

2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

Las propiedades de la madera dependen del crecimiento, edad, contenido de humedad, etc. Estas propiedades son colaboradores eficaces para la identificación de las maderas.

La madera es un material anisotrópico, es decir, presenta propiedades mecánicas diferentes en direcciones diferentes. El comportamiento bajo carga de un elemento de madera es distinto del que tendría un elemento de material homogéneo e isotrópico. (JUNAC, 1980)

2.3.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de una madera influye mucho en su peso y a la vez en otras propiedades (como el peso específico y la contracción), o las propiedades mecánicas y de resistencia a agentes xilófagos. Entonces se puede decir que la madera depende proporcionalmente al contenido de humedad. (ARROYO, 1983; ESPINOZA, 1993; MIGUEL, 2000; TAQUIRE, 2000).

La madera contiene **agua de constitución**, que se encuentra como constituyente de la célula, es decir forma parte de la materia celular de la madera y que no puede ser eliminada utilizando las técnicas normales de secado; su eliminación implicaría la destrucción de la madera (combustión). **Agua de saturación o higroscópica**, Es el agua que está impregnada en la pared celular, se encuentran rellenando los espacios submicroscópicos y microscópicos, finalmente el **agua libre**, es la que se encuentra ocupando las cavidades celulares o lumen de los elementos vasculares. La cantidad de agua libre que puede contener una madera está limitada por su volumen de poros. Así mismo es variable entre una y otra especie, y aun entre las diferentes partes del mismo árbol. (ANANIAS, 1992; RIVERA, 1990).

Como la madera es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la madera, hasta conseguir un equilibrio, diciéndose que la madera está secada al aire.

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios; en la madera recién cortada oscila entre el 50 y 60 por ciento, y por inhibición puede llegar hasta el 250 y 300 por ciento. La madera secada al aire contiene del 10 al 15 por ciento de su peso de agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el tanto por ciento de humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una humedad media internacional de 15 por ciento.

A medida que una madera va perdiendo el agua libre, sin presentar en esta etapa cambios dimensionales, pero llega un momento en que comienza a registrarse esos cambios denominándose ese punto de humedad como punto de saturación de las fibras. Si la madera continua perdiendo

humedad por debajo de ese punto entonces si se registrará cambios dimensionales. (MIGUEL, 2000; PASHIN, 1980).

Determinación del Contenido de Humedad (C.H):

El contenido de humedad se determina definiendo el peso del agua presente en la madera, entre el peso seco al horno de la misma muestra y luego este cociente se multiplica por 100.

$$CH = \frac{m_h - m_0}{m_0} \times 100$$

(ANANIAS, 1992; ARROYO, 1983; MIGUEL, 2000)

Punto de Saturación de Fibras (PSF)

El punto de saturación de fibras (PSF) ha sido definido como el contenido en la cual las paredes celulares están saturadas con agua higroscópica sin agua libre en los lúmenes.

El PSF, no es igual para todas las maderas, debido a las variaciones en la composición química de ellas, pero generalmente varía entre 25% y 30% de contenido de humedad; para las maderas de bosques templados el promedio es de 28%.

Una vez que haya descendido de este punto, la madera no volverá a tomar agua libre si no es por inmersión. Este PSF es de gran importancia, ya que supone una frontera a las variaciones dimensionales, variación de resistencias, etc.; su valor varía entre 25 a 35 % (30%), pudiendo sufrir pequeñas variaciones de unas especies a otras. (TUSET; DURAN, 1990)

Estado de la Madera Según el % de Humedad.

Condición	% de Humedad	Característica
Madera empapada	Hasta 150 %	Sumergida en agua
Madera verde	Hasta 70 %	Madera en pie o cortada en monte
Madera saturada	30 %	Sin agua libre, coincide con el PSF.
Madera semi-seca	Del 23 % al 30 %	Madera aserrada
Madera comercialmente seca	Del 18 % al 23 %	Durante su estancia en el aire
Madera seca al aire	Del 13 % al 18 %	Al abrigo de la lluvia
Madera desecada (muy seca)	Menos del 13 %	Secado natural o en clima seco
Madera anhidra	0 %	En estufa a 103° C Estado inestable

Fuente: AROSTEGUI, 1990.

2.3.2. Densidad y Peso específico:

Densidad.- Es la relación que existe entre masa y volumen de un cuerpo, a un contenido de humedad dado. Se distinguen cuatro tipos de densidades:

- **Densidad verde (DV):** Relación entre el peso verde y el volumen verde.
- **Densidad seca al aire (DSA):** Relación entre el peso seco al aire y el volumen seco al aire.
- **Densidad anhidra:** Relación entre el peso seco al horno y el volumen seco al horno.
- **Densidad básica:** Relación entre el peso seco al horno y el volumen verde. (ANANIAS, 1992; JUNAC, 1980; MIGUEL, 2000).

Peso o Gravedad Específica (Pe): Es la relación entre el peso de la madera a un determinado contenido de humedad, y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera.

- **Peso específico verde:** Es la relación entre la masa anhidra y el volumen en el punto de saturación de las fibras por la densidad del agua.
- **Peso específico al aire:** Es la relación entre la masa anhidra y el volumen seco al aire por la densidad del agua.
- **Peso específico anhidro:** Es la relación entre la masa anhidra y el volumen anhidro por la densidad del agua.

- **Peso específico básico:** Es la relación entre la masa anhidra y el volumen verde por la densidad del agua. (ACEVEDO, 2003; ARROYO, 1983; JUNAC, 1980; PANSHIN, 1980)

2.3.3. Contracción

La madera cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial, no pasa del 0,8%; de 1 a 7,8%, en dirección radial, y de 5 a 11,5 %, en la tangencial. La contracción es mayor en la albura que en el corazón, originando tensiones por desecación que agrietan y alabean la madera.

La contracción tangencial y la contracción radial son las principales responsables del cambio volumétrico.

La madera como material anisotrópico desde el punto de vista de la contracción, son muy marcadas siendo mayores en la dirección tangencial que en la radial y esta su vez mayor que en la longitudinal. Después de analizar diversas bibliografías se puede decir que la contracción, es la disminución de las dimensiones de la madera por efectos del contenido de humedad. (ANANIAS, 1992; JUNAC, 1980; MIGUEL, 2000; RIOS, 1995).

2.4. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA

Explica que el interés en determinar las propiedades mecánicas se debe a los elementos de construcción, como una pieza de madera en el suelo, una puerta, una pieza de mobiliario, una viga o una columna de madera, en ellas son importantes los esfuerzos a que están sujetos en servicio. En algunas aplicaciones, la madera va a ser exigida por esfuerzos de flexión, como también a cargas dinámicas exigiéndose una buena resistencia en dureza, también la madera deberá absorber esfuerzos de cizallamiento, así sucesivamente (ARROYO, 1983; CORMA, 2005; OLIVEIRA, 1988).

Señala que para el uso de nuevas especies es necesario que se conozcan sus principales propiedades mecánicas tales como menciona (TARSICIO, 1988):

2.4.1. Flexión estática

La diferencia entre la resistencia a la tracción y a la comprensión paralela resulta en un comportamiento característico de las vigas de flexión; como la resistencia a la comprensión es menor que a la tracción, la madera falla primero en la zona de comprensión, con ello se incrementan las deformaciones en la zona comprimida, el eje neutro se desplaza hacia la zona de transición, lo que a su vez hace

aumentar rápidamente las deformaciones totales, finalmente la pieza se rompe por tracción. (ARROYO, 1983; CORMA, 2005; LEON, 2001).

a) Módulo de rotura (MOR): Es el esfuerzo mayoritario máximo provocado en una probeta de madera en el momento de su rotura.

b) Módulo de elasticidad (MOE): Es la relación entre el esfuerzo por unidad de superficie sobre la deformación por unidad de longitud, constituyendo una medida de rigidez o flexibilidad de la madera. Cuanto mas alto sea su valor mayor será su rigidez.

c) Carga en el límite proporcional: Es el valor de la carga correspondiente al límite proporcional.

La Flexión estática se determina definiendo:

Esfuerzo de las fibras al límite proporcional:

$$ELP = \frac{3P_1L}{2ah^2} = (kg/cm^2)$$

Módulo de ruptura:

$$MOR = \frac{3P_2L}{2ah^2} = (kg/cm^2)$$

Módulo de elasticidad:

$$MOE = \frac{P_1 L^3}{4 d a h^3} = (kg / cm^2)$$

Donde:

L = distancia entre apoyos o luz de la probeta (cm).

a = ancho de la probeta (cm).

h = espesor de la probeta (cm).

P₁ = carga al límite proporcional (kg).

P₂ = carga máxima o de ruptura (kg).

d = deflexión o deformación al límite proporcional (cm).

(ARROYO, 1983; CORMA, 2005; OLIVEIRA, 1988).

2.4.2. Compresión paralela

La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras esta proviene del hecho de que las fibras están orientadas en su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación de las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. Esta es la capa de mayor espesor de las fibras. La capacidad está limitada por el pandeo de las fibras mas que por su propia resistencia al aplastamiento .Cuando se trata de elementos a esa escala natural como columnas, solamente aquellas de una relación de esbeltéz (longitud/ancho) menor de 10 desarrollan toda su resistencia al esforzar la sección de su máxima capacidad. La resistencia

a la compresión paralela es aproximadamente la mitad de su resistencia a la tracción (MIGUEL, 2000). Se calcula de la siguiente manera:

Esfuerzo de las fibras al límite proporcional:

$$EFLP = \frac{P'}{A} (kg / cm^2)$$

Módulo de ruptura:

$$MOR = \frac{P}{A} (kg / cm^2)$$

Módulo de elasticidad:

$$MOE = \frac{P' \times D}{A \times Y} (kg / cm^2)$$

Donde:

A = superficie de la sección transversal de la probeta.

P = carga máxima soportada por la probeta (Kg).

P' = carga al límite proporcional.

D = distancia entre las abrazaderas del soporte del

compresómetro (15 cm).

Y = deformación al límite proporcional.

2.4.3. Compresión perpendicular

Bajo este tipo de carga las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y que tiende a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas esto permite que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguible. Al incrementarse la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo (aplastando los pequeños cilindros que se asemejan las fibras), aumentando su densidad y también su misma capacidad para resistir mayor carga.

La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional. Este varía entre $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{5}$ del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela. (ARROYO, 1983; CORMA, 2005; MIGUEL, 2000).

CALCULOS:

Esfuerzo de las fibras al límite proporcional

$$EFLP = \frac{P'}{A} (kg / cm^2)$$

Donde:

A = área comprimida por la placa metálica sobre la probeta (5cm x 5cm)

P' = carga al límite proporcional.

2.4.4. Tracción perpendicular

La resistencia a la tracción perpendicular a las fibras es aproximadamente dos veces la resistencia a la compresión paralela. La resistencia a la tracción perpendicular es afectada significativamente por la inclinación al grano. (MIGUEL, 2000).

2.4.5. Cizallamiento

Es la propiedad de un material de resistir a esfuerzos que tienden a seccionarlos en determinado plano por ejemplo en la dirección paralela a las fibras. (JUNAC, 1980).

Es la resistencia que ofrece la madera a fuerzas paralelas de sentido opuesto que tiende a causar que una porción de ella se mueva con respecto a la otra; el esfuerzo de corte es resistido básicamente por la sustancia cementante, es decir, la lignina. (ARROYO, 1983; CORMA, 2005; GUTIERREZ, 1983).

El cizallamiento se determina definiendo la carga máxima de ruptura (kg), entre el área de cizallamiento (cm²).

$$C_z = \frac{P}{A} \left(kg / cm^2 \right)$$

2.4.6. Dureza

Es la resistencia que opone la madera al desgaste, rayado, clavado, etc.; depende de la densidad, edad, estructura y si se trabaja en sentido de las fibras o perpendicular a ellas. Cuanta más vieja y dura es, mayor es la resistencia que opone. La madera de corazón tiene mayor resistencia que la de albura; la madera crecida lentamente obtiene una mayor resistencia que la madera que crece de rápidamente (PANSHIN, 1980).

La utilización de la madera para pisos y parquet. Sus valores son un índice de la mayor o menor facilidad que pueda tener una madera para el aserrado y trabajabilidad, la dureza determina la carga que resiste la madera en sus diferentes lados (ARROYO, 1983).

2.4.7. Tenacidad

Capacidad de una madera de resistir u oponerse a fuerzas externas que actúan sobre ello tendiendo a cambiar su fuerza. (MIGUEL, 2000).

2.4.8. Extracción de clavos

En este ensayo se observa la capacidad que ofrece la madera para resistir la extracción de clavos en sus diferentes cortes. (CERRON, 1983).

El comportamiento de la madera, depende de: (AROSTEGUI, 1974).

- De el tipo de carga aplicada.
- De las diferencias básicas en su organización estructural.
- De la influencia de humedad y temperatura.

Respecto al segundo punto que se refiere a la anatomía de la madera, las propiedades mecánicas se ven afectadas por el número de fibras, diámetro y espesor de sus paredes celulares, longitud y forma; el número de radios y la presencia o ausencia de ellos. (GUTIERREZ, 1983).

Entre otros factores que afectan la resistencia de la madera son los defectos de crecimiento, tales como nudos, inclinación del grano, edad, etc. Por otro lado, se puede estimar con un alto índice de confiabilidad la resistencia mecánica de una especie conociendo solamente su densidad básica, indicando

a su vez que a mayor densidad básica, mayor es la resistencia. (JUNAC, 1980).

2.5. VARIABILIDAD DE LA MADERA:

Una de las principales características de la madera es el grado de variación que se puede presentar entre árboles de una misma especie, incluso, entre partes de un mismo árbol.

En el árbol existen patrones de variación de gran importancia: El primero es la diferencia que se presenta dentro de un mismo anillo de crecimiento. El segundo se refiere a los cambios que ocurren a medida que avanzamos desde la médula hacia la corteza y el tercero es el asociado a las diferentes alturas del árbol.

El grado de variación que se presenta dentro de un mismo árbol es un elemento importante, no solo desde el punto de vista anatómico, sino que marca una diferencia en su densidad y resistencia lo cuál puede ejercer un papel importante en los aspectos relacionados con la utilización de la madera (ARROYO, 1983; LEON, 2001).

Asimismo la densidad de la madera en el mismo árbol varía de la parte central a la exterior del tronco y de la base al ápice del tronco. Sin embargo desde el punto de vista tecnológico estas características no

son de importancia superior sobre las características específicas. (HURTADO, 1990).

Otras causas de las variaciones de los valores de las propiedades físicas de la madera son:

- Heterogeneidad
- Tamaño de la muestra
- Modalidad de la realización de los ensayos
- Errores
- Selección de las muestras (HURTADO, 1990).

a. Relación entre características anatómicas y propiedades de la madera.

En algunas propiedades la variabilidad tiende a ser mayor que para otras, pero como un índice en orden de magnitud se puede asumir que el coeficiente de variación está alrededor del 20% (SCHNIEWIND, 1981).

Las fibras de las latifoliadas tienen cierta sinuosidad a consecuencia de la cual sus índices de resistencia son más altos, así como es más alta la resistencia mecánica al corte a lo largo de las fibras, así también refiere que las dimensiones de algunos elementos anatómicos también ejercen influencia sobre las

propiedades físico – mecánicas de la madera. En las especies latifoliadas el aumento de la proporción de fibras, sobre todo con paredes gruesas, conducen a incrementar las propiedades mecánicas (resistencia) (GRIGORIEV, 1985),

A mayor valor de la relación dureza sobre cizallamiento hay menor tendencia a la producción de grano velloso.

La proporción de tejido parenquimático juega un papel importante en las propiedades de resistencia mecánica tendiendo éstas últimas a disminuir a medida que aumenta la proporción total de dicho tejido. Asimismo la presencia de espacios intercelulares (conductos gomíferos) afectan también a las propiedades de resistencia mecánica (ESPINOZA, 1993).

Se estudió la variable anatómica en maderas sometidas a esfuerzos en flexión estática, encontrando valores que parecen indicar que la influencia sustancial en fallas de la madera sea a causa de la disminución de la densidad, debido principalmente al poco espesor de la pared de las fibras, y a la baja proporción de las fibras en relación al resto de elementos xilemáticos. Maderas con fibras de paredes delgadas tienden a fallar en forma violenta y repentina (GARCIA, 2003).

El peso específico está estrechamente relacionada con el espesor de las paredes celulares de las fibras y de los radios. Muchas de las propiedades físicas de las latifoliadas están relacionadas a la proporción relativa de vasos, fibras y parénquima presentes en la madera. La tendencia general es que disminuye el volumen de vasos al incrementarse el peso específico. La presencia de células vasculares de gran diámetro con fibras y parénquimas de menor diámetro, incrementan la cantidad de la pared celular y con esto aumenta el peso específico (FUJIWARA, 1992).

b. Relación entre características anatómicas y usos de la madera.

Es evidente que las características anatómicas de la madera determinan la facilidad de corte y calidad de las chapas, el secado y el tratamiento con preservantes dependen de la porosidad de la madera la cual es determinada por las características anatómicas, incluyendo las oclusiones. Es lógico que la madera densa de grano entrecruzado y con abundante parénquima radial y parénquima longitudinal dará material más fino en la producción de astillas que otras menos densas, de grano recto y con parénquimas que no constituyen importantes zonas de falla (NININ, 1993).

A mayor contenido de extractivos indica una permeabilidad más baja, debido a que los extractivos obstruyen las membranas de las

punteaduras y frecuentemente reducen el diámetro del lumen de la célula, casi todas las características de la madera tienen un efecto sobre las propiedades de la pulpa y el papel (THOMAS, 1981).

2.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DE MADERAS PARA LA DETERMINACIÓN DE SUS USOS:

- **Características físico mecánicas para parquet.**

Buena dureza, la resistencia de la madera esta íntimamente relacionada con la densidad básica por lo que esta debe ser mayor a 0.60 gr /cm^3 .

Contracción volumétrica baja o moderadamente baja: de 5% a 9%.

Buen comportamiento al secado: poca tendencia a torcerse y agrietarse (relación T/R igual o menor de 1.0 %).

Buen comportamiento al trabajo con máquinas de carpintería (grano recto, sin inclusiones).

Buena apariencia (veteado pronunciado).

- **Características físico-mecánica para durmiente**

Densidad básica mayor a 0.60 gr/cm^3

Resistencia a la compresión perpendicular igual o mayor a 60 kg/cm^2 .

Resistencia a la tenacidad mayor de 2 Kg-m .

Buen comportamiento al secado: relación T/R menor de 2.0% .

Buena durabilidad natural o por lo menos con condiciones de poder preservarse.

Bajo porcentaje de sílice.

- **Características físico-mecánicas para parihuelas.**

Densidad básica de 0.4 gr/cm^3 a 0.75 gr/cm^3

Resistencia a la flexión estática: carga de ruptura de 600 Kg/cm^2 a 1400 Kg/cm^2 .

Resistencia a la compresión perpendicular, carga de ruptura de 350 Kg /cm²a 600 Kg /cm².

Madera sin nudos: de presentarse, deberán ser vivos y fuera de la zona de clavado.

Dirección de las fibras: paralelas al eje longitudinal de la madera.

Madera sana, sin pudriciones, sin ataque de insectos, sin mancha azul y sin rajaduras.

Olor compatible con los productos a transportar.

- **Características físico-mecánicas para postes.**

Las especies apropiadas para postes de madera para líneas aéreas de conducción de energía están clasificadas en 5 grupos:

Grupo A: Maderas con un esfuerzo máximo a la flexión superior a 800 Kg /cm².

Grupo B: Maderas con un esfuerzo máximo a la flexión entre 700 Kg /cm² y 800 Kg /cm².

Grupo C: Maderas con un esfuerzo máximo a la flexión entre 600 Kg /cm² y 700 Kg /cm².

Grupo D: Maderas con un esfuerzo máximo a la flexión entre 500 Kg /cm² y 600 Kg /cm².

- **Características físico-mecánicas para construcción.**

A) Madera para construcción no estructural:

En este rubro se incluye puertas, ventanas, pisos, molduras.

Densidad al 15% según su uso:

DENSIDAD (gr/cm³)	USOS
1.12 a 0.80	Pisos (parquet-machihembrado); pisos de escaleras; elementos torneados (balaustrada – pasamanos); enchapes.
0.88 a 0.72	Puertas, ventanas, forros para cielo raso, tapa marcos, rodones, zócalos.
0.72 a 0.40	Molduras, marquesinas, puertas contra placadas, ventanas utilitarias

Debe trabajarse en condición seca, a un contenido de humedad cercano al equilibrio del medio donde va presta servicio.

Especies de alta durabilidad natural deberán ser usadas en zonas de posible presencia de humedad o en contacto con el agua.

Madera sana o libre de ataques biológicos; no debe presentar rajaduras severas ni aristas faltantes. No debe presentar nudos “muertos” o sueltos.

Los defectos de secado (grietas, arqueaduras) deben ser leves, de tal manera que puedan corregirse en la instalación con el acabado final de la pieza.

B) Madera para construcción estructural:

En este rubro se incluyen pies derechos. Columnas, vigas, tijerales, etc.

Densidad básica superior a 0.40 gr/cm^3

Debe trabajarse en condición seca a un contenido de humedad cercano al equilibrio del medio donde va prestar servicio, aún cuando las especies de mayor densidad ofrecen dificultad al clavado y labrado cuando están secas.

Resistencia a la flexión estática: modulo de ruptura mayor a 500 kg/cm².

Resistencia a la compresión paralela, resistencia máxima mayor a 240 kg/cm².

Resistencia al cizallamiento paralelo al grano mayor de 60 kg/cm²

No se permite bandas anchas de parénquima que van a estar sometidas a esfuerzos de compresión.

En general, no se permiten piezas con duramen quebradizo, fallas de compresión, médula incluida y nudos en racimo.

Debe tener alta durabilidad natural o estar adecuadamente preservado, aun cuando un diseño adecuado proteja la edificación contra agentes xilófagos. (Acevedo, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS EN ESTUDIO

Las muestras de madera para el estudio anatómico y físico - mecánico fueron obtenidas del bosque de la Comunidad Nativa Coriteni - Tarso, Distrito Río Tambo. Provincia de Satipo, parcela de corta anual 1.

Ubicación geográfica de la Comunidad Nativa Coriteni - Tarso.

Coordenadas UTM:

PUNTO	ESTE	NORTE	REFERENCIA
P1	606170	8766813	Vertiente con el Río Tambo
P2	606185	8765884	Vertiente con la Quebrada Tyontikiari
P3	606096	8765128	Vertiente con la Quebrada Tyontikiari
P4	605125	8760422	Vertiente con la Quebrada Pioteni

Accesibilidad:

Ruta Principal	Tipo	Distancia (Km)	Tiempo (horas)	Tipo de transporte
De Satipo a Puerto Ocopa	Terrestre	70	2.5	Auto
De Puerto Ocopa a CC NN Coriteni Tarso	Fluvial	35	1.5	Bote con motor fuera de borda de 40 HP
De la CC NN Coriteni Tarso a POA N°1	Terrestre	3	1.5	Caminando

Ubicación política:

Departamento : Junín
Provincia : Satipo
Distrito : Río Tambo
Cuenca : Río Tambo
Sub-cuenca : Río Tambo

Ecología:**• Zona de Vida:**

Según L R Holdridge, se encuentra dentro de tres zonas de vida, Bosque Húmedo Premontano Tropical (bh-PT), Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical (Bmh-PT) y Bosque Pluvial Premontano Tropical (bp-PT), presenta áreas con relieves muy pronunciados.

- **Clima:**

Se encuentra a una altitud entre los 315 y 920 msnm; con una precipitación anual de 2500 mm; con temperatura promedio anual de 22.0 °C. La Evapotranspiración potencial varía entre la octava (0.125) y la cuarta parte (0.25) de promedio de precipitación total por año.

- **Flora:**

Se encuentra cubierto por un bosque de composición heterogénea. Donde se encuentra especies forestales de importancia, como:

Cuadro 01: Flora existente en la zona.

Nombre Común	Nombre científico
Cachimbo	<i>Cariniana decandra</i>
Capirona	<i>Calycophyllum spruceanum</i>
Catahua	<i>Hura crepitans</i>
Cedro	<i>Cedrela sp.</i>
Cola de venado	<i>Myrcianthes fragans</i>
Congona	<i>Brosimum alicastrum</i>
Copal	<i>Dacryodes olivifera</i>
Cumala	<i>Virola sp.</i>
Lagarto caspi	<i>Calophyllum brasiliense</i>
Moena amarilla	<i>Nectandra capanahuensis</i>
Moena blanca	<i>Nectandra sp</i>
Nogal	<i>Juglans neotrópica</i>
Palo caimito	<i>Pouteria sp.</i>
Quina quina	<i>Pouteria torta</i>

Requia	<i>Guarea trichiloides</i>
Shihuahuaco	<i>Dipteryx micrantha</i>
Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>
Sapote	<i>Matisia sp.</i>
Zapotillo	<i>Matisia bicolor.</i>

Fuente: Inventario ACPC, 2007

- **Fauna:**

Cuadro 02: Fauna existente en la zona.

Nombre Común	Nombre científico
Armadillo o carachupa	<i>Chaetopractus nationi</i>
Comadreja	<i>Mustela frenata</i>
Venado	<i>Mazama sp.</i>
Añuje	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>
Majaz	<i>Agouti paca</i>
Perico verde	<i>Pyrrhura melanura</i>
Motelo	<i>Geochelone sp.</i>
Iguana verde	<i>Iguana sp.</i>
Culebra	<i>Liophis sp.</i>

Fuente: Propia.

- **Topografía**

El paisaje está caracterizado generalmente, por ser rocoso con quebradas profundas, que se presentan sucediéndose con bastante frecuencia. Sin embargo, los ríos Tambo que discurre por estas

zonas, han dado origen a algunas áreas planas y valles de cierta amplitud donde se encuentra la comunidad.

- **Hidrología**

Los ríos principales y secundarios son: río Tambo, Choreni y Coriteni; y las quebradas presentes dentro del área de aprovechamiento son: Cachingari, Chikiriari, Cotsabeni, Eriari, Inporokiari, Kiritiari, Mioncanni, Oncoriari, Openpeari y Pentaro.

3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN:

El estudio anatómico y los ensayos de las propiedades físicas se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales de la Universidad Nacional del Centro del Perú y los ensayos de las propiedades mecánicas se realizaron en el Laboratorio de Ensayos Físico-Mecánicos de la Madera, del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS:

Para recolección de muestras

- Motosierra
- Lima para motosierra
- GPS Garmin 12

- Brújula
- Cámara fotográfica
- Machetes
- Wincha de 30 m
- Cinta diamétrica
- Pintura sintética
- Tiza de cera
- Cordel
- Brocha
- Libreta de campo
- Prensa botánica
- Tijera de podar

Para la preparación de las muestras.

- Sierra circular
- Garlopa eléctrica
- Cepilladora eléctrica
- Taladro
- Motosierra

Materiales y Equipos de laboratorio.

Para el estudio Anatómico:

- Microscopio

- Micrótopo de deslizamiento vertical
- Afilador de cuchillas
- Cocina eléctrica
- Estufa eléctrica
- Regla micrométrica
- Regla graduada
- Lupa de 10 X
- Cuchilla de mano
- Placas Petri
- Vaso de precipitación de 50 ml
- Porta y cubre objetos
- Punzón metálico
- Bisturí
- Etiquetas.
- Lápiz de cera

Reactivos químicos

- Solución de alcohol de 30, 60 y 96 grados
- Solución de glicerina y alcohol en partes iguales
- Safranina
- Bálsamo de Canadá
- Agua destilada
- Xilol

Para propiedades Físicas:

- Balanza eléctrica
- Estufa eléctrica
- Micrómetro
- Vernier
- Lupa 10X
- Lápiz de cera
- Cuchilla de mano

Para propiedades Mecánicas:

- Balanza eléctrica
- Estufa eléctrica
- Micrómetro
- Lupa 10X
- Prensa universal “Tinius Olsen” y accesorios
- Lápiz de cera
- Cuchilla de mano
- Clavos
- Taladro
- Formatos correspondientes para cada ensayo

3.4. METODOLOGÍA

La metodología empleada en el estudio es descriptiva, basada en las siguientes normas:

Para el estudio Anatómico:

Para los estudios generales macroscópicos y microscópicos de las especies en estudio se realizó mediante norma COPANT.

Para las propiedades Físicas y Mecánicas:

Para la selección, colección de muestras y los estudios de las propiedades físicas y mecánicas se determinó teniendo en cuenta la Norma Técnica Peruana (NTP), quienes recomiendan realizar los ensayos en estado verde y seco al aire.

Cuadro 03: Selección, colección, y acondicionamiento de probetas para ensayos físicos y mecánicos.

SELECCIÓN, COLECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO	NORMA TÉCNICA PERUANA
Selección y colección de muestras	NTP 251.008
Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos	NTP 251.009

Fuente: Norma Técnica Peruana.

Cuadro 04: Propiedades Físicas según la Norma Técnica Peruana.

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA TÉCNICA PERUANA
Contenido de Humedad	NTP 251.010
Densidad	NTP 251.011
Contracción	NTP 251.012

Fuente: Norma Técnica Peruana.

Cuadro 05: Propiedades Mecánicas y el código respectivo según la Norma Técnica Peruana

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA TÉCNICA PERUANA
Flexión estática	NTP 251.017
Dureza	NTP 251.015
Cizallamiento	NTP 251.013
Compresión paralela a las fibras	NTP 251.014
Compresión perpendicular a las fibras	NTP 251.016
Tenacidad	NTP 251.018
Tracción perpendicular al grano	NTP 251.086
Clivaje	NTP 251.019
Extracción de clavos	NTP 251.036

Fuente: Norma Técnica Peruana.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO:

Muestreo simple al azar

Como en cualquier sistema de muestreo, el objetivo consiste en estimar alguna característica de una población sin medir todas las unidades de la población. En una muestra al azar simple de tamaño

n, se elige unidades tales que cada combinación posible de n unidades tenga la misma oportunidad de ser escogida.

Para los estudios anatómicos se tomaron dos árboles (dos repeticiones) por cada especie y 15 probetas para los estudios anatómicos por cada árbol.

Para los estudios de propiedades físico - mecánicas se tomaron dos árboles por especie, y diez probetas para cada ensayo mecánico, que sus dimensiones varían según el tipo de ensayo mecánico.

Estudio Anatómico, Físico-Mecánico:

A. Estimación de la varianza

$$\delta^2 = \sum \frac{(x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

B. Determinación del coeficiente de variación

$$CV_2 = \frac{S_2}{X} \times 100$$

C. Cálculo de la desviación estándar:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

D. Cálculo de la media o promedio

$$\bar{x} = \sum \frac{x_i}{N}$$

E. Datos del análisis estadístico

Los datos utilizados son los siguientes:

- Número total de muestras (n)
- Dato de la observación de cada muestra (X , X_i)
- Media muestral: \bar{X}
- Desviación estándar (S)

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. Fase de campo

Empleando los planos de dispersión de la parcela de corta anual 1 se ubicaron los árboles de *Matisia bicolor* Ducke y *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh al azar, los cuales deben tener un diámetro mínimo para su aprovechamiento

(DN mayores de 30 cm), según la especie. El proceso de muestreo se realizó en conformidad a la norma NTP 251.008 y las facilidades de accesibilidad a la Zona, el acondicionamiento de la madera destinada a la elaboración de probetas de ensayo se realizó según la norma NTP 251.009.

Selección y procesamiento de trozas

Para el estudio anatómico se seleccionaron dos trozas por árbol al azar (4 trozas en total por especie), las cuales se acondicionaron según NTP 251.009.

Para los ensayos físicos – mecánicos se seleccionaron dos trozas de cada árbol al azar (4 trozas en total), las cuales se acondicionaron según NTP 251.009.

Población y muestra

La población está conformado por 49 árboles de *Matisia bicolor* y 20 árboles de *Myrcianthes fragans*, que corresponde al POA 1, en un área de 100 ha. La muestra está conformada de dos árboles por especie.

3.6.2. Fase laboratorio:

3.6.2.1. Para el estudio Anatómico:

Para determinar las características macroscópicas se utilizaron rodajas de madera, describiéndose las siguientes: color, olor, transición de albura y duramen, visibilidad y número de anillos de crecimiento; muestras de xiloteca orientados en sección radial y tangencial, para describir su textura, veteado, poros, parénquima y radios. Cubos de 5 cm de lado, para determinar el tipo de grano, brillo.

Preparación de láminas histológicas

Los cubos de 2 cm de lado fueron colocados en un vaso de precipitación 50 ml y se añadió agua destilada; el ablandamiento de los cubos se realizó en baño maría por un tiempo de 30 a 40 minutos, hasta que se precipiten. Para controlar el ablandamiento de los cubos se utilizó un punzón, cuando penetra fácilmente en la madera, estando listo para realizar los cortes de láminas. Para macerar los cubos de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh se utilizó glicerol, debido a que esta madera es muy dura.

a. Corte de láminas

Las láminas se obtuvieron de los cubos ablandados, para lo cual se utilizó un micrótopo de deslizamiento vertical, el espesor de las láminas varía de 10 μ a 22 μ , para las tres secciones, luego fueron colocadas en una placa Petri con alcohol de 30°.

b. Deshidratación

Las láminas fueron colocadas en la placa Petri en alcohol de 30°, por espacio de 15 minutos, luego se eliminó el alcohol y se agregó inmediatamente alcohol de 60° dejando en reposo por 15 minutos, después se procedió de igual manera con alcohol de 96°.

c. Coloración

Después de haber eliminado el alcohol de 96° lavando con agua destilada, se agregó 5 a 6 gotas de safranina, logrando una coloración homogénea, en un tiempo promedio de 20 minutos. Luego se procedió a lavar con alcohol de

96° por dos veces consecutivas y finalmente se agregó xilol para fijar el colorante.

d. Montaje

Cada lámina se ubicó sobre un porta objeto y se procedió a darle una forma cuadrada con el bisturí. Posteriormente se realizó el montaje en el siguiente orden; transversal, radial y tangencial; luego se agregó una gota de bálsamo de Canadá para que se fije y se colocó el cubre objeto, se etiquetó y codificó.

e. Secado de láminas

Las láminas fueron secadas en la estufa eléctrica a 30° C de temperatura por espacio de 5 a 7 días.

Preparación de tejido macerado

Se astilló la madera de forma semejante a los palitos de fósforo, de aproximadamente 1,5 mm de espesor; los que fueron colocados en un frasco que contenía una solución de peróxido de hidrógeno y ácido acético (en una proporción de 2:1). Se maceró de tres a cuatro astillas por frasquito, en total cuatro frascos

por especie; el proceso de maceración duro 20 horas promedio a una temperatura de 80 °C, hasta que las astillas tomen un color blanquecino. Una vez ablandadas las astillas se lavaron de 10 a 15 veces, con agua destilada, para eliminar el olor de la solución. Luego se agregó de 5 a 6 gotas de safranina, hasta obtener una coloración homogénea, separando una parte del tejido macerado en una placa Petri, agregando a esta xilol para fijar el colorante, dejando reposar por 30 minutos; con un estilete se procedió a separar las fibras y vasos, los que fueron colocados en diferentes porta objetos, y agregando una gota de bálsamo de Canadá para fijar la muestra y cubrirlo con el cubre objeto, una vez etiquetada estas se llevaron a la estufa eléctrica para su secado por un tiempo de 5 a 7 días.

Medición de los elementos leñosos

En el microscopio se colocan las láminas de montajes permanentes, haciendo uso del ocular micrométrico y la reglilla graduada se midieron el diámetro de los poros, número de poros por milímetro cuadrado; número de radios por milímetro lineal, número de

células de los radios, altura y ancho de los radios, longitud de fibras, diámetro de fibras y lumen, espesor de pared, longitud de vasos, diámetro de vasos, los datos se multiplicaron por un factor de corrección que esta en relación con el aumento del ocular y objetivo, obteniéndose los resultados en micras (μ).

3.6.2.2. Para el Estudio Físico

Para los ensayos físicos se prepararon probetas de 3 x 3 x 10 cm, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP) 251.009, para determinar pesos: verde, seco al aire y anhidro, dimensiones longitudinal, radial, tangencial y volumétrica, estados verde, seca al aire y anhidro.

- **Contenido de Humedad, Densidad, Peso específico y Contracción:**

Se identificó y codificó las probetas, luego se procedió a medir las secciones (radial, tangencial y transversal), pesarlas en la balanza analítica, luego se determinó el volumen saturado de cada probeta por el método por inmersión, se colocó las probetas en la estufa eléctrica a una temperatura

de 80 °C a 120 °C, las pesadas se repitieron hasta conseguir un peso constante y luego proceder a medir las secciones y determinar el volumen anhidro, las mediciones se realizaron con vernier y micrómetro según la norma técnica.

Cuadro 06: Número de probetas utilizadas en los ensayos físicos.

Ensayo Físico	N° de Probetas		Norma Técnica Peruana
	<i>Matisia bicolor</i> <i>Ducke</i>	<i>Myrcianthes</i> <i>fragans McVaugh</i>	
Contenido de Humedad	30	30	251.010
Densidad	30	30	251.011
Peso específico	30	30	251.011
Contracciones	30	30	251.012

Fuente: Norma Técnica Peruana.

3.6.2.3. Estudio mecánico:

La preparación de probetas para ensayos mecánicos se realizó según la Norma Técnica Peruana 251.009, siendo estas:

Flexión estática

. Las probetas de madera de 2,5 x 2,5 x 41 cm, se ajusta a la prensa universal, se coloca la probeta en

apoyos provisto de placas de acero con rodillos, sobre la guía o base con una luz de 35 cm.

. La carga se aplica en el centro de la probeta y en la cara tangencial, con una velocidad constante de 1,3 mm (0,05 pulgadas) por minuto a través del cabezal sobre la probeta.

. La lectura de la carga – deformación, mide las deflexiones producidas en el centro de la probeta, para cada incremento de carga, hasta la falla.

. Con los datos se traza la curva carga – deformación. Se dibuja la forma de la rotura o falla de la probeta en el formato, y se corta una sección de la probeta ensayada para determinar el contenido de humedad.

Tenacidad

. Las probetas de 2 x 2 x 28 cm (sección radial y tangencial), se coloca entre dos apoyos con una luz de 24cm, y al centro se coloca un aro que transmita la energía generada por la caída del péndulo.

. Mediante tanteos previos, con probetas extras, se elige la posición del peso y el ángulo inicial, quedando regulada cuando la probeta se rompa de un solo golpe. Luego se acciona el péndulo para la ejecución del ensayo y se anota los datos y tipo de falla en el formato correspondiente. Se corta una sección de la probeta ensayada para determinar su contenido de humedad al momento del ensayo.

Compresión paralela al grano

. Las probetas de madera de 5 x 5 x 20 cm, se ajusta el compresómetro, con una distancia entre sus abrazaderas (luz) de 15 cm, y se ajusta en la prensa, aplicando la carga en la sección transversal, con una velocidad constante de 0,6 mm (0,024 pulgadas) por minuto a través del cabezal sobre la probeta.

. Lectura de la carga – deformación, la deformación para cada incremento de carga hasta la falla se anota, con estos datos se traza la curva carga - deformación. La lectura nos permite determinar el esfuerzo al límite proporcional (P'). Se corta una sección para determinar su contenido de humedad.

Compresión perpendicular al grano

- Las probetas de madera de 5 x 5 x 15 cm, se coloca en el accesorio de metal; la aplicación de la carga se efectúa sobre la base de metal, la cual actúa sobre la probeta de ensayo. Con una velocidad de ensayo constante de 0,012 pulgadas por minuto.

- La lectura de la carga deformación se anota en el formato, para cada incremento de carga, hasta que pierda la proporcionalidad entre carga y deformación. Se corta una sección de la probeta ensayada para determinar su contenido de humedad.

Dureza

. A las probetas de madera de 5 x 5 x 15 cm, se hace penetrar totalmente la semi esfera de 1,13 cm de diámetro en las seis secciones de la probeta, anotando los valores en el formato correspondiente. Aplicando la carga con una velocidad de ensayo constante de 8mm (0,24 pulgadas) por minuto. Se corta una sección de la probeta ensayada para determinar su contenido de humedad.

Cizallamiento Paralelo al grano

. Teniendo las probetas de madera de 5 x 5 x 6,3cm En corte radial y tangencial. Se coloca la probeta en el accesorio y se ajusta por medio de pernos. La carga se aplica a una velocidad constante de 0,6mm (0,024 pulgadas) por minuto hasta la ruptura de la probeta, registrando los datos en el formato correspondiente (carga máxima y forma de la ruptura). Y cortar una sección de la probeta ensayada para determinar su contenido de humedad.

Tracción perpendicular al grano

. Las probetas de madera de 5 x 5 x 6,3 cm, en sección radial y tangencial, se coloca en los accesorios correspondientes de la prensa, aplicando la carga a una velocidad constante de 2,5 mm (0,1 pulgadas) por minuto, hasta la ruptura de la probeta, registrando los datos y dibujando las falla en el formato. Se corta una sección de la probeta ensayada para determinar su contenido de humedad.

Clivaje

. Las probetas de madera de 5 x 5 x 9.5 cm, en sección radial y tangencial, se colocan en los accesorios de la prensa, aplicando la carga a una velocidad constante de 2,5 mm (0,1 pulgadas) por minuto hasta la ruptura de la probeta, registrando los datos y dibujando la falla en el formato. Se corta una sección de la probeta ensayada para determinar su contenido de humedad.

Extracción de clavos

. En las probetas de madera de 5 x 5 x 15 cm, se procede a introducir los clavos con la ayuda de una guía hasta una profundidad de 32 mm, se colocan dos clavos en la cara tangencial, dos en la cara radial y un clavo en cada sección transversal.

. Se extraen los clavos aplicando la carga a una velocidad constante de 2,5 mm (0,1 pulgadas) por minuto, registrando las cargas máximas en el formato. Se corta una sección de la probeta ensayada para determinar su contenido de humedad.

Cuadro 07: Número de probetas utilizadas en ensayos mecánicos.

Ensayo Mecánico	Nº de Probetas	Norma Técnica Peruana
Flexión estática	10	251.017
Tenacidad	10	251.018
Compresión paralela al grano	10	251.014
Compresión perpendicular al grano	10	251.016
Dureza	10	251.015
Cizallamiento Paralelo al grano	10	251.013
Tracción perpendicular al grano	10	251.086
Clivaje	10	251.019
Extracción de clavos	10	251.036

Fuente: Norma Técnica Peruana.

3.6.3. Fase gabinete:

Los datos obtenidos del estudio anatómico y de las propiedades físico mecánicas fueron procesados estadísticamente empleando el programa estadístico Excel.

IV. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

Cuadro 08: Características organolépticas

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS		<i>Matisia bicolor</i> Ducke	<i>Myrcianthes fragans</i> (Sw.) McVaugh
COLOR	Verde	Amarillo	A: pardo rojizo D: marrón rojizo
	Seco	Amarillo pálido	A: blanco amarillento D: rojizo
OLOR	Verde	Agradable	Desagradable
	Seco	Desagradable	No distintivo
SABOR	Verde	Agradable pero picante	Desagradable
	Seco	No distintivo	No distintivo
TEXTURA		Media	Fina
VETEADO		No presenta	Arcos superpuestos
LUSTRE		Medio o regular	Ausente
GRANO		Recto	Ondulado
ALBURA		No diferenciado	Cambio abrupto

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 09: Características macroscópicas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA		<i>Matisia bicolor</i> <i>Ducke</i>	<i>Myrcianthes</i> <i>fragans</i> (Sw.) <i>McVaugh</i>
POROS	Visibilidad	A simple vista	No visibles
	Forma	Ovalados	No visibles
	Agrupación	Múltiples en grupos de 2-3	No visibles
	Concentración	No cambia	No visibles
	Distribución	Difusa	No visibles
	Nº prom. / 10mm²	Pocos	No visibles
PARÉNQUIMA	Visibilidad	Visibles	No visibles
	Distribución	Parénquima paratraqueal	No visibles
	Color	Blanquecino	No visibles
RADIOS	Visibilidad	Visibles	No visibles
	Anchura	Anchos	Finos
	Nº radios / 5mm	Moderadamente pocos (25-50)	No visibles
	Altura	Más de 1mm	Más de 1mm
	Distribución	Radios no estratificados	Radios no estratificados
ANILLOS DE CRECIMIENTO	Visibilidad	Ausentes	Visibles
	Límite de anillos definido	Bandas claras Anillos regulares	Bandas oscuras Anillos irregulares
	Nº en 2.5 cm	11-13	20-25

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10: Características microscópicas

ELEMENTO XILEMÁTICO		<i>Matisia bicolor Ducke</i>	<i>Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh</i>
POROS	Forma	Ovalados	Circular
	Distribución	Difusa	Difusa
	Agrupación	Múltiples reunidos de 2 y 3	Solitarios
PLATINA DE PERFORACIÓN	Inclinación	Poco inclinada	Poco inclinada
	Tipo de perforación	Simple	Simple
PUNTUACIÓN INTERVASCULAR	Puntuación intervascular	Alterna	Alterna
	Forma de punteadura	Ovalada	Ovalada
	Apertura	Incluida	Incluida
	Engrosamiento en espiral	Presenta en el vaso y pocas fibras	No presenta
PARÉNQUIMA	Tipo	Apotraqueal en agregados. Paratraqueal vasicéntrico.	Apotraqueal en agregados
	En el corte longitudinal	Rectangular	Rectangular
RADIOS	Relación entre radios	No estratificados	No estratificado
	Presencia de células envolventes	Ausente	No presenta
	Punteadura radio vascular	Similar a la intervascular pero más grande.	Similar al intervascular pero mas pequeños
	Clase de radio	Multiseriados, heterogéneo	Multiseriado heterogéneo
FIBRAS	Forma	Libriforme (paredes gruesas)	Septada
	Disposición	No estratificado	No estratificado
	Puntuaciones en fibras	Simple	Simple
INCLUSIONES		Abundante cristales en parénquima. Tilosis	Cristales, gomas

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11: Valores estadísticos de los elementos anatómicos de *Matisia bicolor Ducke*

Variables		Promedio	Desviación estándar	Coficiente variabilidad (%)
POROS	Diámetro poros (μ)	189.321	29.743	15.710
	Poros/ mm ²	3.100	1.492	48.140
	Longitud vaso (μ)	883.75	101.42	11.48
RADIOS	Número por mm lineal	3.100	0.858	27.667
	Ancho (μ)	69.825	14.559	20.850
	Alto (μ)	2117.017	780.831	36.884
	Ancho celular	4.6	0.827	17.989
	Altura celular	107.450	25.015	23.280
FIBRAS	Longitud (μ)	2814.00	246.85	8.77
	Diámetro fibra (μ)	30.07	5.40	17.94
	Diámetro lumen (μ)	33.66	4.17	33.66
	Espesor de pared (μ)	8.84	1.61	18.18

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 12: Valores estadísticos de los elementos anatómicos de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh

Variables		Promedio	Desviación estándar	Coefficiente variabilidad (%)
POROS	Diámetro poros (μ)	80.6	12.543	15.562
	Poros/ mm ²	8.217	2.164	26.332
	Longitud vaso (μ)	120.28	25.89	21.52
RADIOS	Número por mm lineal	6.783	0.976	14.386
	Ancho (μ)	21.2	4.675	22.053
	Alto (μ)	250.933	57.169	22.782
	Ancho celular	2.7	0.743	27.531
	Altura celular	23.133	7.663	33.127
FIBRAS	Longitud (μ)	1298.26	171.32	13.20
	Diámetro fibra (μ)	15.70	2.67	17.02
	Diámetro lumen (μ)	4.40	1.20	27.33
	Espesor de pared (μ)	5.65	1.30	22.97

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13: Valores promedio y clasificación de los elementos anatómicos de *Matisia bicolor* Ducke

Variables		Promedios	Clasificación
POROS	Diámetro poros (μ)	189.321	Medianos
	Poros/ mm ²	3.100	Muy pocos
	Longitud de vaso (μ)	883.75	largos
RADIOS	Número por mm lineal	3.100	Poco numerosos
	Ancho (μ)	69.825	Medianamente anchos
	Alto (μ)	2117.017	Muy largos
	Ancho celular	4.6	Multiseriados
	Altura celular	107.450	*
FIBRAS	Longitud (μ)	2814.00	Muy largas
	Diámetro fibra (μ)	30.07	grande
	Diámetro lumen (μ)	33.66	*
	Espesor de pared (μ)	8.84	*

Fuente: Elaboración propia

* Sin clasificación.

Cuadro 14: Valores promedio y clasificación de los elementos anatómicos de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh

Variables		Promedios	Clasificación
POROS	Diámetro poros (μ)	80.6	Poros pequeños
	Poros/ mm ²	8.217	pocos
	Longitud de vaso (μ)	120.28	cortos
RADIOS	Número por mm lineal	6.783	Medianamente numerosos
	Ancho (μ)	21.2	Muy finos o estrechos
	Alto (μ)	250.933	Cortos
	Ancho celular	2.7	Multiseriados
	Altura celular	23.133	*
FIBRAS	Longitud (μ)	1298.26	Medianas
	Diámetro fibra (μ)	15.70	Pequeñas
	Diámetro lumen (μ)	4.40	*
	Espesor de pared (μ)	5.65	*

Fuente: Elaboración propia

* Sin clasificación.

4.2. PROPIEDADES FÍSICAS:

Cuadro 15: Análisis estadístico de las propiedades físicas de *Matisia bicolor* Ducke

Propiedad		Nº Prob.	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente variabilidad (%)
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		30	78.059	6.144	7.871
DENSIDAD (gr/cm³)	Verde	30	0.974	0.031	3.168
	Seca al aire	30	0.659	0.033	5.081
	Anhidra	30	0.622	0.030	4.853
PESO ESPECÍFICO	Básico	30	0.548	0.027	4.859
	Seca al aire	30	0.618	0.031	4.956
	Anhidra	30	0.622	0.030	4.853
CONTRACCIÓN (%)	LG	30	0.313	0.211	67.34
	RD	30	4.185	1.217	29.075
	TG	30	8.057	1.121	13.910
	VOL	30	11.971	1.457	12.170
	T/R	30	2.084	0.646	31.025

Fuente: Elaboración propia.

Grafico 01: Relación entre densidad y peso específico con el contenido de humedad de *Matisia bicolor* Ducke

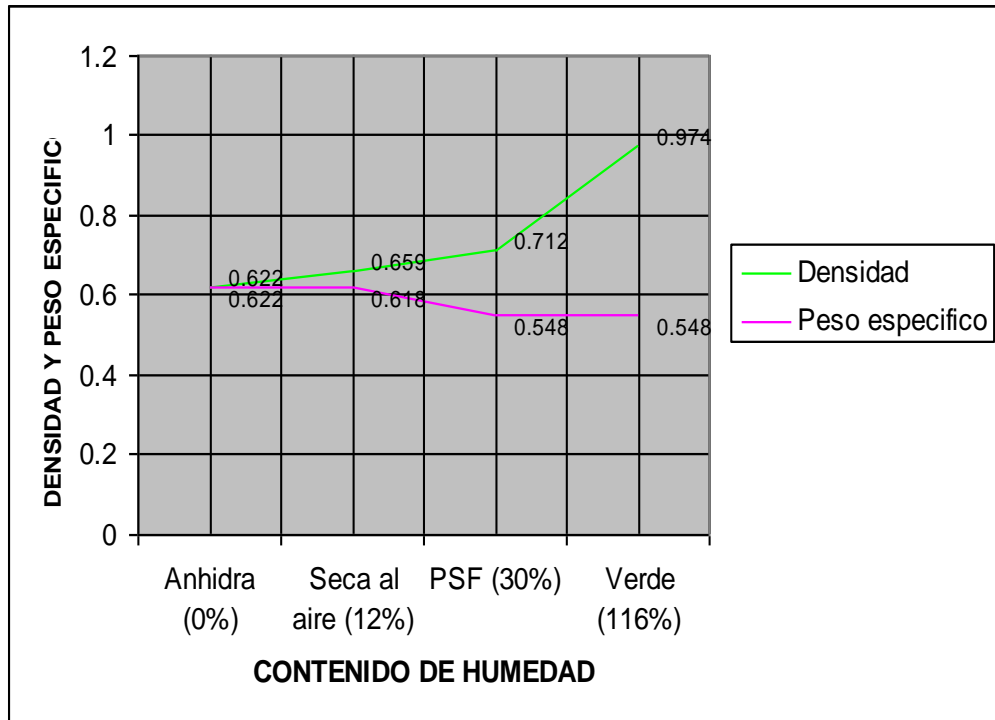
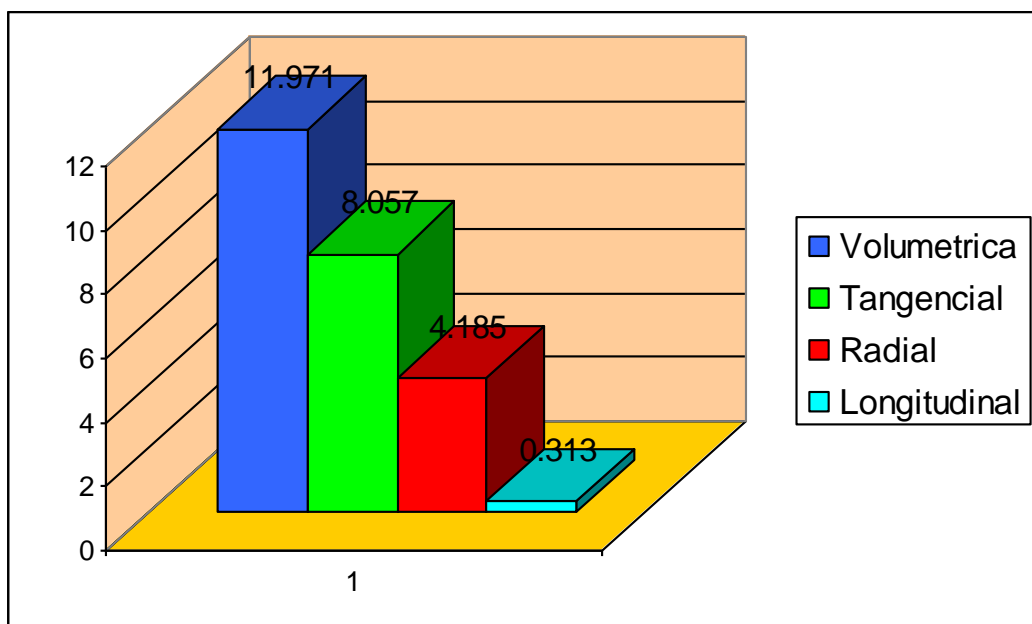


Grafico 02: Comparación de contracciones de *Matisia bicolor* Ducke



Cuadro 16: Análisis estadístico de las propiedades físicas de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh

Propiedad		Nº Prob.	Promedio	Desviación estándar	Coficiente variabilidad (%)
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		30	31.308	1.469	4.694
DENSIDAD (gr/cm³)	Verde	30	1.241	0.044	3.543
	Seca al aire	30	1.167	0.041	3.530
	Anhidra	30	1.108	0.047	4.214
PESO ESPECÍFICO	Básico	30	0.945	0.040	4.274
	Seca al aire	30	1.103	0.046	4.186
	Anhidra	30	1.108	0.047	4.214
CONTRACCIÓN (%)	LG	30	0.175	0.115	65.785
	RD	30	4.783	1.053	22.022
	TG	30	10.733	1.107	10.312
	VOL	30	14.697	1.300	8.842
	T/R	30	2.336	0.486	20.780

Fuente: Elaboración propia.

Grafico 03: Relación entre densidad y peso específico con el contenido de humedad de *Myrcianthes fragans* (Sw.)

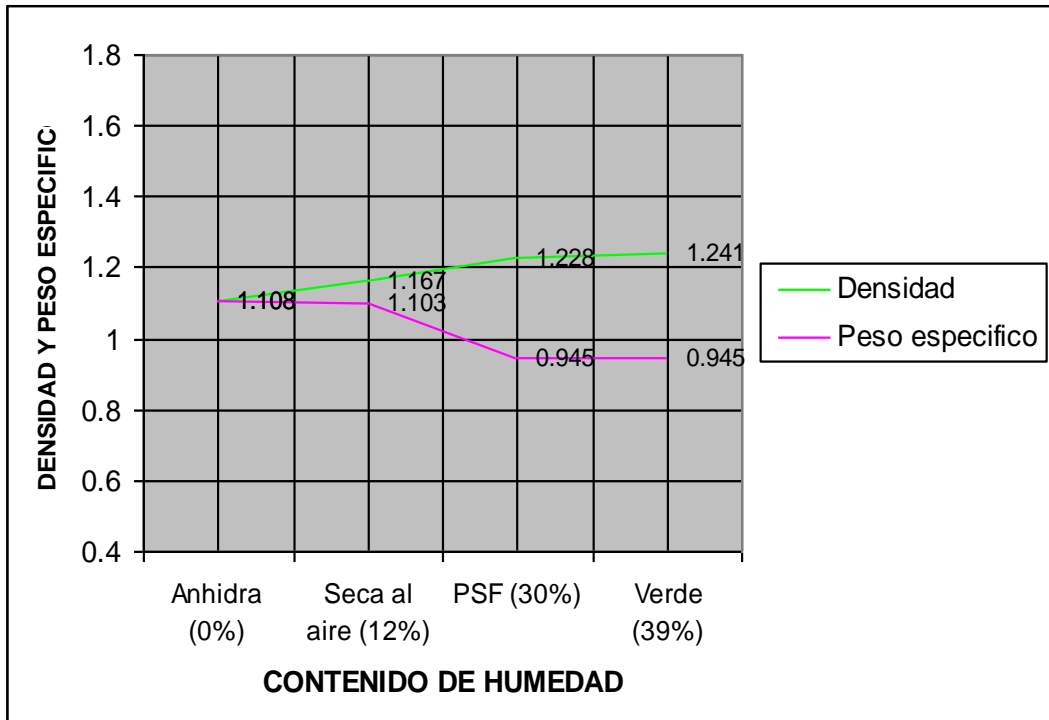
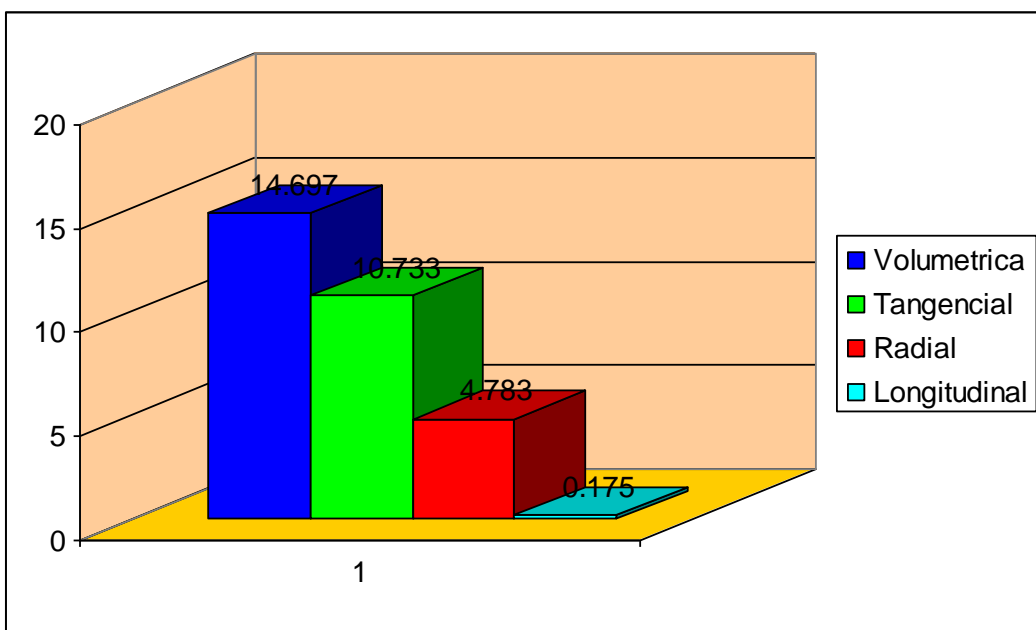


Grafico 04: Comparación de contracciones de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh



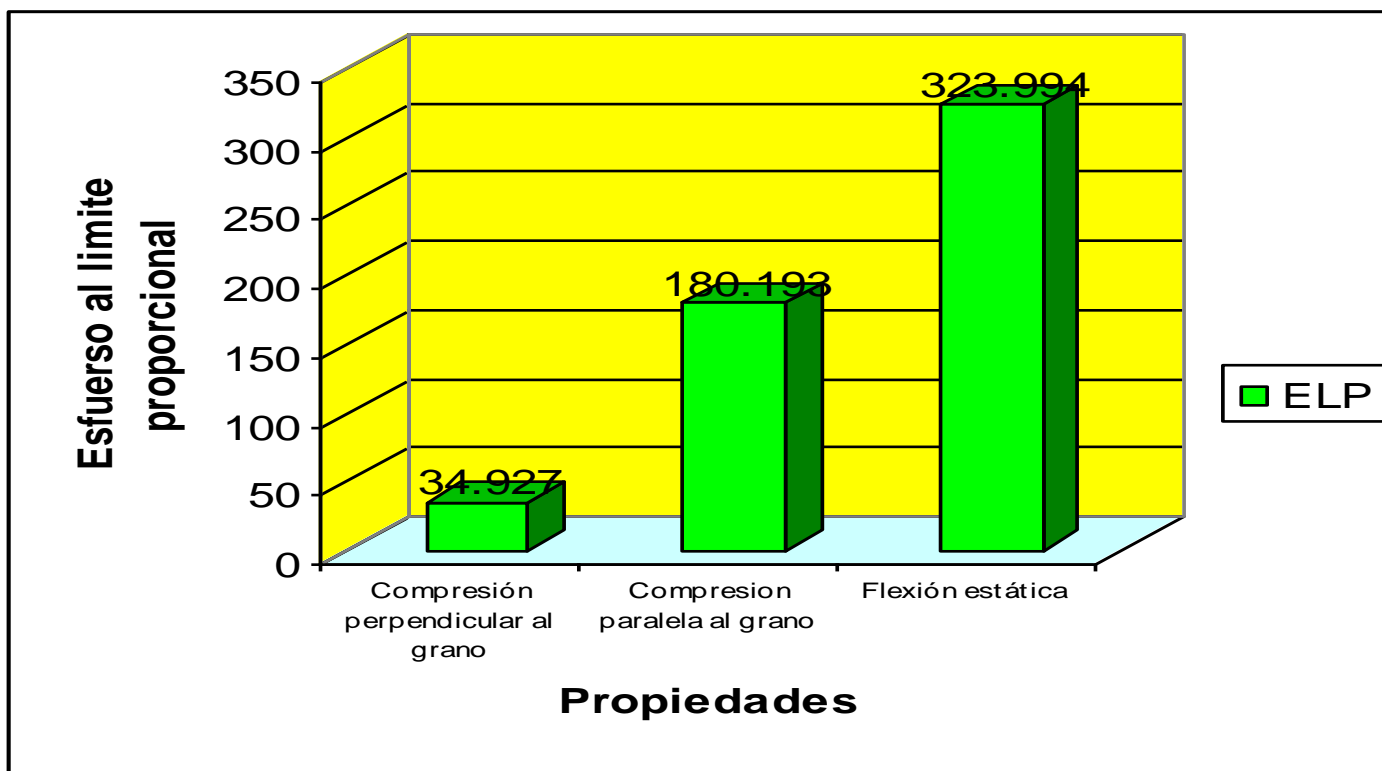
4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS:

Cuadro 17: Análisis estadístico de las propiedades mecánicas de *Matisia bicolor Ducke*

Propiedad		Nº Prob.	Promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente variabilidad (%)	Cont. de humedad %
COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO	ELP	10	34.927	3.849	11.020	15.99
	ELP	10	180.193	21.898	12.152	16.61
	MOR	10	261.559	14.367	5.493	
MOE	10	14465.673	3327.062	23.000		
FLEXIÓN ESTÁTICA	ELP	10	323.994	26.875	8.295	15.34
	MOR	10	518.224	45.892	8.856	
	MOE	10	7920.677	1313.857	16.588	

Fuente: Elaboración propia

Grafico 05: Comparación de las propiedades mecánicas con respecto a su esfuerzo de las fibras al límite proporcional de *Matisia bicolor* Ducke

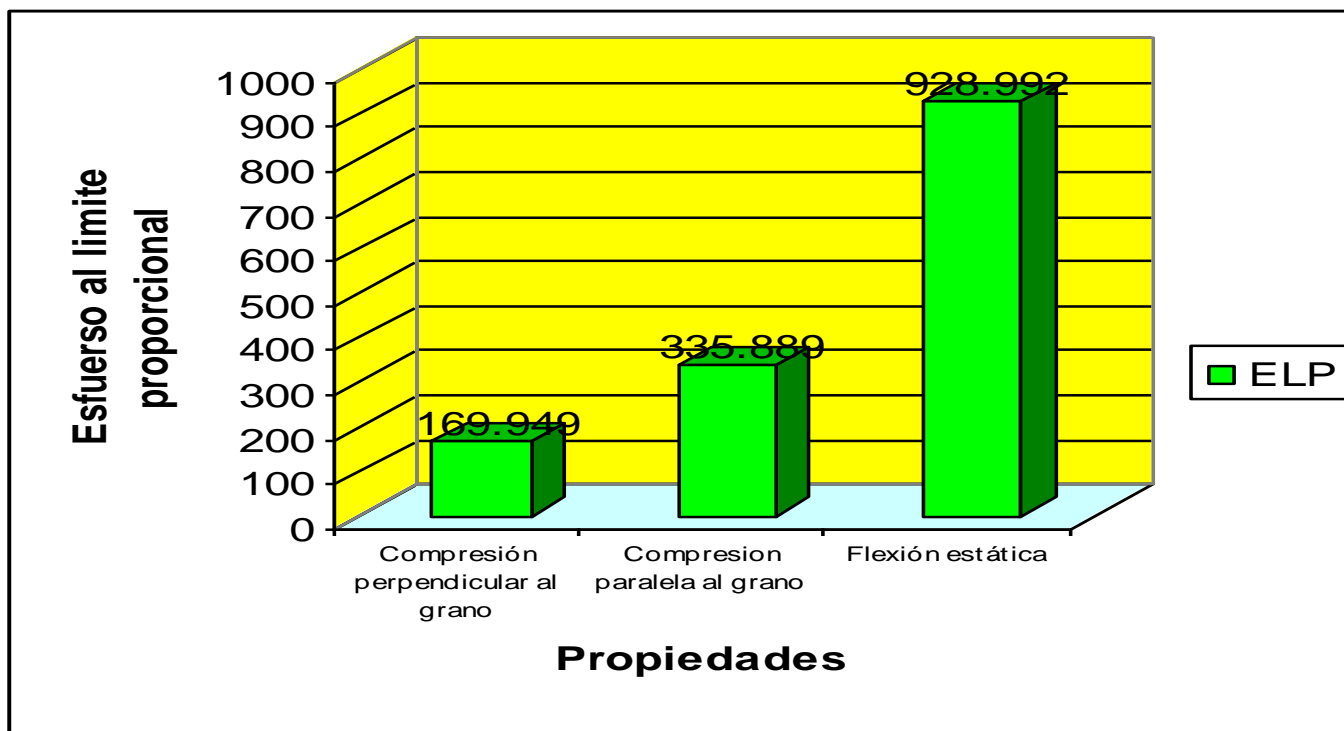


Cuadro 18: Análisis estadístico de las propiedades mecánicas de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh

Propiedad		Nº Prob.	Promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente variabilidad (%)	Cont. De humedad %
COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO	ELP	10	169.949	32.183	18.938	14.16
	ELP	10	335.889	70.822	21.085	12.41
	MOR	10	664.529	54.947	8.269	
MOE	10	17841.078	3140.712	17.604		
FLEXIÓN ESTÁTICA	ELP	10	928.992	91.000	9.796	13.60
	MOR	10	1632.426	114.018	6.985	
	MOE	10	12990.508	844.624	6.502	

Fuente: Elaboración propia

Grafico 06: Comparación de las propiedades mecánicas con respecto a su esfuerzo de las fibras al límite proporcional de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh



Cuadro 19: Análisis estadístico de las propiedades mecánicas de *Matisia bicolor* Ducke

Propiedad		Nº Prob.	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente variabilidad (%)	Cont. De humedad %	
DUREZA (kg)	Extremos	10	359.66	26.56	7.38	15.99	
	Lados	Rd	10	404.25	55.46		13.72
		Tg	10	369.37	44.81		12.13
EXTRACCIÓN DE CLAVOS (Kg)	Extremos	10	92.48	16.26	17.59	17.28	
	Lados	Rd	10	151.11	28.59		18.92
		Tg	10	89.05	24.78		27.82
TRACCIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (kg/cm ²)	Rd	10	4.60	2.79	60.72	15.09	
	Tg	10	33.11	10.44	31.53		
CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (kg/cm ²)	Rd	10	59.70	10.03	16.81	16.51	
	Tg	10	77.01	13.41	17.41		
CLIVAJE (kg/cm)	Rd	10	28.91	18.18	62.88	16.01	
	Tg	10	63.01	9.79	15.54		
TENACIDAD (kg-m)	Rd	10	1.52	0.73	47.84	13.66	
	Tg	10	1.56	0.34	21.73		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 07: Comparación de Dureza y Extracción de clavos en lados y extremos en *Matisia bicolor* Ducke

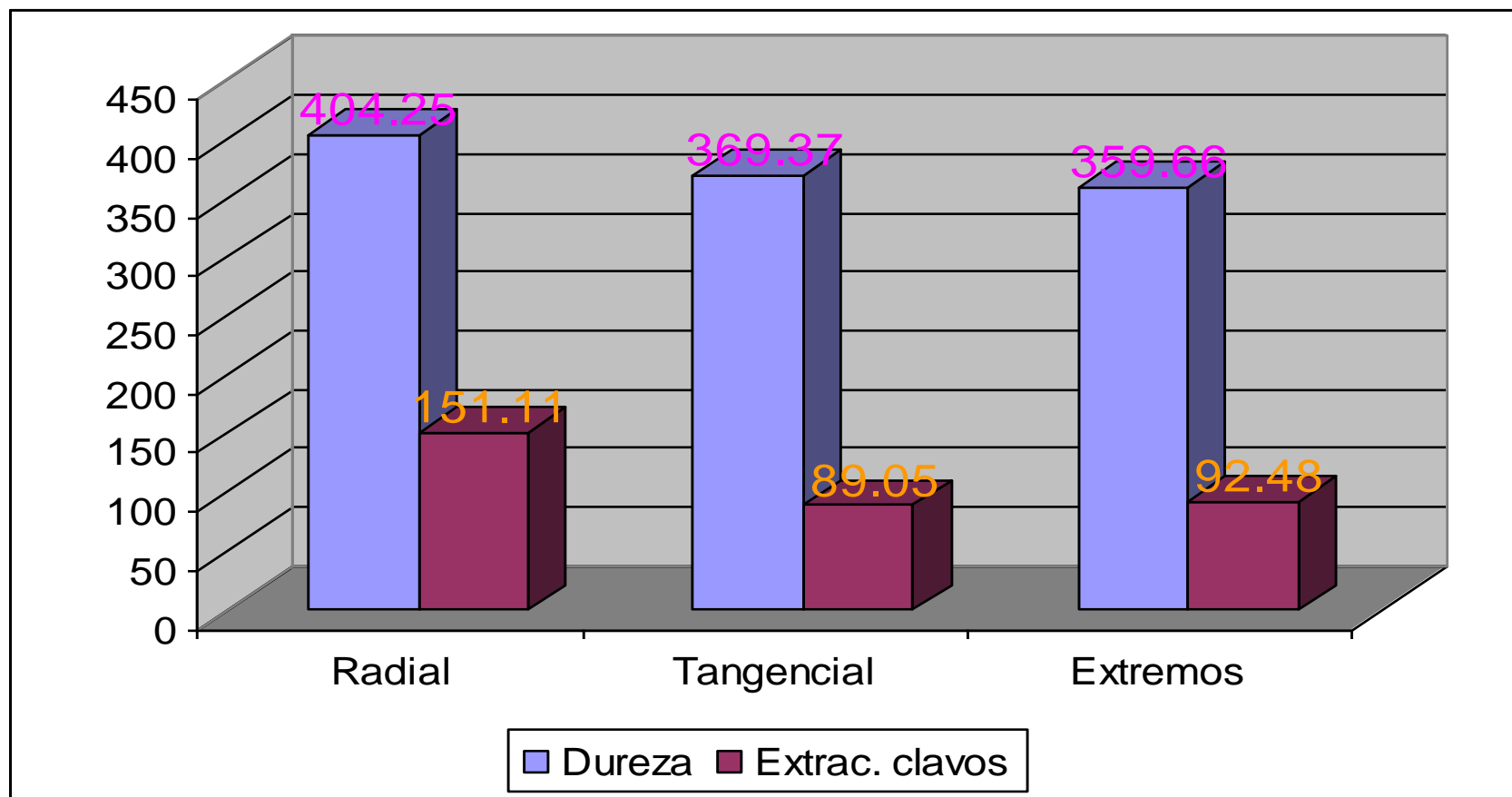
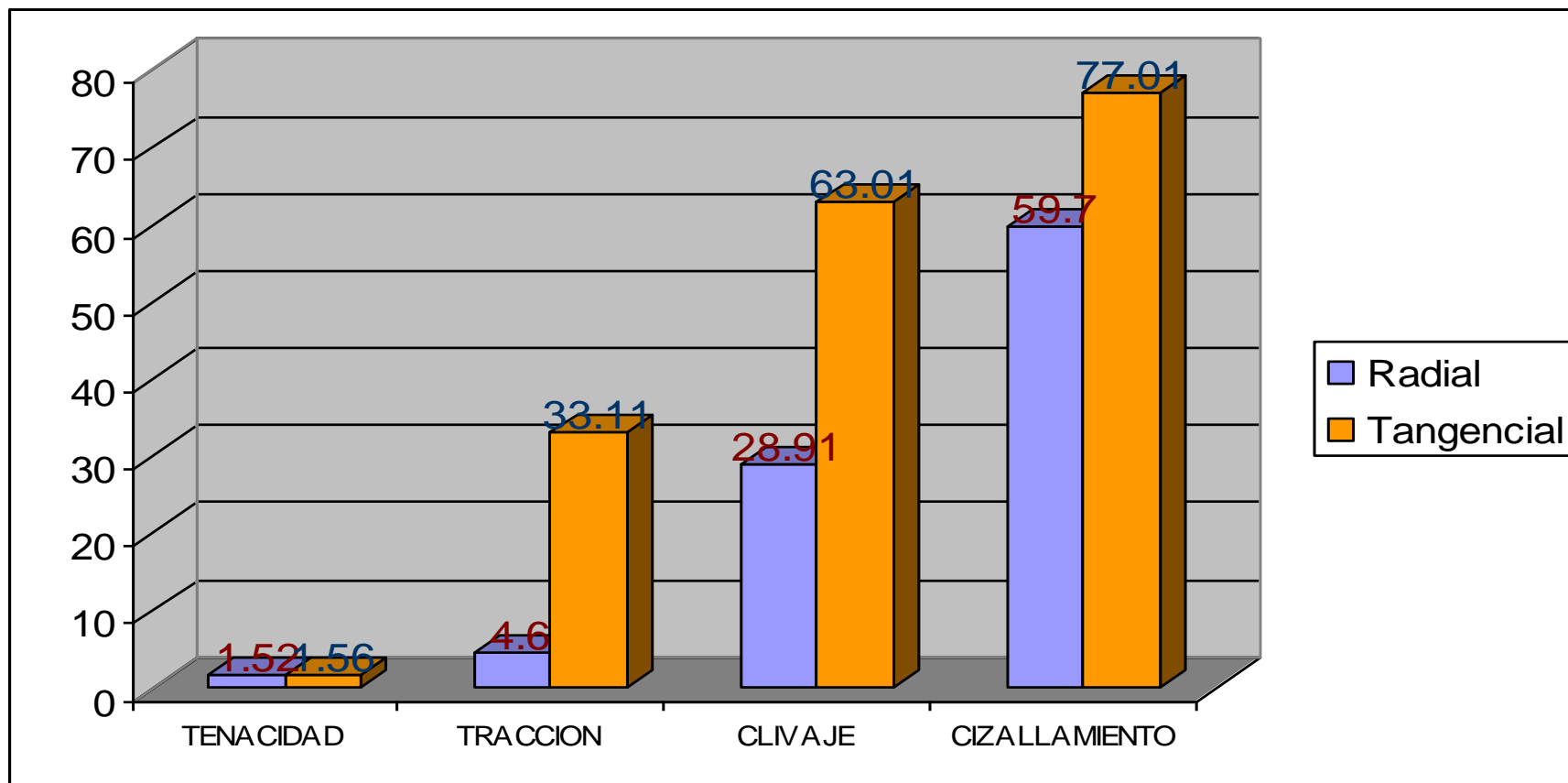


Gráfico 08: Comparación de esfuerzos mecánicos sección radial y tangencial en *Matisia bicolor* Ducke



Cuadro 20: Análisis estadístico de las propiedades mecánicas de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh

Propiedad		Nº Prob.	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente variabilidad (%)	Cont. de humedad %	
DUREZA (kg)	Extremos	10	1494.61	176.22	11.79	15.31	
	Lados	Rd	10	1797.01	130.61		7.21
		Tg	10	1505.57	386.09		25.64
EXTRACCIÓN DE CLAVOS (kg)	Extremos	10	227.71	17.68	7.77	13.64	
	Lados	Rd	10	259.46	83.92		32.34
		Tg	10	194.90	42.97		22.05
TRACCIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (kg/cm²)	Rd	10	33.08	6.81	20.60	14.17	
	Tg	10	89.77	4.24	4.72		
CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (kg/cm²)	Rd	10	198.47	22.43	11.30	14.07	
	Tg	10	276.89	14.44	5.22		
CLIVAJE (kg/cm)	Rd	10	58.61	1.58	2.70	14.65	
	Tg	10	152.68	11.33	7.42		
TENACIDAD (kg-m)	Rd	10	4.34	0.72	16.49	12.84	
	Tg	10	4.57	1.63	35.54		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 09: Comparación de Dureza y Extracción de clavos en lados y extremos *Myrcianthes fragans* (Sw.)
McVaugh

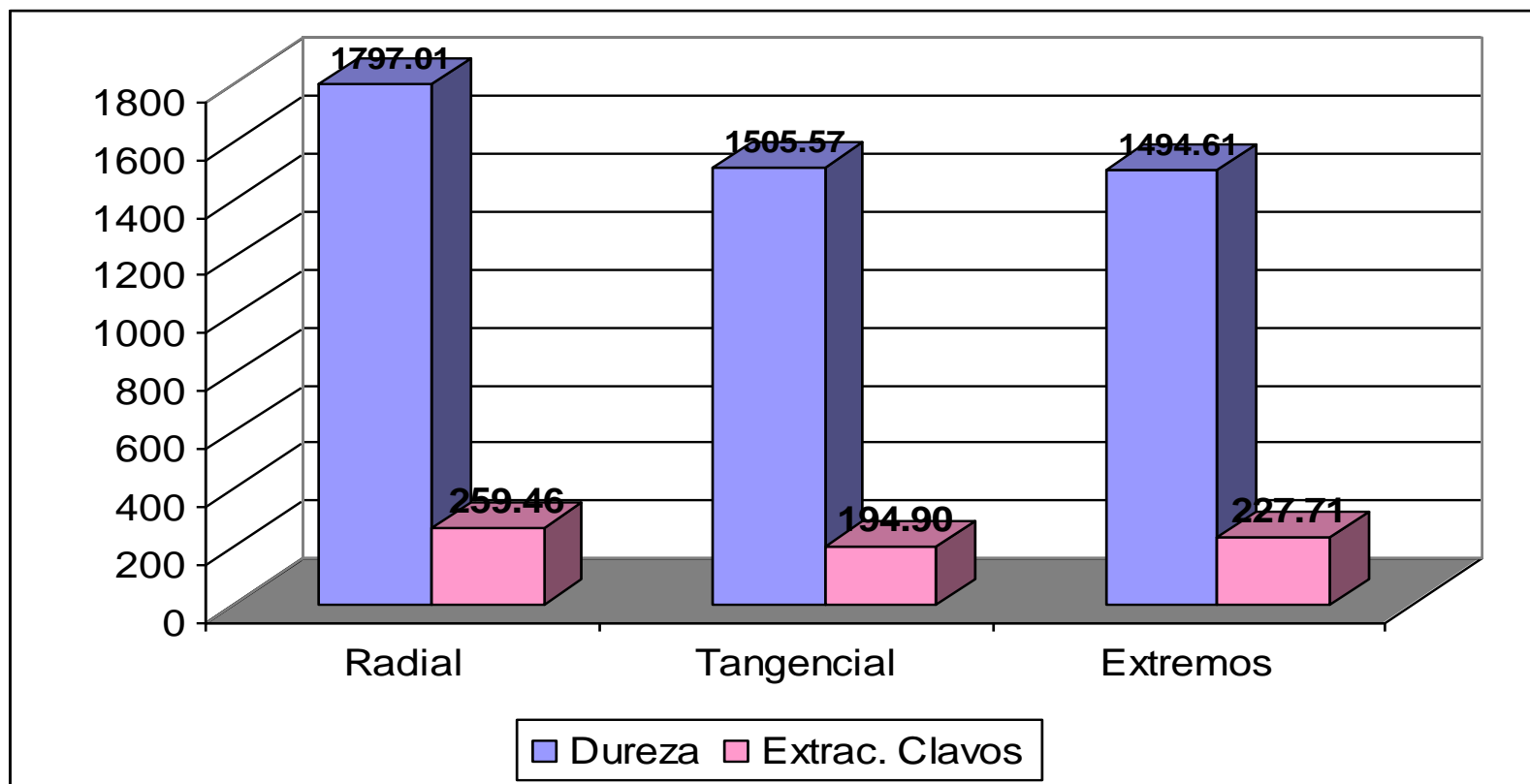
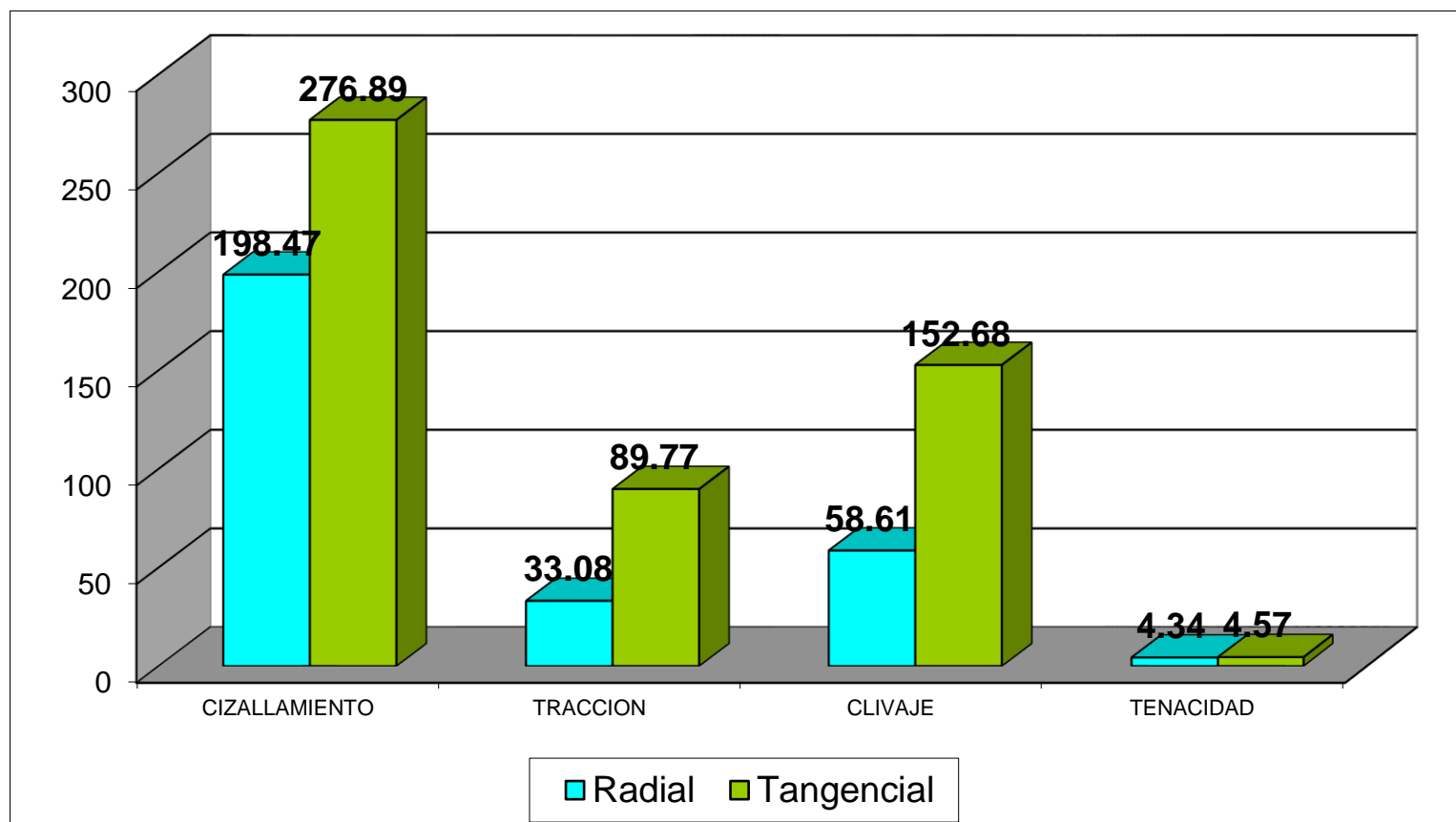


Grafico 10: Comparación de esfuerzos mecánicos sección radial y tangencial en *Myrcianthes fragans* (Sw.)

McVaugh



4.4. CLASIFICACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS:

Cuadro 21: Clasificación de las propiedades físicas de *Matisia*

bicolor Ducke

Propiedad		Promedio	Clasificación
DENSIDAD (gr/cm ³)	Básico	0.548	Media
PESO ESPECÍFICO	Básico	0.548	Media
CONTRACCIÓN (%)	VOL	11.971	Media
	T/R	2.084	Media

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22: Clasificación de las propiedades físicas de *Myrcianthes*

fragans (Sw.) McVaugh

Propiedad		Promedio	Clasificación
DENSIDAD (gr/cm ³)	Básico	0.945	Muy alta
PESO ESPECÍFICO	Básico	0.945	Muy alta
CONTRACCIÓN (%)	VOL	14.697	Alta
	T/R	2.336	Media

Fuente: Elaboración propia

4.5. CLASIFICACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS:

Cuadro 23: Clasificación de las propiedades mecánicas de *Matisia*

bicolor Ducke

Propiedad		Promedio	Clasificación	Contenido de Humedad
COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (kg/cm ²)	ELP	34.927	Baja	20.99
COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO (kg/cm ²)	ELP	180.193	Muy baja	21.61
FLEXIÓN ESTÁTICA (kg/cm ²)	ELP	323.994	Baja	25.34

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 24: Clasificación de las propiedades mecánicas de

Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh

Propiedad		Promedio	Clasificación	Contenido de Humedad
COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (kg/cm ²)	ELP	169.949	Muy alta	14.16
COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO (kg/cm ²)	ELP	335.889	Media	12.41
FLEXIÓN ESTÁTICA (kg/cm ²)	ELP	928.992	Muy alta	13.60

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25: Análisis y clasificación de las propiedades mecánicas de *Matisia bicolor Ducke*

Propiedad		Promedio	Clasificación	Contenido de Humedad	
DUREZA (kg)	Extremos	359.66	Baja	25.99	
	Lados	Rd	404.25		Media
		Tg	369.37		Baja
EXTRACCIÓN DE CLAVOS (Kg)	Extremos	92.48	Baja	22.28	
	Lados	Rd	151.11		Alta
		Tg	89.05		Baja
TRACCIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (kg/cm ²)		Rd	4.60	18.09	
		Tg	33.11		
CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (kg/cm ²)		Rd	59.70	Baja	
		Tg	77.01	Media	
CLIVAJE (kg/cm)		Rd	28.91	26.01	
		Tg	63.01		
TENACIDAD (kg-m)		Rd	1.52	13.66	
		Tg	1.56		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 26: Análisis y clasificación de las propiedades mecánicas de *Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh*

Propiedad		Promedio	Clasificación	Contenido de Humedad	
DUREZA (kg)	Extremos	1494.61	Muy alta	15.31	
	Lados	Rd	1797.01		Muy alta
		Tg	1505.57		Muy alta
EXTRACCIÓN DE CLAVOS (kg)	Extremos	227.71	Muy alta	13.64	
	Lados	Rd	259.46		Muy alta
		Tg	194.90		Alta
TRACCIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (kg/cm ²)		Rd	33.08	14.17	
		Tg	89.77		
CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (kg/cm ²)		Rd	198.47	Muy alta	
		Tg	76.89	Media	
CLIVAJE (kg/cm)		Rd	58.61	14.65	
		Tg	152.68		
TENACIDAD (kg-m)		Rd	4.34	12.84	
		Tg	4.57		

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

5.1. ANATOMÍA DE LA MADERA DE *Matisia bicolor Ducke*

- Respecto a las características organolépticas (Cuadro 08) se observa que la especie *Matisia bicolor Ducke* no presenta diferencia entre albura y duramen, que según (TAQUIRE, 2000) no tiene presencia de extractivos; así también afirma que el olor característico se debe a la volatilización de ciertas sustancias químicas, en este caso presenta un olor desagradable en estado seco.
- Presenta una textura media, no tiene veteado, es de grano recto, que según (CHAVESTA, 2005; PAUCAR, 2002; TAQUIRE, 2000), es consecuencia de la distribución, proporción y tamaño de sus elementos leñosos, que influye en su comportamiento físico y mecánico, presenta una buena trabajabilidad de su madera. El brillo es medio, que según (PAUCAR, 2002) es por la exposición de los elementos leñosos en su sección radial hacia la luz.
- Las características macroscópicas, descritas en el (cuadro 09), con respecto a los poros, parénquima y radios, son visibles con lupa de 10x; porque es una especie de textura media.

5.2. ANATOMÍA DE LA MADERA DE *Myrcianthes fragans* (Sw.)

McVaugh

- Con respecto a las características organolépticas (cuadro 08), existe una diferenciación abrupta entre albura y duramen, que según (TAQUIRE, 2000), es el resultado del depósito de extractivos durante la formación del duramen; también afirma que el olor característico es producido por la volatilización de ciertas sustancias químicas, en este caso la especie en estudio presenta abundancia de gomas, y en menor cantidad la presencia de cristales y aceites.
- La textura es fina, de grano ondulado y presenta un vetado de arcos superpuestos, que según (CHAVESTA, 2005; TAQUIRE, 2000), se debe a la distribución, proporción y tamaño de los elementos leñosos. No presenta brillo, el cual se debe probablemente a la excesiva presencia de gomas, que se encuentran taponando elementos vasculares como elementos radiales (CHAVESTA, 2005).
- Las características macroscópicas (cuadro 09), presentan poros, parénquima y radios no visibles; esto debido a su textura fina.
- En referencia a las características microscópicas (cuadro 10), son típicas de las especies frondosas según (GARCIA, 2003). Así mismo (AROSTEGUI, 1974), afirma que las inclusiones y extractivos (cristales y gomas), que posee esta especie, le dan a su madera variaciones en su comportamiento.

- Otra característica observada en la especie, es la presencia de células oleíferas, que según (GARCIA, 2003) suelen presentarse en los extremos de los radios leñosos, diferenciándose del resto de células parenquimatosas radiales por su excepcional tamaño.

5.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE *Matisia bicolor* Ducke

- Según (ARROYO, 1983; ANANÍAS, 1992), la densidad y peso específico varía en relación al contenido de humedad, como se demuestra en el gráfico 01, siendo esta de un peso específico básico medio de 0,548; la relación de contracción tangencial/radial es de 2,084 clasificada como media, según (cuadro 21).
- Según (JUNAC, 1980; MIGUEL, 2000) la contracción tangencial es mayor que la radial y esta a su vez mayor que la longitudinal, la contracción volumétrica es la sumatoria aproximadamente de estas, como se demuestra en el (cuadro 15 y gráfico 2).

5.4. PROPIEDADES FÍSICAS DE *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh

- Según el contenido de humedad de la madera, varía su densidad y peso específico, como se demuestra en (gráfico 03), presentando un peso específico básico muy alto de 0,945 (cuadro 22).

- Según (cuadro 16 y gráfico 04), la contracción longitudinal es menor a 1%, y la contracción tangencial es aproximadamente el doble de la contracción radial y la contracción volumétrica igual a la sumatoria aproximada de estas contracciones, presentado una relación de contracción tangencial/radial de 2,336, clasificada como media, (cuadro 22).

5.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE *Matisia bicolor Ducke*

- Para la Flexión estática y Compresión perpendicular al grano (Cuadro 23), según (JUNAC, 1980), en referencia al ELP, se clasifica como baja.
- Para la Compresión paralela al grano (Cuadro 23), según (JUNAC, 1980), en referencia al ELP, se clasifica como muy baja.
- La resistencia mecánica en los ensayos de cizallamiento, clivaje, tracción y tenacidad, es mayor en la sección tangencial que en la sección radial, (Grafico 8), según (JUNAC, 1980) la madera es un material anisotrópico, es decir, presenta diferentes propiedades mecánicas para cada sección o cara.
- La resistencia a los ensayos de dureza y extracción de clavos son mayores en los lados que en los extremos, a excepción de la extracción de clavos en su lado tangencial (Grafico 7), según (MIGUEL, 2000) esto se debe que al incrementarse la magnitud de la carga en el eje longitudinal, la pieza se va comprimiendo, aumentando de esta manera

su densidad y también su misma capacidad para resistir mayor carga que en el eje transversal.

5.6. PROPIEDADES MECÁNICAS DE *Myrcianthes fragans* (Sw.)

McVaugh

- En el (cuadro 24), de los resultados obtenidos para Flexión estática y Compresión perpendicular al grano, según (JUNAC, 1980), con respecto al ELP se clasifica en muy alta.
- Para la Compresión paralela al grano (Cuadro 24), según (JUNAC, 1980), en referencia al ELP se clasifica como media.
- La resistencia mecánica a los ensayos de cizallamiento, clivaje, tracción y tenacidad, son mayores en la sección tangencial que en la cara radial, siendo mínima en el cizallamiento (Grafico 10), que según (JUNAC, 1980) la madera es un material anisotrópico.
- En el (gráfico 09) se puede observar que la resistencia a los ensayos de dureza y extracción de clavos son mayores en los lados que en los extremos, a excepción de la extracción de clavos en el lado tangencial.

5.7. USOS PROBABLES DE *Matisia bicolor* Ducke

- Según su peso específico básico, esta madera, se encuentra dentro del grupo C, (JUNAC, 1980), indica que las especies de este grupo en su mayoría ofrecen buena trabajabilidad.
- (ACEVEDO, 2003), por su peso específico básico, esta especie sirve para construcciones no estructurales como: molduras y cajonería.
- De acuerdo a su densidad también puede servir para obras de interiores, dándole un método de secado y preservado adecuado.
- A pesar de ser esta una especie fácil de trabajar, es muy susceptible al ataque de hongos (mancha azul).

5.8. USOS PROBABLES DE *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh

- Según el Cuadro 22, esta especie por su peso específico básico de su madera esta clasificado dentro del grupo A, (JUNAC, 1980), que en su mayoría ofrecen dificultades de trabajabilidad y transporte.
- Según (ACEVEDO, 2003) la madera es de buena calidad; se le aprecia para la construcción rural, usos estructurales como: columnas, vigas, tijerales; debido a su gravedad específica básica muy alta, resistencia a la flexión estática, a la

compresión paralela, al cizallamiento paralelo al grano y por su alta durabilidad natural.

- De acuerdo a su gravedad específica básica, dureza, buena resistencia a la compresión perpendicular, buena resistencia a la tenacidad, buen comportamiento al secado, buena apariencia y durabilidad natural, sirve para parquet y durmientes.
- Por ser una especie que pertenece al grupo A y clase 2, son apropiadas para postes de conducción de energía eléctrica, teniendo en consideración la clase diamétrica.
- También se pueden utilizar para pisos de escalera.

5.8. VALORACIÓN SOCIOECONÓMICA DE *Matisia bicolor* Ducke y *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaug

- En cuanto al valor económico de estas especies para la comunidad, en la actualidad no tienen mucha importancia porque desconocen las bondades que ofrecen para la industria maderera, conociendo los usos probables de estas especies la comunidad le dará una mayor importancia económica y un valor como a otras especies que ellos aprovechan en la actualidad. Para el país es muy importante porque al conocer mas variedad de especies forestales que sirvan para la industria maderera, tendrán mas alternativas de aprovechamiento y dejarán de explotar de manera desmesurada las especies ya conocidas a punto de extinguirse, como es el caso de la caoba, cedro, entre otras. Entonces conociendo

mayor cantidad de especies que ofertar al mundo el país tendrá un mayor mercado económico.

VI. CONCLUSIONES

1. Anatómicamente la especie *Matisia bicolor Ducke* posee fibras de longitud muy larga (2814 u), ancho grande (30,07 u) y paredes muy gruesas (8,84 u), poros de diámetros medianos (189,321 u), poros por mm² (3,1), vasos largos (883,75 u) y diámetro grueso (253,01 u), radios poco numerosos (3,100), medianamente anchos (69,825 u y 4,60 células) y muy largos (2117,017 u y 107,450 células).
2. Propiedades físicas de *Matisia bicolor Ducke*: contenido de humedad de 78%, densidad básica 0,548 gr /cm³, densidad verde 0,974 gr /cm³, densidad seca al aire 0,659 gr /cm³, densidad anhidra 0,622 gr /cm³; peso específico básico 0,548. La contracción tangencial de 8,057 %, radial 4,185 %, longitudinal 0,313 %, volumétrica 11,971 %; y la relación T/R es media (2,084 %), y estable (E).
3. Las propiedades mecánicas se determinaron a un contenido de humedad seco al aire siendo para la especie *Matisia bicolor Ducke* 13.87% en promedio.

4. Propiedades Mecánicas de *Matisia bicolor Ducke*: su resistencia a la flexión estática es baja (323,994 Kg /cm²), resistencia a la compresión paralela es baja (180,193 Kg /cm²) y compresión perpendicular es baja (34,927Kg /cm²), la resistencia a la dureza y extracción de clavos es mediana para ambas propiedades (377,76 Kg /cm²), (110,88 Kg /clavo), resistencia a la tracción perpendicular de 18,855 Kg /cm², al clivaje de 45,96 Kg. /cm²; resistencia al cizallamiento y a la tenacidad es media y baja respectivamente (68,355 Kg /cm²) y (1,54 Kg - m).

5. En base a las características anatómicas y propiedades físico mecánicas de *Matisia bicolor Ducke*, los usos son: moldurados, cajones, obras en interiores y ebanistería.

6. Anatómicamente la especie *Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh* posee fibras de longitud mediana (1298,26 u), ancho pequeño (15,70 u) y paredes gruesas (5,65 u), poros de diámetros pequeños (80,6 u), poros por mm² (8,217); vasos de longitud corta (120,28 u) y diámetro mediano (108,33 u). Radios medianamente numerosos (6,783/mm²), multiseriados (21,2 u y 2,7 células) y cortos (250,933 u) y medianos en nº de células de alto (23,133 células).

7. Propiedades físicas de *Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh*: El contenido de humedad de 31%, densidad básica 0,945 gr /cm³, densidad verde 1,241 gr /cm³, densidad seca al aire 1,167 gr./cm³, densidad anhidra 1,108 gr /cm³, peso específico básico 0,945. La

contracción tangencial de 10,733 %, radial 4,783 %, longitudinal 0,175 %, volumétrica 14,697 %; y la relación T/R es media (2,336%) y estable (E).

8. Las propiedades mecánicas se determinaron a un contenido de humedad seco al aire siendo para la especie *Myrcianthes fragans* (Sw.) *McVaugh* 15,83% en promedio.
9. Propiedades Mecánicas de *Myrcianthes fragans* (Sw.) *McVaugh*: la resistencia a la flexión estática es alta (928,992 Kg /cm²), resistencia a la compresión paralela es media (335,889 Kg /cm²), y compresión perpendicular es muy alta (169,949 Kg /cm²). La resistencia a la dureza y a la extracción de clavos es muy alta (1599,063 Kg /cm²), (227,356 Kg /clavo). Su resistencia a la tracción perpendicular es de 61,425 Kg /cm², al clivaje es de 105,645 Kg /cm²; la resistencia al cizallamiento y tenacidad es muy alta (137,68 Kg /cm²) y (4,455 Kg - m).
10. En base a las características anatómicas y propiedades físico mecánicas de *Myrcianthes fragans* (Sw.) *McVaugh*, los probables usos son: parquet, construcciones pesadas en general, durmientes de ferrocarril, pisos y machihembrado, mango de herramientas. No es recomendable para chapas por el alto contenido de gomas y cristales.

VII. RECOMENDACIONES

1. Emplear la especie *Matisia bicolor Ducke* en molduras, puertas contra placadas en interiores, cajonería y ebanistería.
2. Se debe transformar y/o habilitar la madera de *Matisia bicolor Ducke* de manera inmediata para prevenir el ataque de hongos.
3. Realizar estudios de trabajabilidad (cepillado, torneado, taladrado, moldurado), pintado, encolado; así como estudios de secado y preservado de la madera de *Matisia bicolor Ducke*.
4. Realizar más estudios de *Matisia bicolor Ducke* por ser una madera muy susceptible al ataque de la mancha azul, y presentar abundancia de cristales en el parénquima.
5. Realizar análisis químicos de la especie *Myrcianthes fragans* (Sw.) *McVaugh* para determinar los porcentajes y tipos de inclusiones orgánicas e inorgánicas con la finalidad de promover el aprovechamiento adecuado de estos productos.

6. Emplear la madera de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh en parquet, durmientes, postes, construcciones pesadas en general, pisos y machihembrado, mango de herramientas, pies derechos, columnas, vigas, tijerales.

7. Realizar estudios de trabajabilidad (cepillado, torneado, taladrado, moldurado), pintado, encolado, secado y preservado de *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh, para completar la información tecnológica.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ACEVEDO, M y CONDORI, C., 2003 Estudio de las propiedades físico mecánicas de la Ingaina, Pino chuncho, Pucaquiro, Shaina y Yanavara provenientes de bosques secundarios de Tarapoto. Lima. 31 p.
2. ANANIAS, R. 1992. Física de la madera. Departamento Ingeniería en Maderas. Universidad Bio – Bio. Chile. 55 p.
3. AROSTEGUI, A. 1974 “Estudio Tecnológico de las maderas del Perú”. Centro de investigación Forestal. UNALM. Lima. 483 p.
4. AROSTEGUI, A. 1990 “Descripción de las Propiedades físico mecánicas y usos de las maderas del Perú”. Centro de investigación Forestal Universidad Agraria. Dirección Forestal de Caza y Tierras. Lima. 76 p.
5. ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico – Mecánicas de la Madera. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.196 p.
6. CHAVESTA, M 2005. Separata de capacitación sobre identificación de maderas. UNALM – USAID. Lima. 21 p.
7. CERRÓN, R. 1983 “Evaluación de las propiedades físicas – mecánicas y usos de la madera de *Hura crepitans* L. y *Ficus sp.*” UNCP, Huancayo – Perú, 89 p.
8. CORMA. 2005. Manual de la construcción de vivienda en maderas. Corporación Chilena de la madera. Chile. 55 p.

9. COPANT, 1974 “Descripción de características organolépticas, macroscópicas y microscópicas de la madera”, Anteproyecto de Norma COPANT 30: 1 – 19 p.
10. ESPINOZA de P., LEON, W.1993. Influencia de las Características Anatómicas sobre las Propiedades Mecánicas de la Madera. Revista Forestal Venezolana Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales, 38 p.
11. FAHN, A. 1978 “Anatomía vegetal”, 2da. Ed. Blume, España, 643 p.
12. GARCIA, L; GUINDEO A; PERAZA C; DE PALACIOS P. 2003 “La madera y su anatomía.” Ediciones Mundiprensa, Madrid. 327 p.
13. GRIGORIEV, M. 1985. Estudio de materials para Ebanistas y carpinteros. Editorial MIR Moscú, 60 p.
14. GUTIERREZ, E. 1983 “Clave de identificación e influencia de la estructura anatómica en las propiedades mecánicas de 14 especies forestales comerciales del bosque nacional Alexander Von Humboldt”, UNALM, Lima-Perú, 193 p.
15. HINOSTROZA, D. 1977. “Estudio anatómico de las especies *Buddleia incana* R.P. y *Eucalyptus globulus Labill*”. Bélgica. 36 p.
16. HURTADO, J. 1990, “Propiedades físicas de *Caesalpineia tintoria* H.B.K., *Polylepis villosa* H.B.K., *Prunas capuli* Cav. y *Schinus molle* L. del Valle del Mantaro”, Huancayo – Perú. 66 p.
17. NTP. 1980. “Selección y colección de muestras”. NTP 251.008, Lima. Perú, 12 p.
18. ----- . 1980 “Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos”. NTP 251.009, Lima. Perú. 10 p.

19. -----, 2004. "Método de determinación del contenido de humedad". NTP 251.010, Lima. Perú. 2 p.
20. -----, 2004. "Método de determinación de la densidad". NTP 251.011, Lima. Perú. 7 p.
21. -----, 2004 Maderas. "Método de determinación de la contracción". NTP 251.012, Lima. Perú. 6 p.
22. -----, 2004 Maderas. "Método de determinación de cizallamiento paralelo al grano". NTP 251.013, Lima. Perú. 4 p.
23. -----, 2004 Maderas. "Método de determinación de la compresión axial o paralela al grano". Norma NTP 251.014, Lima. Perú. 5 p.
24. -----; 1971 Maderas. "Método de determinación de dureza". NTP 251.015, Lima. Perú. 4 p.
25. -----, 2004 Maderas. "Método de determinación de la compresión perpendicular al grano". NTP 251.016, Lima. Perú. 4 p.
26. -----, 2004 Maderas. "Método de ensayo de flexión estática". NTP 251.017, Lima. Perú. 8 p.
27. -----, 2004 Maderas. "Método de determinación de la tenacidad". NTP 251.018, Lima. Perú. 5 p.
28. -----, 2004 Maderas. "Método de determinación de clivaje". NTP 251.019, Lima. Perú. 5 p.
29. -----, 2004 Maderas. "Método de ensayo de extracción de clavos". NTP 251.036, Lima. Perú. 5 p.
30. -----, 2004 Maderas. "Método de determinación de la tensión perpendicular al grano". NTP 251.086, Lima. Perú. 5 p.

31. JUNAC, 1980 “Cartilla de construcción con madera”, PADT REFORT, Lima. Perú. 342 p.
32. -----, 1984 “Manual de diseño para maderas del grupo andino”, 4a eds. Junta del Acuerdo de Cartagena, Lima – Perú, 15-16 p.
33. LEON H., Williams, 2001 “Variabilidad de la madera de *Cordia thaisiana* (BORAGINACEAE) en sentido longitudinal”. Universidad de los Andes, Mérida – Venezuela 41 p.
34. MIGUEL M., Hugo, 2000 “Propiedades de la Madera” Ed. UNCP, Huancayo-Perú 25 p.
35. PANSHIN, Z. 1980. Texbook of Wood technology. Tercera edición. New York. Usa. Vol I, 722 p.
36. PAUCAR C, Juana, 2002 “Manual de Practicas de Anatomía de la madera”, Ed. UNCP, Huancayo-Perú 25 p.
37. PEREZ 1984. Apuntes de anatomía de la Madera. Universidad de los Andes. Mérida Venezuela, 132 p.
38. REYNEL, C. 2003 “Árboles útiles de la Amazonía Peruana y sus Usos”, Perú 517 p.
39. RIOS, J. 1995. “Características Anatómicas y Físicas de tres Especies Forestales de la zona de Tarapoto” Perú 66 p.
40. RIVERA, J. 1990. “El Agua en la Madera” Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú.
41. TAQUIRE A, Alejandro, 2000 “Anatomía de la Madera” Ed. UNCP, Huancayo-Perú 84 p.
42. TARCISIO, J. 1988. Estudo das propriedades Físicas e Tecnológicas da Madeira de Pindaiba (*Xylopia sericia*; st. Hil) Rev. Arvore 12, 133 p.

- 43.** TUSET, R y DURAN, D. 1990. "Anatomía de la Madera y Propiedades Físico – Mecánicas", Montevideo – Uruguay. 38 p.