



**Esta Tesis se publicó bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento – No comercial – Compartir
Vea una copia de la licencia, en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



EVALUACIÓN DE CUATRO ESPECIES FORESTALES EN RENDIMIENTO DE CELULOSA PARA LA FABRICACIÓN DE PAPEL

TESIS

PARA OPTAR EE TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JOSÉ FLORES FLORES

TARAPOTO - PERÚ

2001

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.

**Evaluación de cuatro especies forestales en rendimiento de celulosa
para la fabricación de papel.**

TESIS

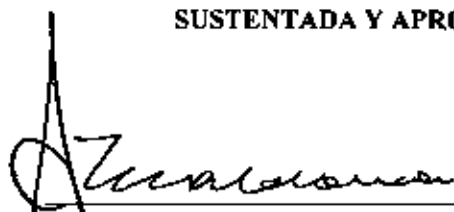
Para optar el título profesional de :

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JOSE FLORES FLORES

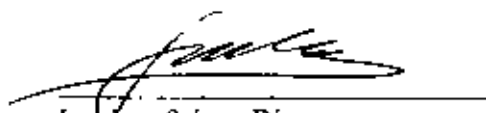
SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:



**Ing. M.S.C. Carlos Maldonado Tito
Presidente**



**Ing. Hugo Muñoz Delgado
Secretario**



**Ing. Juan Salazar Díaz
Miembro**



**Ing. M.S.C. Jaime Guerrero Marina
Patrocinador**

TARAPOTO-PERU

2001

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, Andrés Flores Navarro y a la sagrada escuela de mi señora madre, Socorro Flores Flores; quienes con sacrificio y desinterés forjaron mi formación profesional.

A mis hermanos, que me brindaron el apoyo moral y material para la culminación de mi añorada carrera.

AGRADECIMIENTOS

- Al Laboratorio de Análisis y Composición de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, por los equipos y materiales facilitados durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- Al Laboratorio de Tecnología de Productos Agroindustriales No Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, por haber cedido sus instalaciones y especialmente al Técnico Guido Saavedra por su entera colaboración durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- Al Ing^o M.Sc. Jaime Guerrero Marina, patrocinador del presente trabajo de investigación.
- Al Ing^o Leiver Flores Flores Catedrático de la Universidad Nacional de Cajamarca, por el apoyo brindado en la identificación zentrológica de las especies forestales.

CONTENIDO

Nº	Título	Página
I.	RESUMEN	1
	SUMMARY	3
II.	INTRODUCCIÓN	5
III.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
3.1.	Generalidades	7
3.2.	Estructura y composición química de la madera .	9
3.2.1.	Estructura de la madera.....	9
3.2.1.1.	Anatomía.....	9
3.2.1.2.	Estructura.....	11
3.3.	Composición química de la madera.....	13
3.4.	Densidad de la madera	16
3.5.	Celulosa	18
3.6.	Extractivos.....	20
3.7.	Holocelulosa	22
3.8.	Lignina.....	27
3.9.	Ceniza.....	30
3.10.	Definición botánica de las especies en estudio.	30
3.10.1.	<u>Ochroma pyramidale</u>	30
3.10.2.	<u>Cecropia polystachya</u>	31
3.10.3.	<u>Acalypha macrostachya</u>	32
3.10.4.	<u>Cupania cineria</u>	33

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
4.1. Lugar de ejecución	34
4.2. Materiales	34
4.2.1. Material estudiado	34
4.2.2. Identificación del material estudiado	35
4.2.3. Reactivos	35
4.2.4. Equipos y materiales de laboratorio	35
4.3. Metodología	37
4.3.1. Métodos de análisis normas	37
4.3.2. Preparación de la muestra de madera para análisis químicos	44
4.3.3. Análisis de químico de las muestras de madera	45
4.3.4. Descripción de las operaciones para la determinación de la composición estructural de las especies en estudio	46
4.3.5. Ensayos	48
4.3.5.1. Ensayos químicos	48
4.3.5.2. Ensayos físicos	48
4.4. Análisis estadísticos	49
4.4.1. Contenido de celulosa	49
4.4.2. Análisis físicos	49
4.5. Flujoograma de operaciones del proceso de aislación de la composición estructural de las especies en estudio	50

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	53
5.1. Composición estructural	53
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES	63
VIII. BIBLIOGRAFÍA	65
IX. ANEXOS	70

INDICE DE CUADROS

Cuadros		Página
CUADRO N° 1	Composición química de coníferas y latifoliadas	13
CUADRO N° 2	Componente estructural básico de la madera	14
CUADRO N° 3	Componentes principales de la madera blanda y dura	16
CUADRO N° 4	Composición estructural de las especies en estudio.....	53
CUADRO N° 5	Densidad seco al horno y básica de las especies en estudio	57
CUADRO N° 6	Clasificación de las especies estudiadas según su densidad básica	58

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Página
FIGURA N° 1: Sección transversal de un árbol.....	11
FIGURA N° 2: Distribución de los componentes principales de la Madera	15
FIGURA N° 3: Esquema de separación de la celulosa y hemicelulosa	23
FIGURA N° 4: Azúcares que forman las hemicelulosas	25
FIGURA N° 5: Estructura de la α y δ celulosa.....	26
FIGURA N°6 : Estructura de los componentes de la Lignina	29

INDICE DE ANEXOS

Cuadros		Página
CUADRO N° 1:	Datos experimentales.....	71
CUADRO N° 2:	Cálculos para el Análisis de varianza (ANVA) del contenido de celulosa de cuatro especies forrestales en tres lugares de muestreo	72
CUADRO N° 3:	Análisis de Varianza (ANVA).....	73
CUADRO N° 4:	Comparación y significancia para los Bloques	74
CUADRO N° 5:	Comparación y significancia entre especies	74
CUADRO N° 6:	Comparación y significancia para los lugares de muestreo	75
CUADRO N° 7:	Comparación y significancia entre las especies por lugar de muestreo	76

I. RESUMEN

Muestras de madera de cuatro especies forestales fueron estudiadas en cuanto a su composición química estructural básica, empleando procedimientos químicos y de acuerdo a Normas Técnicas ASTM.

Se realizaron las pruebas para cada especie a partir de muestras de aserrín seco al horno (seco anhidro) previa a una extracción con solventes neutros de los componentes denominados extraíbles.

Se obtuvieron registros promedios de las cuatro especies con tres repeticiones por especie, como celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas. Los valores obtenidos de las cuatro especies son comparados entre si y con especies de cuya madera se obtiene pulpa industrialmente.

No encontraron diferencias significativas en cuanto al contenido de celulosa de las cuatro especies estudiadas, registrando valores altos (66.7%) la especie Cupania cinerea, en comparación a las demás especies (Acalypha macrostachya, Cecroia polystachya y Ochroma pyramidale).

-2-

Para complementar el estudio se realizaron ensayos con probetas de 10x3x3 cm., de las cuatro especies con el objetivo de determinar la densidad básica y la densidad anhidra. Obteniendo valores de densidad básica desde 0.43 gr/cm³ (Ochroma pimentalis) hasta 0.592 gr/cm³ (Cupania cineraria).

Los resultados obtenidos de la composición química estructural, nos permitirán conocer el potencial fibroso de las especies estudiadas y darles el uso mayor como en la industria del papel.

La investigación nos arroja valores porcentuales de extractivos comprendidos entre 12 a 2.6% en alcohol y de 3.0 a 2.9% en agua destilada, celulosa(44.4 - 56.7)%, Lignina(8.3- 1.20)%, Ceniza (0.9 - 1.20)% y densidad básica (0.143 - 0.592) gr/cm³. Rangos que están dentro de los valores realizados por otras investigaciones en maderas latifoliadas.

SUMMARY

The wood samples of four (4) forestal species were studied with regard to chemical composition on basic structure, using chemical procedments and according to ASTM technical standards.

The essays were realized by each species starting dried sawdust samples through oven (anhydrous dry) preceding an extraction with neutral solvents of components denominated extractibles.

Average results were obtained on four (4) species with three (3) repetitions each it, such as cellulose, holocellulose, lignin and ashes. Obtained values on four (4) species are compared to themselves as well as other species whose wood get industrially pulp.

There were significant differences with regard to cellulose contents on four (4) studied species, recording high values (56.7%) to the species Cupania cineria, comparing the rest species (Acalypha macrostachya, Cecropia polystachya, and Ochroma pyramidale)

-4-

For complementing this study realized essays with test - tubes 10x3x3 cm., on four (4) species with objective to determine the basic and anhydrous density, getting basic density values starting 0.143 gr/ cm³ (Ochroma pyramidale) up to 0.592 gr/ cm³ (Cupania cineria).

The obtained results as to their structure chemical composition, will allow us to know fibrous potential on studied species and give to them a major use such as in paper industry.

The paper did show extractive porcentual values from 12 to 2.6% alcohol and 3.0 to 2.9% distilled water, cellulose (44.4 - 56.7%), lignin (8.2 - 10.10%), ashes (0.9 - 1.20%) and basic density (0.143 - 0.592 gr/ cm³) ranks that are inside of values realized by other research workers specialized on latifoliated woods.

II. INTRODUCCIÓN

El Perú dispone de abundante riqueza forestal y sin embargo el uso de este recurso natural renovable está restringido a muy pocas especies. Incluso puede afirmarse que su aprovechamiento en general es de carácter primario, ya que las investigaciones en esta área han sido limitadas si se las relaciona con sus posibilidades de uso como en la construcción de muebles, en la industria de cerilla, parquetería, fosforera, chupetera, en la construcción de viviendas, embarcaciones, etc.

Esta situación ocurre, por ejemplo en las especies en estudio catico (Cecropia polystachya), topa (Ochroma piramidal), sapina (Cupania cineria) y yanavara (Acalypha macrostachya), que se emplea casi exclusivamente como leña, en la construcción de balsas (topa), cuando podrían ser objeto de una utilización industrial con mayor valor agregado, dado a su crecimiento rápido y de fácil adaptación a suelos tropicales y degradables.

Uno de los usos posibles de las especies en estudio con ricas perspectivas para el país es el de la materia prima en la industria de la pulpa y el papel, idea que se refuerza dado que en la selva alta existen muchas hectáreas de tierras

-6-

deforestadas por la actividad del narcotráfico y suelos ácidos (pajonales) que muy bien pueden ser cubiertos por una de las especies en estudio, debido a su rápido crecimiento y gran adaptación en la selva alta del país.

Como vemos el bosque, es el recurso natural que suministra materia prima maderable, la cual es el producto forestal de mayor importancia, tanto por su volumen como por el valor económico que se obtiene de ella como tal; como producto derivados ya sea por transformación mecánica o química.

Considerando esta preocupante situación manifestada por la urgente necesidad de utilizar nuevas especies forestales en la explotación industrial, se plantearon los siguientes objetivos:

- Cuantificar el contenido de celulosa de cuatro especies forestales no comerciales.
- Investigar las diferencias significativas del contenido de celulosa de los lugares de muestreo de cada especie.
- Promover alternativas de uso mayor de especies forestales no comerciales.

III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

3.1. GENERALIDADES

En estado de mayor o menor pureza se halla la celulosa verdadera, en todas las partes de los vegetales superiores, formando el componente primario. Es dudoso todavía si los hongos y otras plantas inferiores contienen esta celulosa o solamente quitina. La celulosa impura que forma la membrana celular de las plantas superiores rara vez es una sustancia homogénea, sino una mezcla de celulosa verdadera, hemicelulosa y otros hidratos de carbono o compuestos parecidos a ellos, sin contar los componentes de las cenizas. En cambio, la celulosa pura puede considerarse como especie química, por lo menos en todas las plantas de organización superior.

Las variaciones que presenta la celulosa en diferentes plantas o en las diferentes partes de una misma planta, en sus caracteres físicos y químicos, hay que referirlas por una parte a estados distintos de agregación, a consecuencias de densidades diferentes, y por otra a sustancias incluidos, que a menudo es difícil o imposible separar, llamadas materias incrustantes (lignina, lignona o xilona) $C_{24}H_{24}O_{10} (OCH_3)_7$.

-8-

Así se encuentra por ejemplo, la celulosa en la sustancia leñosa que forma la masa principal de la madera.

Para obtener celulosa pura se somete de preferencia el algodón en rama o el papel sin cola a sucesivos tratamientos con ácido clorhídrico diluido, ácido fluorhídrico, agua de cloro, álcalis cáusticos diluidos y finalmente con agua, alcohol y éter. La purificación de la celulosa para la fabricación de papel, mediante trapos viejos y, en general, mediante desperdicios de tejidos de hilo y de algodón, previamente desmenuzados, se realiza primero por ebullición con solución diluida de carbonato sódico y después por ebullición con lejía de sosa a presión alta.

La celulosa no es volátil. Calentada fuera del contacto del aire sometida a la destilación seca, se descompone en carbón, gases, combustibles, alcohol metílico, ácido acético y brea. Calentada el aire arde con llama luminosa. A la temperatura ordinaria la celulosa seca es inalterable en contacto del aire; pero con descomposición lenta. Espasa Calpe (7).

3.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA

3.2.1. ESTRUCTURA DE LA MADERA

3.2.1.1. ANATOMÍA

Planos de estudio de la madera:- Debido a la orientación de los componentes celulares, es costumbre estudiar microscópicamente la madera en tres planos: Sección transversal, radial y longitudinal que abarca un radio del tallo; tangencial que es la sección perpendicular al radio a la periferia del tallo.

La formación de la madera por el cambium tiene lugar durante los meses de primavera y verano en las zonas templadas y se mantiene latente durante los meses restantes del año. La razón principal de que aparece la capa de crecimiento es la diferencia en el crecimiento entre las células inicialmente formadas y las células recientemente constituidas en el incremento considerado.

El radio es un tejido parecido a un listón, que tiene su dirección principal orientada radialmente en el árbol. La principal función del radio es de transportar materiales hacia o de la región del cambium. Los radios se forman en la primera capa de crecimiento y continúan conforme se agregan nuevas capas. A medida que el tallo lignificado aumenta, el cambium forma nuevos radios de modo se mantiene

-10-

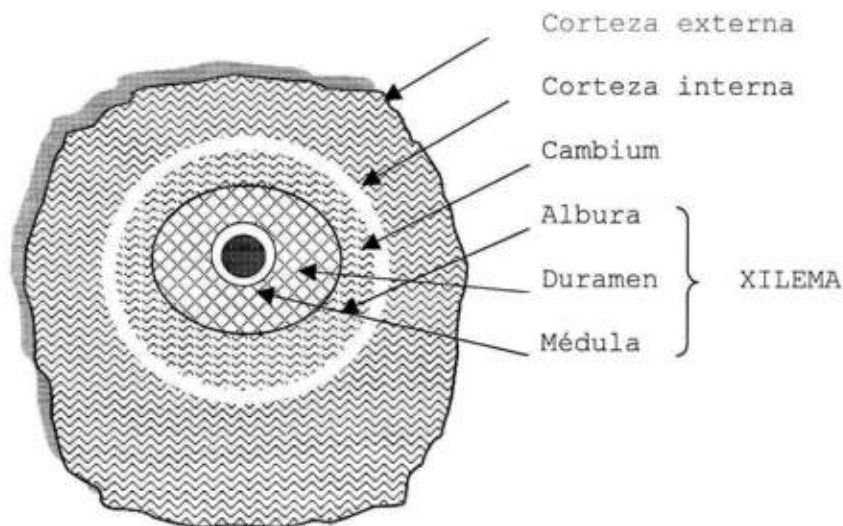
el espaciamiento característico de los radios en cada especie.

El parénquima leñoso, funcionan como lugares de almacenamiento y que, por consiguiente, son células vivas mientras están en la albura, forman de manera colectiva un sistema parenquimatoso en la madera. Estas células son relativamente cortas y de pared delgada. El parénquima leñoso consiste de parénquima radial y parénquima longitudinal, y de parénquima epitelial si existen canales resiníferos. Los radios leñosos constituido por células de parénquima. El parénquima longitudinal se extiende a lo largo del grano de la madera en forma de hebras de células que más tarde se pueden agrupar en masas de tejidos.

El canal de resina es un espacio tubular intercelular rodeado por una cubierta de pequeñas células de parénquima (células epiteliales). Estos canales están orientadas longitudinal y radialmente en la madera de cuatro géneros de coníferas: pinos (*pinus*), pinabote (*picea*), alerces (*larix*) y abeto Douglas (*Pseudotsuga taxifolia*). Earl (6).

3.2.1.2. ESTRUCTURA

Fig. 1: Sección transversal de un árbol



- La Corteza exterior protege a los árboles de los agentes atmosféricos, en especial de la insolación formando por un tejido llamado floema que cuando muere forma la capa externa en el árbol.
- La corteza interior, es la capa que tiene por finalidad conducir el alimento elaborado en las hojas, hacia las ramas, tronco y raíz, está construido por tejido floemático vivo, llamado también líber.

-12-

- El cambium, es el tejido que se encuentra entre la corteza interior y la madera forma células de madera hacia el interior y floema hacia el exterior.
- La madera o xilema, es la parte maderable o leñosa del tronco, se puede distinguir en ella la albura, el duramen y la médula.
- La albura es la parte exterior de la madera cuya función principal es la de conducir el agua y las sales minerales de las raíces a las hojas.
- El duramen, es la parte inactiva y tiene como función proporcionar resistencia para el soporte mecánico del árbol. Al inicio de la formación del duramen varía bastante en las diferentes especies y en las mismas especies bajo diferentes condiciones de localización.
- Mientras que la médula es la parte central de la sección del tronco y está constituida por tejido parenquimático. Junta del Acuerdo de Cartagena (13).

3.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA

Mc Doral (19) 1969, establece la siguiente composición para la madera: Coníferas y Latifoliadas el cual se presenta en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CONIFERAS Y LATIFOLIADAS

Componentes	Porcentaje (%)
Nitrógeno	0.1
Cenizas	0.3
Carbono	50.0
Oxígeno	43.0
Hidrógeno	6.0

Así mismo sostiene que como la madera no es una sustancia uniforme, sino que consiste de distintos componentes químicos, los cuales se clasifican en componentes principales y componentes secundarios o extraíbles.

A los primeros pertenecen los carbohidratos y la lignina, los segundos están formados por extraíbles y sustancias inorgánicas. Estos componentes químicos normalmente son imposibles de separar en un rendimiento cuantitativo sin alteración y degradación de su estructura.

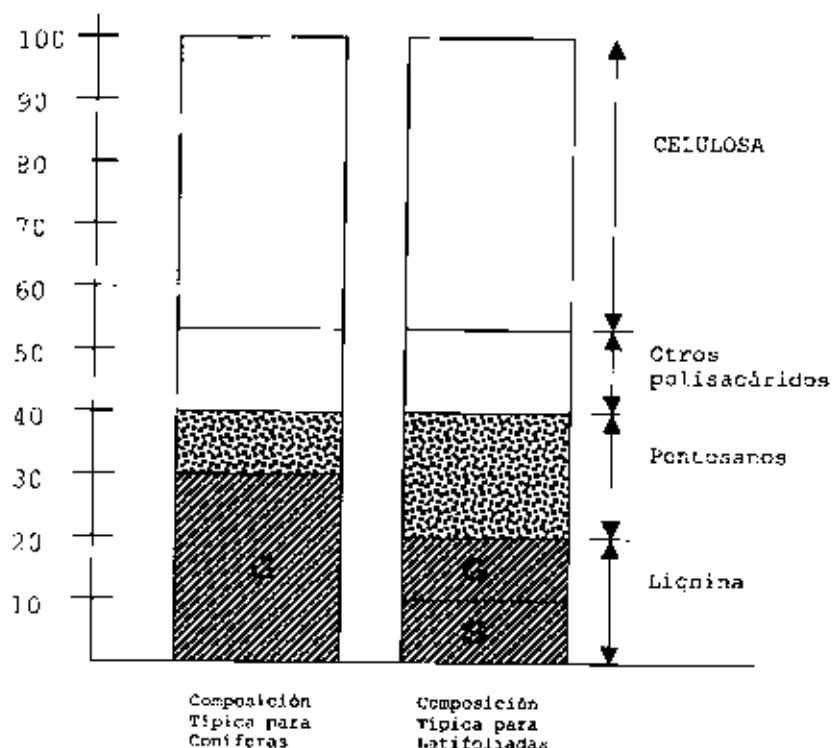
Turrado y Fonseca (25) 1981. Establecen que la composición de la madera tanto de coníferas como de latifoliadas, después de haber eliminado las sustancias extraíbles en solventes orgánicos es el siguiente:

CUADRO N° 2: COMPONENTE ESTRUCTURAL BÁSICO DE LA MADERA

LIGNINA Coníferas 27-31; Latifoliadas 18-25; Polímeros condensados de fenilpropano	HOLOCELULOSA Coníferas 70-73; Latifoliadas 72-79		
	CELULOSA 40-50; Unidades ligadas de 1-4 anhidro glucosa	POLIASAS O HEMICELULOSAS Coníferas 20-25A Latifoliadas 15-35B	
		CELULOSANOS	HEMICELULOSAS POLIURONIDAS
		Xilanos Xilanos Glucosanos D - Xilosa D - Xilosa D - Glucosa	Glucosana-Xilanos Glucosana-Arabosilanos Hexosonidos D - Xilosa L - Arabinosa D - Glucosa D Galactosa Ácidos urónicos
Estructura amorfa	Estructura cristalina	Estructura cristalina	Estructura amorfa

De esto se puede deducir que los componentes mayoritarios de las materias primas para la producción de células se presentan de la forma siguiente:

Fig: 2: DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MADERA



G : Grupos Guayacilicos

S: Grupos Siringilicos

Austing (3) 1989, establece que los productos químicos extraíbles de la madera con disolventes inertes varían según la especie del árbol y el lugar donde se encuentra; constituyendo del 5 al 25% del peso y comprenden varias clases de productos químicos.

CUADRO N° 3: COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MADERA BLANDA Y DURA

COMPONENTES	MADERA BLANDA	MADERA DURA
Holocelulosa	66.00	76.00
α - Celulosa	46.00	49.00
Pentosanos	8.50	19.50
Lignina	27.00	21.00

3.4. DENSIDAD DE LA MADERA

La Junta de Acuerdo de Cartagena 1989 (13) y 1984 (14). Sostiene que la densidad es la relación que existe entre la masa y el volumen del cuerpo, considerando que el peso de la madera es la suma del peso de la parte sólida más el peso del agua, considerando el volumen constante cuando está en el estado verde, el volumen disminuye cuando el (CH) es menor que el punto de saturación de la fibra (PSF) y vuelve a ser constante cuando ha alcanzado el estado anhidro.

Debido a que tanto la masa como el volumen varían significativamente, según el contenido de la humedad de la madera, es importante enunciar las condiciones de humedad bajo las cuales se obtiene la densidad. Para efectos de comparación de la densidad entre especies, se han normalizado los siguientes valores:



-17-

$$DA = \text{Densidad anhidro} = \frac{\text{Masa seca del horno}}{\text{Volumen seco al horno}}$$

$$DN = \text{Densidad Normal} = \frac{\text{Masa al 12\% de CH}}{\text{Volumen al 12\% de CH}}$$

$$DF = \text{Densidad en el PSF} = \frac{\text{Masa al 30\% de CH}}{\text{Volumen al 30\% de CH}}$$

Así mismo sostiene que la densidad anhidra de las especies tropicales cubre un rango muy amplio de 0.10 gr/cm³ para el SAISO (Ochroma piramidal) hasta 1.40 gr/cm³ para especies como el GUAYACAN DE BOLA.

La diferencia en los valores obtenidos se atribuye a las propiedades del líquido empleado para el desplazamiento.

1.53 gr/cm³ por desplazamiento de H₂O

1.46 gr/cm³ por desplazamiento de helio

1.44 gr/cm³ por desplazamiento de benceno.

Earl (6) 1976. Sostiene que la variación normal del peso específico dentro de la madera de una especie dada, parece que se debe a la posición de la madera en el árbol, la edad en la que se obtiene la madera y el diseño estructural del tallo.

3.5. CELULOSA

C. Earl Libby (6) 1976. Sostiene que la celulosa es carbohidrato; de esta manera se relaciona con los azúcares. Sin embargo, es un polisacárido, término que indica que su molécula contiene muchas unidades de azúcar. Muchas determinaciones individuales de peso molecular y muchos otros datos experimentales indican que el valor de n es muy grande, comprendido entre 1000 y 5000, dependiendo de la forma como se aisló, trató y purificó la celulosa. Al número de veces que la unidad $C_6H_{10}O_5$ se repite se lo llama grado de polimerización (GP). Frecuentemente el peso molecular está comprendido entre 163,000 y 810,000, pero puede caer por debajo de estas cifras o estar bastante por encima de ellas. Algunos investigadores afirman que el valor n es superior a 10,000, lo cual llevaría el peso molecular a más de 1620,000.

La celulosa es el componente estructural de mayor interés en las paredes celulares de las plantas. Existe en las paredes celulares en forma de fibras largas y filamentosas (microfibrillas). Las microfibrillas de la celulosa, en las células de la madera madura están embebidas en una matriz compuesta principalmente de hemicelulosa y lignina.

Fengel, (9) 1984, sostiene que la celulosa consiste de unidades anhidroglucopiranosas, las cuales están unidas para formar una cadena molecular. Por lo tanto la célula puede describirse como un polímero lineal con una cadena de estructura uniforme. Las unidades están enlazadas por uniones β -1-4 glucosídicas.

Turrado, J. y Fonseca (25) 1981, sostienen que la celulosa es insoluble en agua, solventes orgánicos, álcalis o ácidos diluidos a temperatura ambiente. Es relativamente resistente a los agentes oxidantes y susceptible frente a la hidrólisis ácida. Se estima un 43% como promedio para coníferas y latifoliadas.

Rodríguez, S. (21) 1965, sostiene que desde el punto de vista de la evaluación de una materia prima el contenido en celulosa tiene una relativa importancia ya que bajo ciertas condiciones, un alto contenido en celulosa puede llevar a favorecer un material sobre la base de que el rendimiento final en pulpa va a ser necesariamente alto. Por otra parte, el grado de polimerización de la celulosa guarda relación con su fortaleza, flexibilidad y solubilidad.

3.6. EXTRACTIVOS

C. Earl Libby (6) 1976, sostiene que los extractivos son materiales extraños, presente en cantidades relativamente pequeñas, pero que pueden afectar significativamente las propiedades de la madera. Los extractos pueden originar propiedades indeseables en las pulpas celulósicas, aunque también es posible que proporcionan valiosos subproductos a esta industria. Además en ocasiones la presencia de un extracto puede ayudar al anatomista de la madera en sus identificaciones.

Swan, B. (24) 1968, sostiene que los extraíbles cubren un gran número de compuestos diferentes, los cuales pueden ser extraídos por medio de solventes polares y no polares. El contenido y composición de los extraíbles varía entre especies de madera, además de las variaciones entre sitios y estacionamientos de la madera. Los extraíbles están contenidos en los canales resiníferos y en los rayos, menores cantidades se encuentran en la lámina media y en las paredes de las traqueidas.

Swan, E.P. (23) 1966, la composición de los extraíbles cambia durante el estacionamiento de la madera; especialmente los compuestos insaturados, grasas y ácidos grasos son degradados. Este es un factor importante en la producción de

-21-

pulpa ya que ciertos extraíbles en madera recién cortada producen coloración amarillenta en la pulpa.

También sostiene que muchas maderas contienen sustancias tóxicas que impiden el ataque de bacterias, hongos y termitas. Otros extraíbles dan color y olor a la madera.

Kent, A. J. (15) 1990, afirma que la mayor parte de los extractos pueden separarse de la madera con destilación de vapor de agua y por extracción con disolventes, tal como se describe a continuación.

Destilación con vapor: Hidrocarburos terpénicos, éteres, ácidos, alcoholes, aldehídos, hidrocarburos alifáticos.

Extracción con éter:- Grasas, ácidos grasos, resinas, ácidos resínicos, fitosteroles, ceras, hidrocarburos no volátiles y los compuestos volátiles.

Extracción con alcohol-Benceno:- La mayoría de los materiales solubles en éter, materia colorante y algo de tanino.

Extracción con alcohol: Tanino y la mayoría de los materiales orgánicos, excepto algunas de las resinas.

Extracción con agua:- Azúcares, almidón, gomas, mucílagos, pectina, galactonas, algunas sales inorgánicas, tanino y pigmentos.

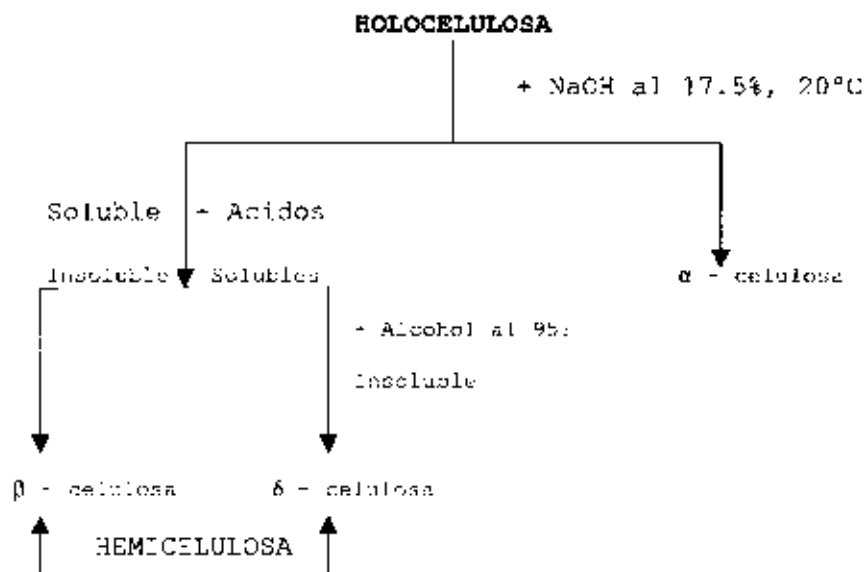
Finalmente Bueno, J. (4) 1978, reporta resultados que varían entre 1.0 y 7.54% de extractivos en alcohol - benceno y variaciones de 1.4 a 7.38% para extractivos en agua caliente.

3.7. HOLOCELULOSA

Vian (26) 1980, afirma que la celulosa es el conjunto de celulosa propiamente dicha y de hemicelulosa. La fracción celulósica de la madera (holocelulosa) está constituida por una mezcla de polisacáridos bastante análogos, pero diferentes.

Si luego de aislar la holocelulosa se la trata con disolución de NaOH al 17.5% y a 20°C se obtiene α - celulosa (celulosa noble) y hemicelulosa. Al acidular esta última se separa la β - celulosa, manteniéndose disuelta la δ - celulosa, que precipita al agregar alcohol de 95%.

Fig. 3: ESQUEMA DE LA SEPARACIÓN DE LA CELULOSA Y HEMICELULOSA



La α - celulosa es la fibra resistente de la madera por ser la de mayor longitud molecular; se forma en forma de haces fibrosos las cuales forman zonas caracterizadas por la resistencia muy superior a la de la célula normal.

Las reacciones de interés industrial de la α - celulosa son la hidrólisis que provoca el aislamiento y ruptura de los grupos pirámicos para dar azúcares (hexosas) y la de esterificación de sus grupos oxidrilos.

La β - celulosa es análoga en su composición a la α - celulosa difiriéndose de ella en que tiene una estructura muy

-24-

degradada, menor peso molecular y sus fibras son más cortas y desordenadas, lo que determina su mayor solubilidad.

La δ - celulosa es un pentosano, constituido por restos de xilopiranosos y con una estructura análoga a la α -celulosa pero con un (-H) en vez del grupo (CH-OH).

Kent, A. J. (15) 1990, la celulosa es de alta resistencia química mientras que las hemicelulosas tienen una resistencia relativamente baja a los ácidos y a las bases.

Earl, Libby (6) 1976, las hemicelulosas contribuyen a las resistencias a la tensión, explosión y doblaje de la hoja de pulpa; pero son responsables por cierta pérdida de blancura (reversión) durante el almacenamiento o envejecimiento de la pulpa blanqueada.

Marchessault, R. H. (18) y Gutman, P. J. (10) 1965, sostienen que las hemicelulosas difieren de la celulosa por que están compuestas por varios azúcares, con cadena mucho más corta y ramificadas. Las unidades de azúcar que forman las hemicelulosas se pueden dividir en grupos: pentosas, hexosas, ácidos hexurónicos y deoxihexosas.

Fig. 4: AZUCARES QUE FORMAN LAS HEMICELULOSAS

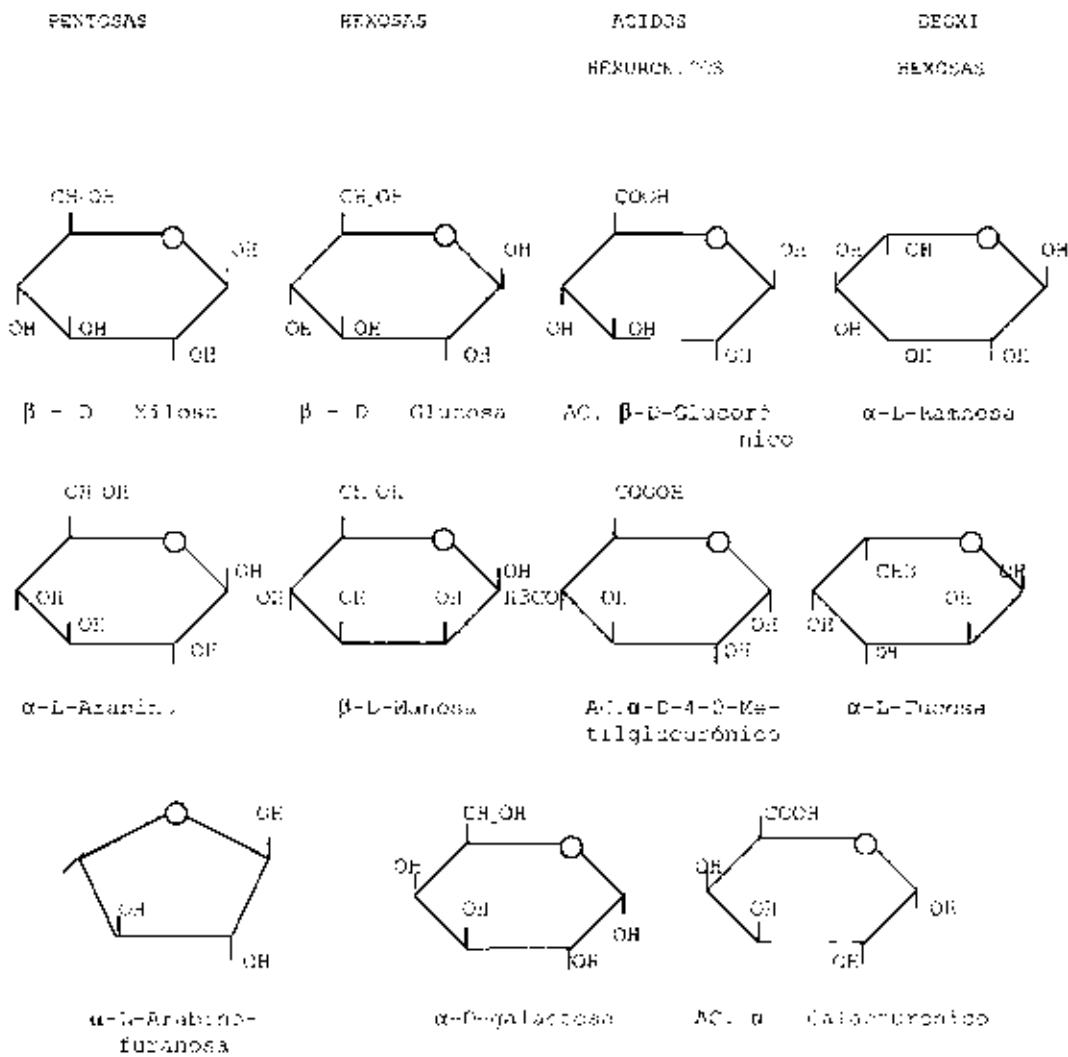
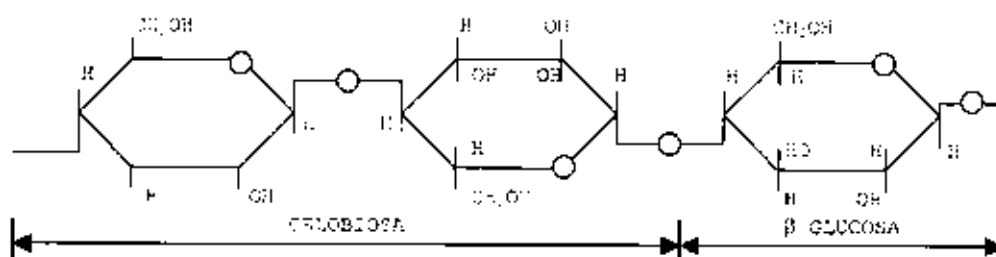
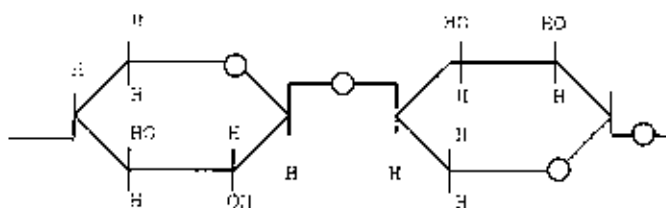


Fig. 5: ESTRUCTURA DE LA α - CELULOSA

- Estructura de la α - celulosa



- Estructura de la δ - celulosa

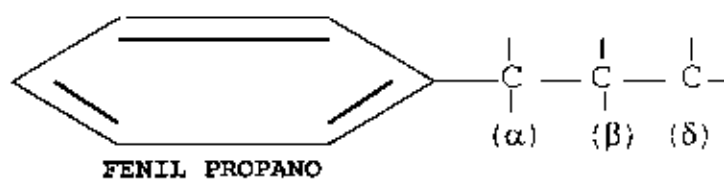


3.8. LIGNINA

Fengel, D. (9) 1984, afirma que la lignina es una sustancia amorfa localizada en la lámina media como también en la pared secundaria. Durante el desarrollo de la célula, la lignina se incorpora como el último componente hacia las paredes de la célula, interpenetrando las fibrillas y dando así, rigidez a la pared de la célula.

La proporción promedio para lignina es de 29% para coníferas y de 22% para latifoliadas.

Melo, R. y Paz, J. (20) 1984, afirman que la macromolécula de lignina está estructurada por polimerización reticulada especial de monómeros fenilpropano.



El grupo más característico que aparece en la lignina es el metoxilo (CH₃O-), diferenciándose las coníferas con un contenido aproximado de 16% de las latifoliadas, con un 22%. La lignina de las fibras tiene base siringil y en las tráqueas tiene base guayacil, apareciendo los dos grupos en la lámina media.

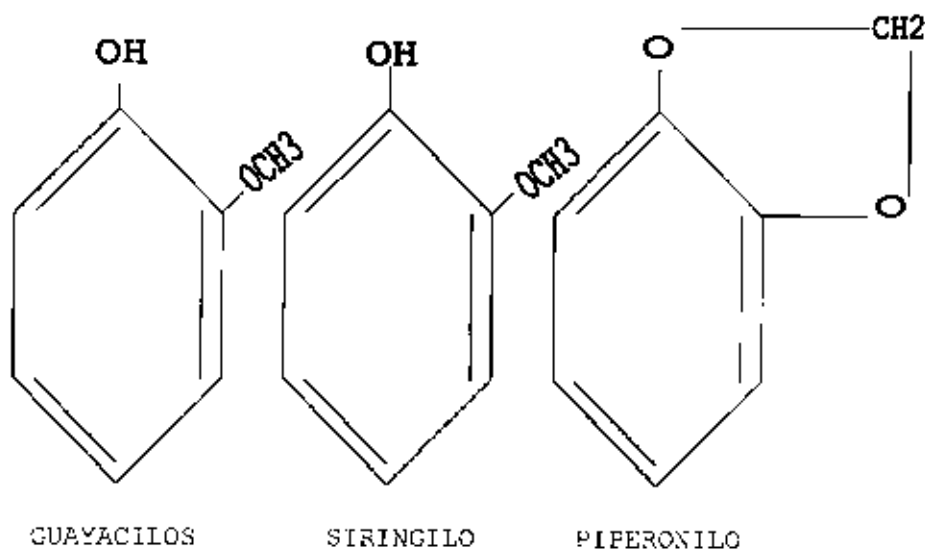
Earl Libby (6) 1976, afirma que el entendimiento de la estructura y propiedades químicas de la lignina de madera, es importante por varias razones:

1. Para tener conocimiento del efecto de la lignina en propiedades físicas de la madera, tales como la permeabilidad y la estabilidad dimensional.
2. Para explicar las diferencias en propiedades de la madera entre diferentes especies y dentro de las mismas especies.
3. Para proporcionar una base firme en el conocimiento, mejoramiento y desarrollo de procesos de manufactura de pulpa y papel y otros productos.
4. Para marcar nuevas trayectorias hacia la completa utilización de los subproductos de la lignina.

Felder R. M. (8) 1981, sostiene que la lignina brinda a la madera fuerza estructural, pero debe de eliminarse de las fibras de celulosa para la obtención de una buena calidad de papel. En su estado natural la lignina es un polímero complejo y altamente insoluble, el cual debe de descomponerse hasta el punto en que su peso molecular y características estructurales permitan su disolución.

Casey P. J. (5) 1990, afirma que la lignina de la madera suave (guayacol) están formadas por un 85 a un 90% de unidades aromáticas de guayacol, en tanto que la lignina de la madera dura (guayacol-siringina) se dividen por igual en unidades guayacol y siringina.

Fig. 6: ESTRUCTURA DE LOS COMPONENTES DE LA LIGNINA



También Casey P. J (5), afirma que el método de aislamiento más eficiente es la hidrólisis del carbohidrato, empleando ácido sulfúrico al 72% como etapa principal. Este método forma la base de la mayoría de los procedimientos para determinación de la lignina.

3.9. CENIZAS

Swan, B. (24) 1968, afirma que las cenizas corresponden a la parte inorgánica de la madera, por incineración del material orgánico a 600 - 800°C. La cantidad de ceniza está entre 0.2 y 0.5% en caso de madera de zona templada, pero puede ser mayor para maderas tropicales. También sostiene que los componentes de la ceniza son: potasio, calcio, manganeso y silicio.

Bueno, J. y otros (4) 1978, sostienen que las especies que tienen altos contenidos de cenizas y/o sílice darán lugar a un mayor desgaste de los elementos que intervienen en el talado, trozado, astillado y desfibrado, pudiendo también eventualmente presentar inconvenientes en la recuperación de reactivos en los procesos químicos y en la conservación de las máquinas papeleras.

3.10. DEFINICIÓN BOTÁNICA DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

3.10.1. Ochroma piramidale

- Nombre común : Topa, palo de balsa, etc.
- Género : Ochroma
- Familia : Bombocaceae

-31-

Llewelyn W. (17) 1936, describe que son árboles de rápido crecimiento, de hojas simples, muy largas de peciolo largo usualmente lobados profundamente y en forma de estrellas. Poseen fibras de color marrón parecido al algodón. La madera es suave y ligera, por lo general es usado como balsa en las navegaciones fluviales.

Es un árbol de crecimiento rápido, pero ocasionalmente ocurre como árbol de bosques altos y aparece inmediatamente en cuanto se limpia el bosque.

3.10.2. Cecropia polystachya

- Nombre común : Cetico
- Género : Cecropia
- Familia : Moraceae

Herrera, J. (11) 1990, describe como un árbol de 20 a 30 m de altura. Con hojas venada en toda su longitud y con pelos grisáceos. Frutos maduros de 0.2 - 0.3 cm de longitud finamente verrugosos, se encuentra distribuido a lo largo de la Amazonia (Bolivia, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela).

Esta especie es también propia de bosques secundarios. La madera por lo general es usado como leña (combustible).

Llewelyn W. (17) 1986, las describe como árboles de corta vida, crecimiento rápido, invaden sitios libres de los bosques y se establecen notablemente entre otros árboles. Sus tallos son huecos con particiones separadas, infestadas con pequeñas hormigas que infringen mordeduras cuando se molesta al árbol.

3.10.3. Acalypha macrostachya

- Nombre común : Yanavara negra
- Género : Acalypha
- Familia : Euphorbiaceae

Herrera, J (11) 1990, lo caracteriza como hierbas arbustos o pequeños árboles. Hojas alternas, peciolo delgado, con estípulas, flores monoicas con espigas largas o cortas las flores pistiladas (femeninas) protegidas por brácteas dentadas. El fruto es una cápsula pequeña de 3 células. El género está representada localmente por algunas especies de pequeña importancia económica.

Esta especie por lo general es usada como durmiente, como pie derecho en la construcción de techos aligerados y como leña.

También podemos afirmar que es de crecimiento rápido y exclusivo de bosques secundarios.

3.10.4. Cupania cineria

- Nombre común : Papina colorada
- Género : Cupania
- Familia : Sapindaceae

Herrera, J. (11) 1990, caracteriza como árboles de hojas alternas largas en racimos, de forma oblonga con el borde encerrado, de ápice redondo y de base aguda, de fuste cilíndrico, lisa, ramificación simpodial de aproximadamente 10 a 12 m. De corteza externa lisa sin agujones, con ritidoma de consistencia cartácea, raíces pivantes tablares, de frutos en forma capsular con 2 a 4 lóbulos.

Es una especie de crecimiento moderado (10 - 15 años) y de bosques secundarios, es usado como poste en la construcción de casas rústicas y como leña.

Estas especies abundan en toda la Amazonia, los descritos en el presente trabajo con muestras obtenidas de selva alta, correspondientes a la Provincia de San Martín, el área está situado al sur-este del Distrito de Tarapoto una altura aproximada de 350 msnm. El nombre común es propio de la zona, el nombre científico está en función a la identificación dendrológica, comparada con la descripción realizado con Herrera, J. (11) y Llewelyn Williams (17) y a la descripción realizado en el bosque.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El estudio, se realizó en el laboratorio de Tecnología de Productos Agroindustriales no Alimentos (TEPANAL) y el laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), de la Universidad Nacional de San Martín.

4.2. MATERIALES

4.2.1. MATERIAL ESTUDIADO

Constituido por muestras de madera de Cecropia polystachya (cetico), Acalypha macrostachya (yanavara negra), Ochroma pyramidale (topa) y Cuparania cineria (tapina), provenientes de los bosques naturales del distrito de Tarapoto.

Las muestras de madera para el estudio, se tuvo en cuenta, el crecimiento rápido, cuya edad de las especies se determino por el número de anillos de crecimiento, encontrándose especies como la tapina colorada de 14 anillos que comprende una edad de 7 años, el cetico de 8 años, la topa de 5 años y la yanavara negra de 8 años. suelos de bosques secundarios y de maderas cuya densidad es de baja a media. Las muestras de madera estuvo conformada por un árbol por cada especie, de cada árbol se cortaron tres trozas de 90

cm de longitud y un diámetro promedio de 25 cm.; la primera de la parte inferior, la segunda de la parte media y la tercera de la parte superior, cada troza fue debidamente codificado. En total se colectaron doce trozas procedente de 4 árboles y 4 especies. Las especies se obtuvieron de los bosques naturales ubicados en la parte Nor Este a una distancia de tres kilómetros de la ciudad de Tarapoto y a una altura aproximada de 350 msnm.

4.2.2. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL ESTUDIADO

La identificación de la especie estuvo a cargo de la sección de Dendrología del Departamento de Manejo Forestal de la Universidad Nacional de Cajamarca, sucursal Jaén.

4.2.3. REACTIVOS

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Clorito de sodio (NaClO₂)
- Ácido acético glacial (CH₃-COOH)
- Etanol (C₂H₅OH)

4.2.4. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

- Cápsulas de porcelana de porosidad media
- Papel filtro sin cenizas

-36-

- Equipo de filtrado por succión
 - Bomba de vacío, 760 mmHg de presión.
 - Crisol filtrante de porosidad media.
- **Equipo de soxhlet**
 - Balón fondo plano de 250 ml de capacidad.
 - Refrigerante, soporte universal, extractor.
- Balanza analítica de 0.1 mg de precisión
- **Baño maría:** marca Memmert, capacidad 8 litros, temperatura máxima de 110 grados centígrados.
- **Estufa de secado:** marca Memmert, temperatura máxima de 230 °C.
- Fiole de 1000 ml y 500 ml
- Vaso de vidrio de 250 y 1000 ml
- Probetas de 2000, 500 y 10 ml
- Embudo de vidrio
- Tamices N° 60, (0.18 mm), 40 (420 um) y 60 (0.25 mm)
- Cronómetro
- Vaguetas
- Desecador o campana desecador marca Glaswern Werthein (1990).
- Horno eléctrico: marca Warning, temperatura máxima de 1200°C.
- Pizarra de acero inoxidable.
- Cocina eléctrica: marca Fisher, modelo 230 M.

4.3. METODOLOGÍA

4.3.1. MÉTODOS DE ANÁLISIS (NORMAS STANDARDIZADAS)

DETERMINACIÓN DE CENIZA EN MADERA (NORMA ASTM-D1102-56)

Calcinar previamente el crisol vacío con su tapa a 600°C , enfriarlo en un desecador y pesarlo a la décima de miligramo. Colocar los dos(2) gramos de la muestra de ensayo en un crisol, determinar el peso del crisol mas la muestra y colocarlos en la estufa de secado a $100^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$, con la tapa del crisol removido. Después de una hora, recolocar la tapa sobre el crisol, colocar en un desecador y enfriarlo. Repetir el secado y la pesada, hasta que el peso del sistema se mantenga constante con precisión de 0.1 mg. Durante los periodos de enfriamiento y pesado mantener la tapa del crisol para prevenir la absorción de humedad del aire. Registrar el peso (crisol mas muestra menos peso del crisol) como el peso de la muestra anhidra.

Colocar el crisol y su contenido sin su tapa en el horno y quemar hasta que todo el carbón haya sido eliminado. Calentando suavemente primero para evitar llamas y pérdidas del material. La temperatura no debe sobrepasar los 600°C .

Sacar el crisol del horno, enfriar en un desecador colocando suavemente la tapa; enfriar y pesar el conjunto con

-38-

el mayor cuidado posible. Repetir el calentamiento por periodos de 30 minutos, enfriar y pesar la muestra de nuevo como antes, hasta que las pesadas se mantengan constantes dentro de un rango de 0.2 mg.

DETERMINACIÓN DE MADERA PARA ANÁLISIS QUÍMICO (NORMAS ASTM-1110-5 Y ASTM 1109-56)

Colocar una cantidad adecuada de la muestra en el crisol de extracción, asegurándose que la muestra no se extienda sobre el nivel del tubo del sifón. Extraer durante cuatro (4) horas con alcohol etílico al 95% hasta que el alcohol del sifón sea incoloro.

Si el extractor está muy lleno un crisol Goosh del tamaño adecuado puede ser colocado en el borde del extractor para mantener la muestra. La extracción con cada solvente debe ser efectuado a un ritmo no menor de cuatro (4) sifoneadas por hora.

Sacar la madera del extractor esparcirse en una capa delgada y dejarla secar al aire hasta que esté libre de alcohol. Transferir el material a un erlenmeyer de un litro y extraer sucesivamente con tres porciones de un litro de agua destilada, calentando el frasco en cada cambio de agua por una hora en un baño de maria a 100°C. El agua debe estar

en su temperatura de ebullición antes de agregarla a la madera y el frasco en el baño maria debe estar enteramente sumergido en el agua hirviendo.

Después de la tercera extracción con agua, el proceso está terminado, se debe filtrar en un embudo Buchner lavar con 500ml de agua destilada hirviendo y dejarla la madera libre de extraíbles al aire.

DETERMINACIÓN DE HOLOCELULOSA (MÉTODO DE CLORITO)

Se pesan 5 gr. de muestra anhidra libre de extraíbles. Los cuales se transfieren a un vaso de 250 ml se adiciona 150 ml de agua destilada, se lleva a un baño termostático a $67^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y se adicionan 1,5 gr. de clorito de sodio y 0,5 ml de ácido acético glacial (sino se dispone de ácido concentrado, se efectúan los cálculos para que se agregue la cantidad necesaria de ácido acético puro a la solución), todo este sistema se deja por un periodo de 45 minutos. el tratamiento se repite dos veces más, después de los cuales se filtra y lava con bastante agua destilada , primero caliente y luego fría, se lleva a estufa ($105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), se enfría y pesa.

$$\% \text{ HOLOCELULOSA} = (P_f/P_i) * 100$$

Donde:

Pf : Peso final o residuo de holocelulosa

Pi : Peso de muestra original

DETERMINACIÓN DE CELULOSA (NORMA ASTM D 1103-60)

En el mismo momento en que la muestra es pesada, pesar una porción adicional de 2 gr. de aserrín seco al aire en un pesa filtro tarado. Secar en una estufa por dos horas a 100°C

105°C, colocar la tapa y enfriar en un desecador. Sacar la tapa para igualar la presión y pesar. Continuar el pesado por periodos de una hora hasta que el peso sea constante. Calcular el porcentaje de humedad presente en la madera.

Remover los extraíbles de la muestra de madera según la norma ASTM D-1105 Método D. Luego, remueva la lignina de la madera libre de extraíbles siguiendo el método descrito en la norma ASTM D 1104, ensayo para holocelulosa en madera. Secar al aire la holocelulosa que ha sido aislada.

Transferir cuantitativamente la muestra de holocelulosa seca a un vaso de vidrio químicamente resistente de 250 ml provisto de una tapa.

Medir cuidadosamente 25 ml de solución de hidróxido de sodio al 17.5% y mantener a 20°C. Adicionar 10 ml de esta solución a la holocelulosa, que se mantendrá a 20°C en un baño maria y cúbralo con un vidrio de reloj. Agite la holocelulosa ligeramente con una varilla de vidrio con el

-41-

extremo, aplastando a fin de que toda la muestra entre en contacto con la solución alcalina. Después de 2 minutos, agite y presione la muestra con la varilla de vidrio a fin de separar las partículas unas de otras. Cinco minutos después de agregada la primera alicuota, adicione 5 ml más de solución alcalina al 17.5% y agite bien la muestra con la varilla de vidrio. Después de otros 5 minutos adicione otros 5 ml de solución y agite. Quince minutos después de adicionar la primera porción, se agregan los últimos 5 ml, agitando nuevamente con la varilla de vidrio. Se deja reposar la muestra en un lugar a 20°C por 30 minutos para hacer un tiempo total de tratamiento con hidróxido desoido de 45 minutos.

Pasado los 45 minutos, el tratamiento cáustico ha terminado. Adicione 33 ml de agua destilada a 20°C a la mezcla, para que la concentración de la solución sea de 8.37. mezcla vigorosamente los contenidos del vaso, los que han permanecido en él desde el principio y llévelos a reposo a 20°C por una hora antes de filtrar.

Filtre la celulosa con aire de succión sobre un crisol filtrante resistente al álcalis de porosidad media, el cual ha sido pesado con anterioridad. Transferir todo residuo al

-42-

filtro y lave con 100 ml de solución de hidróxido de sodio al 8.3% a 20°C.

Después que la solución de soda para lavado ha pasado a través del residuo en el filtro, continúe el lavado con agua destilada a 20°C, asegurándose de que todas las partículas del vaso han sido transferidos al filtro. El lavado de la pulpa en un litro se facilita cortando la succión y llenando con agua el filtro hasta 6 mm del borde superior, remueva cuidadosamente el material celulósico con la varilla de vidrio de modo que se separe todos los grumos presentes y aplique succión nuevamente. Repetir este paso dos veces. El filtrado obtenido en esta etapa del procedimiento puede ser recogido para la determinación de Botacelulosa.

Vierta en el filtro 15 ml de ácido acético al 16% a temperatura ambiente, drene el ácido de la celulosa por succión hasta que solo quede cubierta por él, someter la celulosa al tratamiento ácido por 5 minutos desde el momento que se dejó de hacer succión, luego aplicar succión para drenar el ácido acético restante. Sin dejar de hacer succión, llenar el filtro hasta el borde con agua destilada a 20°C y luego llenar completamente. Repetir el lavado hasta que el residuo de celulosa este libre de ácidos. Dar un lavado final

-43-

por arrastre y succión, a través de la celulosa con 250 ml de agua destilada adicionales.

Secar el filtro en la base y los lados con una tela y luego junto con el pesa filtro en el cual la madera fue pesada originalmente, colocarlo toda la noche en una estufa a 100°C - 105°C. Después se saca el filtro de la estufa, se pone en el pesa filtro al que se coloca su tapa. Enfriar el conjunto en un desecador por una hora antes de pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ CELULOSA} = (W2/W1) * 100$$

Donde:

W2 : Peso anhidro del residuo de alfa celulosa según el método descrito

W1 : Peso anhidro de la muestra original de madera

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA (NORMA ITINTEC N° 011)

Determinar el volumen de la probeta de madera por desplazamiento de agua destilada. Para el efecto medir 350 ml de agua destilada en una probeta de vidrio y en ella introducir las probetas de madera; primero una y posteriormente la segunda, midiéndose el volumen de agua desplazada que equivale al volumen de la muestra

-44-

Sacar las probetas de madera al horno. Para esto introducir las muestras de madera en la estufa a 50°C por espacio de 20 minutos incrementando la temperatura hasta 100°C y luego a 150°C, para cada temperatura tomar 20 minutos respectivamente (total de tiempo de secado de una hora).

Sacado las muestras de la estufa, colocar en la campana desecadora por 10 a 15 minutos. luego de enfriado las muestras determinar los pesos seco a horno usando la balanza de precisión.

Cálculos:

$$D_b = PSH / VV$$

Donde:

PSH : Peso seco al horno

VV : Volumen verde o volumen seco al aire

D_b : Densidad básica

4.3.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE MADERA PARA ANÁLISIS QUÍMICO.

Para efectuar el análisis químico de las muestras de madera colectadas se procedió a obtener aserrín, cortando parte de cada una de las trozas constituyentes de la muestra por especie, en rodajas de 2 cm de espesor en sierra de

disco. Con las debidas precauciones se recogió el aserrín de cada troza, con sus respectivos códigos; para posteriormente mezclar el aserrín obtenido de las tres trozas por especie en partes iguales; la mezcla fue tamizada, utilizándose para el análisis la fracción que pasa por la malla N° 60 y fue retenida por la malla N° 80, conforme a las Normas ASTM 1105-56, ASTM 1110 - 56 Y ASTM 1109 - 56.

4.3.3. ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE MADERA

Para el análisis químico se realizó una recopilación previa de Normas y Métodos para luego de un cuidadoso análisis elegir los más apropiados tanto del punto de vista operativo como el de la facilidad de adquisición local de equipo y reactivos.

El análisis químico de las muestras en estudio, se efectuó de acuerdo a las Normas y Métodos especificados en cada caso.

Extractivos en alcohol	:	Norma ASTM 1105 - 56
Extractivos en agua	:	Norma ASTM 1105 - 56
Holocelulosa	:	Método del Clorito
Celulosa	:	Norma ASTM D - 1103 - 60
Lignina	:	Norma ASTM D - 1106 - 56
Cenizas	:	Norma ASTM D - 1102 - 56

Todos los análisis químicos se hicieron en base seca según la Norma estandarizada.

Los ensayos físicos como humedad y densidad se realizaron de acuerdo a Normas del INTITEC (NOY INDECOPI).

4.3.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

- a) **SECADO:** Operación que tiene por finalidad secar las muestras representativas del aserrín de las especies en estudio, hasta obtener un peso constante, permitiéndonos obtener también residuos de lignina, cenizas, hemicelulosa y celulosa.
- b) **DESTILADO:-** Operación que tiene por finalidad separar los compuestos solubles en solventes neutros y que no son parte de la sustancia leñosa, preparando las muestras libre de extraíbles. En esta operación se utiliza el equipo de extracción soxhlet.
- c) **FILTRADO:-** Operación que tiene por finalidad remover los componentes orgánicos, después de un tratamiento químico y que interfieren en el análisis del

-47-

componente a aislar. Por ejemplo en el aislamiento de holocelulosa, se remociona la lignina haciendo reaccionar Clorito de sodio en medio de ácido acético.

- d) **TRATAMIENTO QUÍMICO:**- Operación que nos permite aislar los componentes estructurales de la madera.
- e) **REPOSO:**- Es una operación que nos permite tomar el tiempo necesario para el ataque de los reactivos químicos durante el tratamiento químico; así mismo esta operación nos permite sedimentar el componente a aislar.
- f) **LAVADO:**- Operación que permite obtener un componente aislado libre de reactivos químicos, realizando esta operación durante el filtrado.
- g) **PESADO:**- Operación que nos permite obtener datos tanto de la muestra original (aserrín), como del componente aislado después del tratamiento químico efectuado a la muestra original.
- h) **CALCINADO:**- Operación que se efectúa en horno a temperatura por encima de 500°C por un tiempo de 2

horas, hasta obtener compuestos minerales como la ceniza.

4.3.5. ENSAYOS

Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de Tecnología de Productos Agroindustriales no Alimentos y en el laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

4.3.5.1. ENSAYOS QUÍMICOS

Los ensayos químicos se efectuaron conforme al procedimiento de las Normas estandarizadas (ASTM) en la determinación del componente estructural de las especies en estudio.

4.3.5.2. ENSAYOS FÍSICOS

Se determinaron la densidad básica y la densidad anhidra de cada especie, siguiendo las Normas ITINTEC (HOY INDECOPI).

También se determinó la humedad anhidra en probetas de 10 x 3 x 3 cm conforme a las Normas ITINTEC (HOY INDECOPI). En los ensayos físicos es necesario considerar que para el análisis químico de la composición estructural de las especies, se tuvieron en cuenta el tamaño de las partículas

(aserrín) de las especies en estudio; como para las cenizas y lignina las que pasaron por malla N° 40 y para la holocelulosa, las que pasaron por malla N° 60 y recogido en malla N° 80.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.4.1. CONTENIDO DE CELULOSA

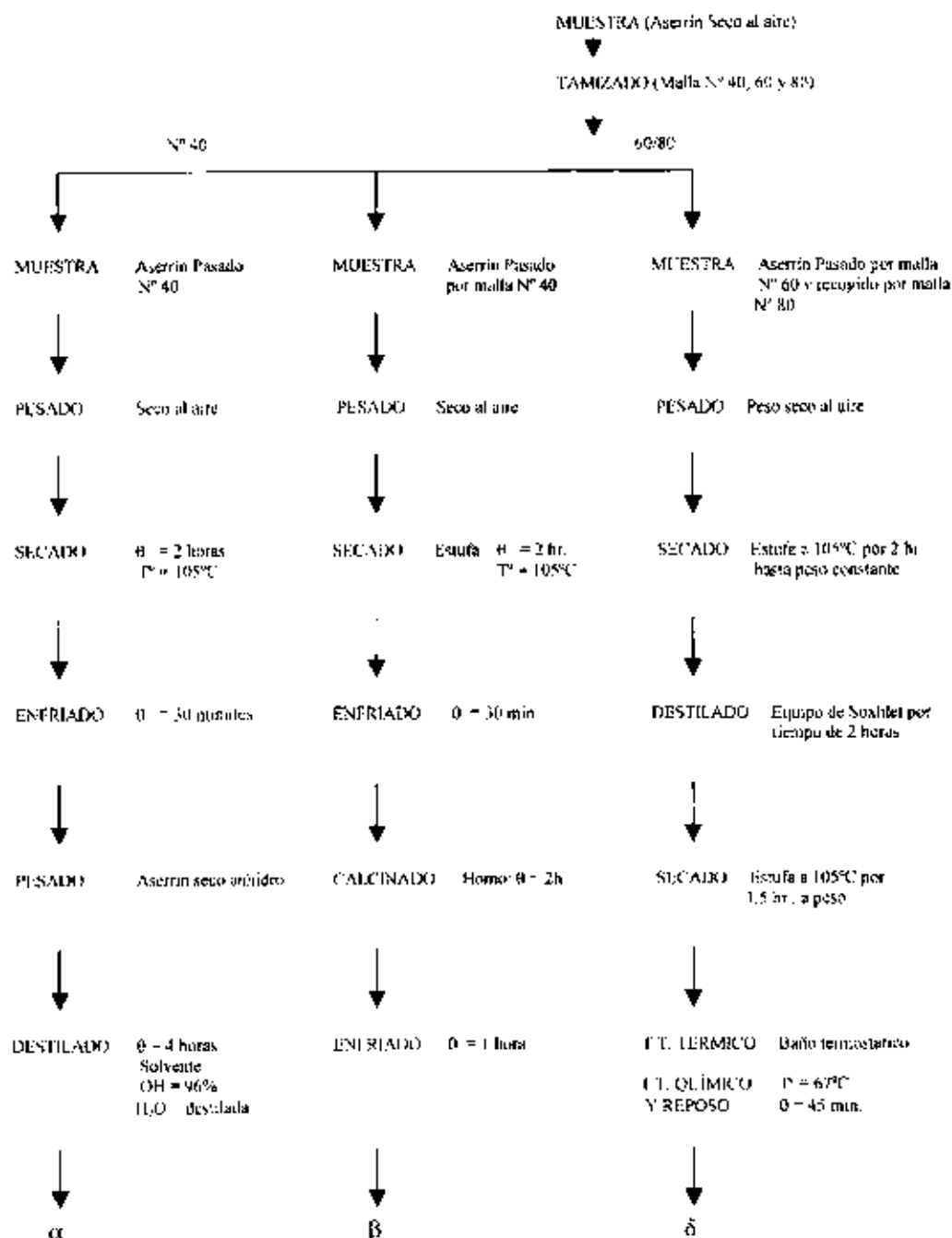
Los valores experimentales de la composición porcentual de celulosa de las cuatro especies fue sometida a un análisis factorial de cuatro por tres por tres, con la finalidad de determinar el grado de significancia entre especies y entre los silios del muestreo de cada especie.

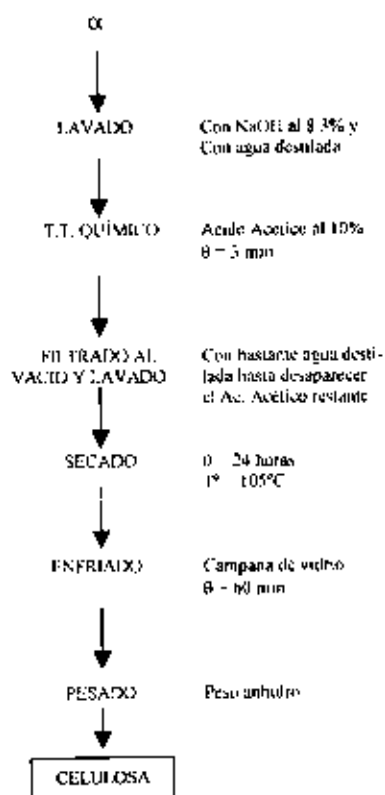
4.4.2. ANÁLISIS FÍSICOS.

Se obtuvo de muestras representativas, constituidos por probetas de 10 x 3 x 3 cm. se tomaron 2 repeticiones por cada especie.

Tanto la densidad como la humedad tuvieron un rango de diferencia entre muestras de 1% y de 5% para la humedad. También se consideraron como parámetros de referencia los reportados en datos bibliográficos para especies latifoliadas.

FLUJOGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE AISLAMIENTO DE LA COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO





V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL

Los resultados obtenidos en el presente estudio de presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 4: COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

ESPECIES (N. Común)	EXTRACTIVOS		HOLOCE- LULOSA %	CELULOSA %	HEMI- CELULOSA %	LIGNINA %	CENIZA %
	ALCOHOL %	AGUA %					
TOPA (<i>Ochroma pyramidale</i>)	12.00	2.60	35.60	46.10	14.20	15.10	1.00
CETICO (<i>Cestonia subaustrii</i>)	9.80	2.10	30.60	49.20	10.90	2.10	2.30
YANAVARA NEGRA (<i>Acalypha macrocalyx</i>)	5.30	1.40	31.10	5.70	51.40	9.00	1.00
FAPINA COLORADA (<i>Cupania cineria</i>)	2.60	2.00	24.40	19.70	21.70	9.00	1.00

Conforme a lo indicado en el presente cuadro se han determinado los porcentajes de extractivos en alcohol y en agua; el porcentaje de celulosa, de lignina, de hemicelulosa, de holocelulosa y de cenizas totales. Todos los porcentajes están referidos a madera de masa constante.

Para extractivos en alcohol se encontrado un mínimo de 2.6% en Fapina colorada (*Cupania cineria*) y un máximo de 12% en Topa (*Ochroma pyramidale*), con una marcada diferencia obtenida por Bueno, J., y otros (4) encuentran variaciones de

-54-

0.4% a 2.7% de extractivos para 53 maderas de la zona de Iquitos.

El alto contenido de extractivos en alcohol encontrados en el presente estudio causaría problemas en la designificación de la madera, afectando significativamente el rendimiento en pulpa.

Para extractivos en agua se ha encontrado un mínimo de 1.90% en Yanavara negra (Acalypha macrostachya) y un máximo de 3% en Fapina colorada (Cupania cineria), encontrándose que no existe una marcada diferencia los obtenidos por Bueno, J., y otros (4), encontrándose variaciones de 1.4% a 7.38%. Sumados los contenidos de extractivos en alcohol y en agua, el mayor porcentaje, 14.6%, es el de Topa (Ochroma pyramidale) y el mínimo 5.6%, corresponde al de Fapina colorada (Cupania cineria).

Respecto a la celulosa se observa que el porcentaje más alto corresponde a Fapina colorada (Cupania cineria) el 56.7% y el mínimo en Topa (Ochroma pyramidale) el 44.4%. Bueno, J., y otros (4) reportan variaciones de 56.43% a 44.22% de celulosa para 53 maderas de la zona de Iquitos, existiendo por lo tanto bastante similitud con el valor encontrado en la presente investigación.

-55-

Turrado y Fonseca (25) para la composición de latifoliadas establecen un rango de 50 - 60% de celulosa. Lora, F. Miro, J. (16) en su obra técnicas de defensa del medio ambiente, establece un rango para los vegetales empleados en la fabricación de pasta de 50 - 55% de celulosa. Valores que son bastante cercanos a lo obtenido en el trabajo de investigación.

El contenido de celulosa es de importancia en la evaluación de una madera, pues un alto contenido de celulosa puede llevar a favorecer un material sobre la base de que el rendimiento final en pulpa va a ser necesariamente alto.

PUREZA DE LA CELULOSA AISLADA

Se estima que la pureza de la celulosa obtenida está alrededor de 85 - 90% debido a las condiciones de aislación. Es importante indicar que el grado de pureza de la celulosa va depender de la forma de cómo se trató y de cómo se hicieron las determinaciones durante el proceso de aislamiento de la celulosa.

El mayor contenido de lignina se presenta en la Topa (Ochroma pyramidale) el 10.10% y el menor corresponde a la Papina colorada (Cupania cineria), el 8.2% mientras que lo obtenido por Bueno, J. , y otros (4) en el análisis químico

-56-

de 53 especies tropicales de la zona de Iquitos corresponde a un valor máximo de 33.65% y un mínimo de 20.33%. Esta marcada diferencia posiblemente esté asociada significativamente a la edad de los árboles, como también puede estar asociado al tipo de suelo.

Asimismo Turrado y Fonseca (25), establecen un rango para maderas latifoliadas de 18 a 25%, rango que está en lo establecido en el trabajo de investigación. En término general un bajo contenido de lignina favorece la obtención de una buena calidad del papel.

El mayor contenido de cenizas se presenta en la Topa (*Ochroma pyramidale*) el 1.2% y el menor corresponde a Cotico (*Cecropia polystachya*) el 0.9%, siendo bastante similar a lo obtenido por Bueno, J. , y otros (4) en el análisis químico de 53 especies tropicales de la zona de Iquitos, quien reporta un rango máximo de 2.83% y un mínimo de 0.25%. Lora, P. Miro, J. (16) por su parte estableció un rango de 0.5 - 5%. En términos generales los componentes minerales (cenizas) a un mayor contenido producen una mayor desgaste en los elementos cortantes de maquinarias, como también presentan inconvenientes en el proceso de recuperación de reactivos.

El mayor contenido de hemicelulosa se presenta en la Topa (*Ochroma pyramidale*) con 44.2% y el mínimo corresponde a la Papina colorada (*Cupania cineria*) con 34.7%. Por su parte Turrado, J. y Fonseca, S. (25) establecen un rango para las maderas latifoliadas de un mínimo de 15% y un máximo de 35%, siendo bastante cercano a los establecido en el presente trabajo de investigación.

El mayor contenido de hemicelulosa proporcionará pulpa con una mayor resistencia, tanto en la tensión, explosión, como a la dobléz de las hojas de pulpa; pero pueden producir pérdida de la blancura durante el almacenamiento de la pulpa blanqueada.

CUADRO N° 5: DENSIDAD SECO AL HORNO Y BÁSICA DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

ESPECIE	DENSIDAD BÁSICA (g/u)	DENSIDAD ANHIDRA (g/u)	DENSIDAD DE HUMEDAD (%)
IPA (<i>Ochroma pyramidale</i>)	0.143	0.152	18
CETICO (<i>Cecropia polystachy</i>)	0.121	0.149	15
YANAVARA NEGRA (<i>Aculmpha macrostachy</i>)	0.158	0.186	16
PAPINA COLORADA (<i>Cupania cineria</i>)	0.606	0.655	15

CUADRO N° 6: CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS SEGÚN SU DENSIDAD BÁSICA

ESPECIE (N. Común)	DENSIDAD BÁSICA (g/cm ³)	CLASIFICACIÓN
TPA (<i>Ochroma pyramidale</i>)	0.143	Muy baja
CETICO (<i>Cecropia polytashiy</i>)	0.421	Media
YANAVARA NEGRA (<i>Acalypha tetrostachya</i>)	0.438	Media
FAPINA COLORADA (<i>Cupania cineria</i>)	0.606	Alta

- Las especies estudiadas, según su densidad básica se clasifican desde muy baja (*Ochroma pyramidale*), hasta una densidad alta (*Cupania cineria*); Arrostequi (1) 1975 en el estudio tecnológico de maderas peruanas clasificó a las especies forestales tomando el siguiente criterio:

- Muy baja; densidad menor a 0.30 gr/ cm³
- Baja; densidad entre 0.31 gr/cm³ a 0.40 gr / cm³
- Media; densidad entre 0.41 gr/cm³ a 0.60 gr / cm³
- Alta; densidad entre 0.61 gr/cm³ a 0.75 gr / cm³
- Muy alta ; densidades mayores de 0.75 gr / cm³

-59-

La densidad básica de la Fapina colorada (Cupania cineria) es más alta 0.606 gr/cm^3 en relación a las demás especies estudiadas. Según la Junta de Acuerdo (12) la densidad de las especies tropicales establece un rango que va desde 0.10 gr/cm^3 hasta 1.40 gr/cm^3 .

La densidad de las especies estudiadas establece un rango de 0.14 gr/cm^3 hasta 0.606 gr/cm^3 . La Junta de Acuerdo de Cartagena (12) clasifica como maderas blundas aquellas cuyas densidades están comprendidas entre 0.40 gr/cm^3 a 0.72 gr/cm^3 .

Hay que establecer que la densidad básica de la madera guarda una relación directa con su velocidad de crecimiento y en término de rendimiento de pulpa por hectárea, así como el uso de reactivo durante el proceso de elaboración de pulpa-papel.

VI. CONCLUSIONES

1. Del cuadro de composición química la madera de Cupania cineria, es la que posee mayor rendimiento porcentual (56.7%) en cuanto a la celulosa y con una densidad básica mayor (0.606 gr/cm³) comparativamente a las demás especies en estudio.

Debido a un mayor rendimiento de celulosa y a una mayor densidad, se puede afirmar que esta especie es apropiada para la industria papelera.

2. Si relacionamos los componentes químicos de la especie (Cupania cineria) como : Extractivos, Lignina y Cenizas que influyen en el rendimiento durante el proceso de elaboración de pasta vegetal ; podemos afirmar que son valores relativamente aceptables en comparación a las de las especies en estudio.

3. No podemos descartar las especies como Cético (Cecropia polystachya), Yanavara negra (Acalypha macrostachya) como materia prima, puesto que también pueden ser muy bien aprovechados en la elaboración de pulpa dado al contenido relativamente alto de celulosa que presentan (49.8% y 54.7%

-61-

respectivamente), si comparamos con la Topa (Ochroma pyramidale) que solamente tiene un 44.% de celulosa, valor que es el menor a las tres especies restantes, aún cuando su densidad es mucho menor.

4. De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) el contenido de celulosa entre especies es altamente significativo. Esto quiere decir que los valores de celulosa varían de acuerdo a la especie, como también se da de acuerdo a la edad de la especie a la geografía del terreno, al nivel de altura y a la estación.

La diferencia significativa de las especies en cuanto a celulosa se contrasta con la prueba de comparación de DUNCAN.

5. El contenido de celulosa de la madera de Fapina colorada (Cupania gineria) y yanavara negra (Acalypha macrostachya), son valores muy cercanos (56.70 y 54.70)% entre ellos en comparación a las de mas especies que si tienen diferencias muy marcadas como nos demuestra el cuadro N° 5 del Anexo.

-62-

6. De acuerdo a la prueba DUNCAN la madera de Fapina colorada y Yanavara negra ocupan el primer lugar, el Cético en segundo orden y la Topa en el tercer lugar de importancia en cuanto a contenido de celulosa.

7. El contenido de celulosa de todo el tronco de las especies estudiadas es similar tal como nos demuestra el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de DUNCAN (Cuadro N° 6 del Anexo) que no son significativos entre ellos es decir que el contenido de celulosa en la parte inferior, media y superior del árbol presentan gran similitud entre ellos.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se presenta las siguientes recomendaciones:

1. De los resultados el contenido de celulosa se recomienda utilizar la Eapina colorada (Cupania cineria) en el procesamiento de pulpa, al mismo tiempo es necesario realizar pruebas complementarias como refinado e índice de drenabilidad, ensayos físicos y mecánicos (gramaje, porosidad, resistencia a la tensión, resistencia al plegado, resistencia al reventamiento) y pruebas químicas en pulpa (índice kappa, índice cloro, lignina residual), etc. que nos permitirán determinar la calidad de papel.
2. Tanto el Cetico como la Yanavara negra son especies que también pueden servir para la elaboración de pulpa-papel; si consideramos el contenido de celulosa en la topa.
3. Si se pretende trabajar con una de estas especies citados en el presente trabajo de investigación para la elaboración de pulpa, es recomendable realizar los

-64-

análisis químicos considerando la edad de los árboles.

4. Realizar estudios similares sobre la composición química de las maderas con otras especies forestales a fin de contar con un banco de datos sobre el potencial fibroso del bosque de selva alta.
5. Realizar análisis químico de otras partes del árbol (ramas, tronco y hojas) con la finalidad de contar con una información mas completa de las especies en estudio.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ARROSTEGUI, V.A. (1975). "Estudio tecnológico de maderas del Perú". Centro de Investigación Agraria de la dirección general del ministerio de agricultura. Universidad Agraria La Molina. Lima- Perú, pag. del 12 al 20.
2. ASTM(1990). "American society For Testing and material". Anual Book of ASTM estándar Vol. 16.
3. AUSTING GEORGE, T. A. (1989). "Manual ed procesos Químicos en la Industria" Tomo III. Quinta edición, pag. 60 68.
4. BUENO M, J. Y Otros . (1978) "Estudio de posibilidades industriales de las maderas nacionales para fabricación de pulpas de papel". Departamento de industrias forestales. UNA, MIT. Lima - Perú, pag. 16 - 25.
5. CASEY, P. J. (1990). "Pulpa y papel - Química y tecnología". Vol. 1 , editorial Limusa. Primera edición. Pag. 10 - 16.

6. EARL, L. (1976). "Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel". Tomo I. Ed. Continental S.A. sexta impresión. México, pag. 39 - 79.
7. ESPASA - CALPE, (1990). "Enciclopedia Universal Ilustrada". Tomo I. MADRID - España.
8. FELDER, R.M. (1981). "Principios básicos de los procesos químicos". Tomo I, segunda impresión. Universidad de Concepción. Pag. 28 - 31.
9. FENGEL, D. Et. AL. WOOD. (1965). CHEMISTRY, ULTRA STRUCTURE, REACTION" water DE Gruyter Berlin, New YORK. Pág. 60 - 66.
10. GUTMAN, P.J. , AND TIMELL, (1965). "Insolation of galacto glucomanans from the Wood of gymnosperms". Tappi 44 (2), 88 - 96.
11. HERRERA, J. (1990). "Contribución a la flora de la Amazonia Peruana". Vol. I. y II. Geneve, conservatoire ET. Jardin Botaniques de Geneve.
12. ITINTEC (Instituto Tecnológico Industrial y de Normas Técnicas). (1971), 251 - 010 y 251 - 011, Lima - Perú. Pág. 3.

13. JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1989). "Manual del grupo Andino para la preservación de Maderas", (Frid - Madera), pasco de la república 3895, san Isidro, casilla postal 18 - 1177, Lima - Perú, pág. IV - 4.
14. JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984). "Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino", (padr - Refort), cuarta edición, paseo de la república y Av. Aramburú, casilla postal 3237, Lima - Perú, pág. 1 - 8, 1-15, 1-16.
15. KENT, A. J. (1990). " Biblioteca Riegel de Química Industrial". Tomo III. Segunda impresión. Compañía Editorial Continental S.A. México. Pág. 16-20.
16. LORA, P. MIRO, J. (1978). "Técnicas de defensa del medio ambiente". Tomo II. Edit. Labor S.A. , pág. 60 - 62.
17. NEWELYN, W. 1986 " Bosques del Nor- Oriente del Perú". Vol. XV. Series Botánicas. Chicago USA, pág. 30 - 32.

18. MARCHESSAULT, R.H., et. Al (1963). "Carbohydrate polymers of plant cell walls", Academic press, New York, London, Pág. 95 - 115.
19. MC DONAL, R.G. (1969). "The pulp of Wood " Vol. 1, Mc Graw - Hill Book Company. Nueva York, pág. 20 - 22.
20. MELO, R. Y PAZ, J. (1984). "Texto básico sobre celulosa y papel" Compendio. Departamento de Ingeniería química. Facultad de Ingeniería de La Universidad de Concepción, pág. 60 - 68.
21. RODRIGUEZ, S. (1965). "Evaluación de materias primas para pulpa - papel a partir de sus propiedades fundamentales". Inst. Forestal Latinoamericano Mérida Venezuela. Boletín N° 17, pág. 18 - 20.
22. ROJAS TASTILA MANUEL (1991), " Métodos estadísticos para la investigación", Universidad Nacional de San Martín, primera edición, Tarapoto - Perú, pág. 129.

23. SWAN, E.P. (1966). "The Behavior of Wood Hemicellulases During Pulping". Part I. Tappi 41.
24. SWAN, B. (1968). "Chemistry of Terpens and Terpenoids". Academic Press, London, New York, pág. 50 - 52.
25. TURRADO, J. Y FONSECA, S. (1981). "Identificación y efecto de la hemicelulosa sobre las propiedades de la celulosa y papel" AITIPE Congreso Latinoamericano sobre celulosa y papel (Torremolinos). Pág. 143 - 151.
26. VIAN, O.A. (1980). " Introducción a la química Industrial". Ed. Alhambra S.A. Madrid - España, pág. 20 - 32.

IX. ANEXOS

-71-

CUADRO N° 01: DATOS EXPERIMENTALES

ESPECIES	MUESTRAS O SITIOS DE MUESTREO	REPETICIONES		
		I	II	III
TOPA (<u>Ochroma</u> <u>pyramidalis</u>)	A	44.00	44.4	44.2
	B	43.4	44.2	44.4
	C	45.0	44.4	44.7
CETICO (<u>Cecropia</u> <u>polystachya</u>)	A	49.3	48.8	49.7
	B	48.9	50.9	49.9
	C	50.5	48.9	51.3
YANAVARA (<u>Acalypha</u> <u>macrostachya</u>)	A	55.1	55.5	53.9
	B	56.1	54.8	52.3
	C	53.2	56.1	54.6
FAPINA (<u>Cupania</u> <u>cineria</u>)	A	55.9	56.5	57.4
	B	60.2	55.7	54.8
	C	56.9	55.8	57.7

CUADRO N° 02 CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANTES (ANVA)
DEL CONTENIDO DE CELULOSA DE CUATRO ESPECIES
FORESTALES EN TRES LUGARES DE MUESTREO

		PROMEDIOS	TOTAL
BLOQUES	I	51.542	618.500
	II	51.333	616.000
	III	51.242	614.900
ESPECIES	TOPA	44.300	398.700
	GETICO	49.800	448.200
	YANAVARA	54.622	491.600
	PAPINA	56.767	510.900
LUGAR O SITIOS DE MUESTREO	A	51.225	614.700
	B	51.300	615.600
	C	51.592	619.100
INTERACCIONES (ESPECIES X	TXA	44.200	132.600
	TXB	44.00	132.00
	TXC	44.700	134.100
	CXA	49.267	147.800
	CXB	49.900	149.700
	CXC	50.233	150.700
	YXA	54.833	164.500
	YXB	54.400	163.200
	YXC	54.633	163.900
	FXA	56.600	169.800
	FXB	56.900	170.700
	FXC	56.800	170.400

Replicación (Bloque) = 3

Factor A (Especies) = 4

Factor B (Lugar de muestreo) = 3

CUADRO N° 03 : ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA)

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADO DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (SC)	CUADRADO MEDIO (CM)	FC	FT	SIGNO
Repeticiones (Bloques)	2	0.567	0.284	0.1661	3.14	N.S.
Factor A (Especies)	3	829.557	276.452	160.8059	4.16	**
Error	6	10.315	1.719			
Factor B (Lugar)	2	0.901	0.450	0.2560	3.63	N.S.
Interacción AB	6	1.748	0.291	0.1660	2.14	N.S.
Error	16	28.084	1.755			
Total	35	870.972				

** : Altamente Significativo

N.S. : No significativo

α : 0.05

CÁLCULOS PARA LA PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE DUNCAN

$$S_x = \sqrt{\frac{E}{n}}$$

Sx : Error Standard promedio

E : Cuadrado medio del error

GLE : Grado de libertad del error

DLS : Diferencia límite significancia de TUKEY

AES : Amplitud estudiantizada significativa de TUKEY (de tabla).

DUNCAN PARA LOS BLOQUES (REPETICIONES)

Sx =	0.7570	<u>Promedio de los tratamientos</u>	
E =	1.719	T1 =	51.542
α =	0.05	T2 =	51.333
GLE =	6	T3 =	51.242

CUADRO N° 04: COMPARACIÓN Y SIGNIFICANCIA PARA LOS BLOQUES

COMPARACIÓN	DIFERENCIA	AES	DLS	SIGNIFICANCIA
T1 - T2	0.209	3.46	2.6192	N.S.
T1 - T3	0.3	3.58	2.7106	N.S.
T2 - T3	0.091	3.46	2.6196	N.S.

DUNCAN ENTRE ESPECIES

S x =	0.7649	<u>Promedio</u>	
E =	1.755	T =	44.300
α =	0.05	C =	49.800
GLE =	6	Y =	54.622
		F =	56.767

CUADRO N° 05: COMPARACIÓN Y SIGNIFICANCIA ENTRE ESPECIES

COMPARACIÓN	DIFERENCIA	AES	DLS	SIGNIFICANCIA
F - Y	2.145	3.64	2.784	N.S.
F - C	6.967	3.58	2.738	*
F - T	12.467	3.46	2.647	*
Y - C	4.822	3.58	2.738	*
Y - T	10.322	3.46	2.647	*
C - T	5.5	3.46	2.647	*

- F : Fapina
- Y : Yanavara
- C : Cetico
- T : Topa

DUNCAN PARA LOS SITIOS DE MUESTREO DE LAS ESPECIES (LUGAR)

S x =	0.7649	<u>Promedio</u>	
E =	1.755	A =	51.225
α =	0.05	B =	51.300
GLE =	16	C =	51.592
N =	3		

CUADRO N° 06: COMPARACIÓN Y SIGNIFICANCIA PARA LOS LUGARES DE MUESTREO

COMPARACIÓN	DIFERENCIA	AES	DLS	SIGNIFICANCIA
C - B	0.292	3.00	2.409	N.S
C - A	0.367	0.367	2.295	N.S
B - A	0.075	0.075	2.295	N.S

- A : Muestra de la parte inferior del árbol
- B : Muestra de la parte media del árbol
- C : Muestra de la parte superior del árbol

DUNCAN PARA LAS INTERACCIONES (ESPECIES POR LUGAR)

S _x	=	0.7649		Promedio		Datos Ordenados
E	-	1.755	TXA	=	44.200	FXB = 56.900
α	-	0.05	TXB	=	44.00	FXC = 56.800
G.L.F.		16	TXC	=	44.700	FXA = 56.600
			CXA	=	49.267	YXA = 54.833
			CXB	=	49.900	YXC = 54.633
			CXC	=	50.233	YXB = 54.400
			YXA	=	54.833	CXC = 50.233
			YXB	=	54.400	CXB = 49.900
			YXC	=	54.633	TXC = 44.700
			FXA	=	56.600	CXA = 49.267
			FXB	=	56.900	TXA = 44.200
			FXC	=	56.800	TXB = 44.00

CUADRO N° 07: COMPARACIÓN Y SIGNIFICANCIA ENTRE LAS ESPECIES
POR LUGAR DE MUESTREO

COMPARACIÓN	DIFERENCIA	AES	DLS	SIGNIFICANCIA
F X A - T X A	12.40	3.00	2.295	*
F X A - T X B	12.60	3.15	2.409	*
F X A - T X C	11.90	3.15	2.409	*
F X A - C X A	7.33	3.23	2.471	*
F X A - C X B	6.70	3.30	2.524	*
F X A - C X C	6.37	3.34	2.555	*
F X A - Y X A	1.77	3.43	2.634	N.S.
F X A - Y X B	2.20	3.39	2.593	N.S.
F X A - Y X C	1.97	3.41	2.608	N.S.
F X B - T X A	12.70	3.00	2.295	*
F X B - T X B	12.90	3.00	2.295	*
F X B - T X C	12.20	3.15	2.409	*
F X B - Y X A	2.07	3.37	2.578	N.S.
F X B - Y X B	2.50	3.39	2.593	N.S.
F X B - Y X C	2.27	3.41	2.608	N.S.
F X B - C X A	7.63	3.23	2.471	*
F X B - C X B	7.00	3.30	2.524	*
F X B - C X C	6.67	3.34	2.555	*
F X B - F X A	0.30	3.43	2.624	N.S.
F X B - F X C	0.10	3.44	2.613	N.S.
F X C - T X A	12.60	3.00	2.295	*
F X C - T X B	12.80	3.15	2.409	*
F X C - T X C	12.10	3.15	2.409	*
F X C - C X A	7.53	3.23	2.471	*
F X C - C X B	6.90	3.30	2.524	*
F X C - C X C	6.57	3.34	2.555	*
F X C - Y X A	1.97	3.37	2.578	N.S.
F X C - Y X B	2.40	3.39	2.593	N.S.
F X C - Y X C	2.17	3.41	2.608	N.S.
F X C - F X A	2.20	3.44	2.63	N.S.
Y X A - T X A	10.63	3.00	2.295	*
Y X A - T X B	10.83	3.15	2.409	*
Y X A - T X C	10.13	3.15	2.409	*
Y X A - C X A	5.87	3.23	2.471	*
Y X A - C X B	4.93	3.30	2.524	*
Y X A - C X C	4.60	3.34	2.555	*
Y X A - Y X B	0.43	3.39	2.593	N.S.
Y X A - Y X C	0.20	3.37	2.578	N.S.
Y X C - T X A	10.43	3.00	2.295	*
Y X C - T X B	10.63	3.15	2.409	*
Y X C - T X C	9.93	3.15	2.409	*
Y X C - C X A	5.37	3.23	2.471	*
Y X C - C X B	4.73	3.30	2.524	*

Y X C - C X C	4.40	3.34	2.555	*
Y X C - Y X B	0.23	3.41	2.608	N.S
Y X B - T X A	4.17	3.39	2.593	*
Y X B - T X B	10.40	3.15	2.409	*
Y X B - T X C	9.70	3.15	2.409	*
Y X B - C X A	5.13	3.23	2.471	*
Y X B - C X B	4.50	3.30	2.524	*
Y X B - C X C	4.71	3.39	2.593	*
C X C - T X A	6.03	3.00	2.295	*
C X C - T X B	6.23	3.00	2.295	*
C X C - T X C	5.53	3.15	2.409	N.S
C X C - C X A	0.97	3.23	2.471	N.S
C X C - C X B	0.33	3.34	2.555	*
C X B - T X A	5.70	3.00	2.295	*
C X B - T X B	5.90	3.15	2.409	*
C X B - T X C	5.20	3.30	2.524	N.S
C X B - C X A	0.43	3.23	2.471	N.S
T X C - T X A	0.50	3.00	2.295	N.S
T X C - T X B	0.70	3.15	2.409	*
T X C - C X A	4.57	3.15	2.409	*
C X A - T X A	5.07	3.23	2.471	*
C X A - T X B	5.27	3.00	2.295	*
T X A - T X B	0.30	3.00	2.295	N.S



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
SECCION JAEN

"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1962
Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales
JAEN - PERU

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA VIOLENCIA FAMILIAR"

Jaén, 25 de Mayo del 2000

OFICIO N° 42-00.UNC-CIF-SJ.LD.

Señor:
BACH. JOSE FLORES FLORES
Tesista de la Universidad Nacional de San Martín

TARAPOTO.

ASUNTO: REMITO RESULTADOS DE IDENTIFICACION DE MUESTRAS BOTANICAS.

Es grato dirigirme a Ud. para saludarle, al mismo tiempo remitirle los resultados de la identificación de las Muestras Botánicas que envié al Laboratorio de Dendrología de la Universidad Nacional de Cajamarca – Sección Jaén, así mismo la clasificación según Engler, se detallan a continuación:

DIVISIÓN	:	ANGIOSPERMAE
CLASE I	:	DICOTYLEDONEAE
SUB CLASE 1ª:	:	ARCHICHLAMYDEAE
ORDEN 7	:	URTICALES
FAMILIA:	:	CECROPIACEAE: <i>Cecropia polystachya</i> Trécul.
ORDEN 26	:	GERANIALES
FAMILIA:	:	EUPHORBIACEAE: <i>Acalypha macrostachya</i> Jacq.
ORDEN 28	:	SAPINDALES
FAMILIA:	:	SAPINDACEAE: <i>Cupania cinerea</i> Poeppig.
ORDEN 32	:	MALVALES
FAMILIA:	:	BOMBACACEAE: <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam) Urb.

Las Muestras Botánicas fueron identificadas en el Laboratorio de Dendrología de la Universidad nacional de Cajamarca – Sección Jaén.

Atentamente,



Leiwerr Flores Flores
ING. LEIWER FLORES FLORES
DOCENTE UNC – SJ.
Jefe Encargado Laboratorio de Dendrología

