UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
13/02/15
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

"DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CORTEZA Y MADERA DE *APULEIA LEIOCARPA (VOGEL) J. F. MACBR.* (ANA CASPI) Y POSIBLES USOS PUCALLPA - 2014"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

*** Bach. FERRUCCIO VITTORIO,Gabrielli Resshnery**

PUCALLPA - PERÚ

JUNIO, 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

"DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CORTEZA Y MADERA DE *APULEIA LEIOCARPA (VOGEL) J.F. MACBR.* (ANA CASPI) Y POSIBLES USOS PUCALLPA - 2014"

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. Ferruccio Vittorio Gabrielli Resshnery

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL

Pucallpa. Perú.

Junio 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

"DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CORTEZA Y MADERA DE *APULEIA LEIOCARPA (VOGEL) J.F. MACBR.* (ANA CASPI) Y POSIBLES USOS PUCALLPA - 2014"

JURADOS

Dr. Segundo Soplin Torres
Presidente

Ing.Mg. Héctor jose Quispe Cerna
Secretario

Ing. Carmen Leticia Guevara Salnicov
Miembro

Dr. Carlos Panduro Carbajal
Asesor

Bach. Ferruccio Vittorio Gabrielli Resshnery
Tesista

DEDICATORIA

A Dios, A mi madre Olivia a mi madre Leonor a mi padre Cesare a mis hermanos Carla, Cothue, Claudia, Fátima, Piero y Valentino por su apoyo y confianza.

AGRADECIMIENTOS

A la *Universidad Nacional de Ucayali, a través de la Facultad de Ciencias Forestales* y Ambientales por haberme formado moral, académica y profesionalmente.

A la Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral, en la persona del Ing. Pio Santiago Puertas, Director del Proyecto "Estudio tecnológico y de mercado de diez especies maderables de bosques secundarios y primarios remanentes", que me brindó la oportunidad y las facilidades para llevar a cabo esta investigación.

A mi asesor el Ing. Carlos Panduro Carbajal Ms Sc, por brindarme sus conocimientos, su apoyo y, sobre todo, su amistad.

A la docente Leticia Guevara Salnicov, por sus recomendaciones y apoyo en el proceso de la investigación.

Al Ing. Carlos Enrique Fachín Mattos Ms Sc, por su amistad y ayuda en la parte logística para poder hacer mis trabajos académicos y el presente trabajo de investigación.

Al Señor Gerardo Arimuya Murayari, por ayudarme y aconsejarme para realizar de la mejor manera la presente tesis, pese a su delicado estado de salud.

A todo el personal administrativo de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, por los consejos y la agilización de los documentos que se presentaron.

A todos mis amigos y sin excluir a ninguno, en especial al Ing. Moisés Torres Velasco por su apoyo y su amistad incondicional y solidaria.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS	IV
LISTA DE FIGURAS	V
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.1.1. Formulacion del Problema	2
1.1.2. Justificación	2
1.1.3. Objetivos de la Investigación	3
1.1.3.1. Objetivo General	3
1.1.3.2. Objetivos Específicos	4
CAPITULO II	
Marco teórico	5
2.1. Caracteristicas Generales de la Especie	5
2.1.1. Clasificación Taxonómica	5
2.2. La Madera, Propiedades Generales y Específicas	7
2.3. Anatomía de la Madera	10
2.3.1. Clasificación de las Maderas	10
2.3.2. Escructura del Tallo	10
2.3.3. Componentes del tallo	10
2.4. Características naturales de la madera	14
2.4.1. Composición Química	14
2.4.2 Componentes de la pared celular de la madera	16
A. Carbohidratos de la pared celular	16
A.1. Celulosa	16
A.2. Hemicelulosa	19
A.3. Holocelulosa	21
A.4. Sustancias épticas	21
B. Lignina	22
2.4.3. Componentes Extraños de la Madera	25
C. Extractivos o Extraíbles	25

C.1. Extractivos Vegetales 26
C.2. Composición Química de los Extractives 27
C.3. Rendimiento de extractivos 28
2.4.4. Sustancias Solubles en Disolventes Orgánicos 30
2.4.5. Sustancias Extrañas Diversas 31
2.4.6. Contribución de los Extraíbles a las Propiedades de la Madera 31
2.4.7. Utilización de los Extraíbles 32
D. Cenizas 34
E. Sílice 35
F. Definición de Terminos Básicos 40
CAPITULO III 42
Metodologia
3.1. Metodo de Investigación 42
3.2. Ubicación del área para la obtención de muestra 42
3.3. Población y muestra 42
3.4. Procedimiento de recolección de datos 43
3.4.1. Selección de árboles 43
3.4.2. Colección de muestras botánicas e identificación 43
3.4.3. Selección de muestras 43
3.4.4. Trabajo de aserrío 44
3.5. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 44
3.5.1. Trabajo de laboratorio 44
3.5.1.1. Molienda de la materia prima 44
3.5.1.2. Ejecución de ensayos 44
3.6. Instrumentos de recolección de datos 50
3.6.1. Reactivos 50
3.6.2. Equipos y materiales 51
3.7. Procesamiento para recolección de datos 51
3.7.1. Tratamiento de datos 51
CAPITULO IV 53
Resultados y Discusión
CAPITULO V 65
Conclusiones Y Recomendaciones
5.1. Conclusiones 65
5.2. Recomendaciones 66
Bibliografia 67
ANEXO 71

Lista de cuadros

N°		Pág.
01	Composición química de la madera (%)	15
02	Ubicación y características de los árboles de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi) utilizados en el experimento	43
03	Promedios de la composición química de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	53
04	Promedios de la composición química de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	59

Lista de Figuras

N°		Pág
01	Diagrama esquemático del tallo en sección transversal.	14
02	Esquema general de los componentes químicos de la madera	15
03	Extremidades reductora y no reductora de una molécula de celulosa	17
04	Estructura molecular de la celulosa	18
05	Azúcares más frecuentes en las hemicelulosas	20
06	Modelo de la escructura de la lignina de coníferas **(Adler 1977)**	22
07	Composición de promedio de extractivos en agua fría en función a los niveles longitudinales de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	53
08	Composición de promedio de extractivos en agua caliente en función a los niveles longitudinales de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	54
09	Composición de promedio de extractivos en alcohol en función a los niveles longitudinales de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	55
10	Composición de promedio de celulosa en función a los niveles longitudinales de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	55

11	Composición de promedio de hemicelulosa en función a los niveles longitudinales de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	56
12	Composición de promedio de lignina en función a los niveles longitudinales de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	57
13	Composición de promedio de ceniza en función a los niveles longitudinales de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	57
14	Composición de promedio de sílice en función a los niveles longitudinales de la madera de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	58
15	Composición de promedio de extractivos en agua fría en función a los niveles longitudinales de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	59
16	Composición de promedio de extractivos en agua caliente en función a los niveles longitudinales de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	60
17	Composición de promedio de extractivos en alcohol en función a los niveles longitudinales de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	61
18	Composición de promedio de celulosa en función a los niveles longitudinales de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	61
19	Composición de promedio de hemicelulosa en función a los niveles longitudinales de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	62
20	Composición de promedio de lignina en función a los niveles longitudinales de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	63
21	Composición de promedio de ceniza en función a los niveles longitudinales de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	63
22	Composición de promedio de sílice en función a los niveles longitudinales de la corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.***(ana caspi)	64

RESUMEN

La composición química de la madera y corteza de la especie ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.***(ana caspi) se efectuó con material procedente de tres zonas: el Centro de Investigación y Capacitación Forestal - CICFOR de la Universidad Nacional de Ucayali, se encuentra ubicado en el distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco, a 86 km (1hora con 15 minutos, vía terrestre) de la localidad de Pucallpa, ingresando desde el Km. 86, hasta el Km. 5 de la carretera Fernando Belaúnde Terry, margen izquierda interior 5 Km Comunidad nativa Sinchi Roca, ubicada el distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, región de Ucayali procedencias en departamento de Ucayali. Las muestras de madera utilizadas proceden de cinco arboles a tres diferentes alturas, siendo altura dap (diámetro a la altura del pecho 1.30 m.) o basal, altura comercial media y alta o apical. Fueron recolectadas en el taller de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali y tamizadas en una malla 40 mesh, recolectando la fracción que pasó por ella. Por otro lado los ensayos químicos fueron realizados en el Laboratorio de Transformación Química de Productos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali. Los ensayos químicos para madera y corteza fueron los siguientes: Extractivos en agua fría según norma TAPPI T-207 cm-08; extractivos en agua caliente según norma ASTM D- 1110-56; extractivos en alcohol norma ASTM. D 1107-56; determinación de holocelulosa según el método Jayme y Wise, determinación de celulosa el método de **Kurshner** y **Hoffner**, lignina según norma TAPPI T 222 os-74, cenizas según norma TAPPI T 15 os-58; sílice según el método del ácido clorhídrico; taninos según la prueba de formaldehido; y contenido de humedad según norma ASTM D 4442. Se obtuvieron en madera los siguientes valores mínimo y máximo: para extractivos en agua fría, 14.610 - 18.575%; extractivos en agua caliente, 15.003 - 15.484%; extractivos en alcohol, 1.844 - 2.427%; celulosa, 51.493 - 56.448% en peso, lignina entre 34.037% y 35.678%, en hemicelulosa entre 12.662% y 13.058%, las cenizas entre 0.414% y 0.648% y para sílice 0.219% y 0.285%. Por otra parte los resultados en corteza fueron: extractivos en agua fría, 17.084% y 17.843%; extractivos en agua caliente, 17.242% y 19.131%; extractivos en alcohol 1.981% y 2.447%; la celulosa entre 48.365% y 50.285% en peso, la lignina entre 37.944% y 38.167%, en hemicelulosa entre 11.229% y 11.467%, las cenizas entre 3.553% y 4.331% y para sílice 0.235% y 0.281%. La concentración de celulosa, lignina, sustancias extraíbles en agua caliente y alcohol, hemicelulosa y sílice no varían significativamente en función de la altura en que se extrae la muestra, lo que indica que en cualquier parte del árbol se pueden encontrar en una cantidad similar. Solo existe variación significativa en extractivos en agua fría en madera y ceniza para madera y corteza.

Palabras claves: ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr***, celulosa, lignina, extraíbles, ceniza, sílice y composición química.

SUMMARY

The chemical composition of wood and bark of the sort ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.***(ana caspi) it took effect with appropriate material of three zones: The Investigation Center and Forestal Capacitation - CICFOR of Ucayali's National Universitys located in the district of Tournavista province of Puerto Inca, Huanuco Department, 86 km (1 hour 15 minutes, land) of the town of Pucallpa, entering from Km 86 to Km 5 Belaiinde Fernando road, left bank within 5 km Sinchiroca native community located Padre Abad district, province of Padre Abad, Ucayali region. The wooden used samples come from five trees to three different heights, being height dap (diameter at the height of the chest 1,30 m.) Or basal, commercial half and high or apical height. They were recollected at the workshop of carpentry of Ucayali's National University and sieved in 40 mesh, gathering the fraction that was taken as a her. In addition the chemical essays were made at Transformación's Laboratory Chemical of Productos Forestal of the Faculty of Forestries and Ambientales of Ucayali's National University. The chemical essays for wood and bark were the following: Extractive in cold water according to standard TAPPI T 207 cm 08; Extractive in hot water according to standard ASTM D 1110-56; Extractive in alcohol standard ASTM. D 1107-56; Holocelulosa's determination according to the method Jayme and Wise, determination from cellulose Kurshner's and Hoffner's method, lignin according to standard TAPPI T 222 os 74, ashes according to standard TAPPI T 15 os 58; Silica according to the method of hydrochloric acid; Tannins according to the formaldehyde test; And contents of humidity according to standard ASTM D 4442. They obtained in wood the following values minimal and peak: Stops extractive in cold water, 14,610 - 18,575 %; Extractive in hot water, 15,003 - 15,484 %; Extractive in alcohol, 1,844 - 2,427 %; Cellulose, 51,493 - 56,448 % in weight, lignin between 34,037 % and 35,678 %, in hemicellulose between 12,662 % and 13,058 %, the ashes between 0,414 % and 0,648 % and for silica 0,219 % and 0,285 %. On the other hand the results in bark were: Extractive in cold water, 17,084 % and 17,843 %; Extractive in hot water, 17,242 % and 19,131 %; Extractive in alcohol 1,981 % and 2,447 %; The cellulose between 48,365 % and 50,285 % in weight, the lignin between 37,944 % and 38,167 %, in hemicellulose between 11,229 % and 11,467 %, the ashes between 3,553 % and 4,331 % and for silica 0,235 % and 0,281 %. The concentration from cellulose, lignin, the removable substances in hot water and alcohol, hemicellulose and silica do not vary significantly in terms of the height in which the sample is extracted, that indicates than they can be in a similar quantity anywhere in the tree. Only significant variation exists in extractive in cold water in wood and ash for wood and bark.

Key words: ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr,*** cellulose, lignin, extractive, ash-colored, silica, chemical composition.

INTRODUCCIÓN

El país posee unas 39 millones de ha de bosques aptos para la extracción de madera, o sea, que reúnen las condiciones que posibilitan las actividades forestales maderables. Sin embargo, el Perú no ha desarrollado una actividad forestal maderable, que esté en concordancia con la superficie boscosa nacional, a pesar de su inmenso potencial, este recurso no ha sido hasta la actualidad racionalmente utilizado ni contribuido económicamente al desarrollo del país. Una información generalmente aceptada es aquella que señala que el sector forestal sólo aporta el 1% o menos, del PBI global. Cálculos recientes indican que este aporte puede llegar al 2.7% teniendo en cuenta que el sector forestal está vinculado a dos actividades económicas que son parte del PBI: agricultura, caza y silvicultura e industria manufacturera. Dentro de esta última, la industria de madera y muebles representa el 12.7%. Esto implica que la industria de madera y muebles incide en aproximadamente el 2.7% del PBI global. Además, hay que tener en cuenta que a esta cifra le falta agregar lo que corresponde a caza y silvicultura, así como el rubro concerniente a otros servicios como combustible (leña y carbón) y productos del bosque diferentes a la madera, entre otros.

Según últimas investigaciones, la Amazonia contiene varias decenas de miles de especies de plantas y ni siquiera se conoce la mitad de ellas. Al encontrarse totalmente cubierta de bosques naturales, habla de por sí del gran potencial forestal que ella tiene. En un reciente estudio realizado, **Brack Egg (1991)** señala el número de especies clasificadas y no clasificadas que son útiles provenientes de la Amazonia Peruana. Si bien las estimaciones son imprecisas, se calcula que aproximadamente 1000 especies de plantas amazónicas tienen potencialidad económica y que por lo menos 300 especies de árboles tienen actualmente potencial forestal. Con frecuencia una sola especie proporciona más de un PFNM útil al hombre.

Basada en lo anterior, la presente investigación busca generar información sobre la determinación de la composición química de ***Apuleia Leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr*** realizando análisis en relación al eje longitudinal del árbol con la finalidad de evaluar si el porcentaje de componentes químicos es el mismo para las diferentes alturas (basal, medio y ápice). Cabe mencionar que hay pocos estudios de esta especie forestal, que se encuentra distribuida en los bosques secundarios y primarios remanentes.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los bosques amazónicos son uno de los mayores productores de recursos naturales renovables del planeta. La gestión (o manejo) forestal sostenible, ayuda a preservar los recursos naturales de forma correcta, permite su renovación, su permanencia y el desarrollo económico y social de sus habitantes. En el Perú existen más de 400 especies maderables de tamaños comerciales, es decir diámetros mínimos de corta, pero únicamente diez se aprovechan en volúmenes considerables, representan más del 95% de la producción de madera aserrada, aunque, en términos volumétricos, son con frecuencia las menos abundantes por unidad de superficie.
La industria maderera es una de las más importantes en todo el mundo dentro del ámbito del aprovechamiento de los recursos naturales. En la mayoría de los países se cortan árboles para diversos fines. Otro uso industrial importante de la madera es la fabricación de papel y productos relacionados.

Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr es una especie forestal cuya madera es difícil de aserrar por la presencia de sílice; ésta especie posee propiedades físicas altas en lo que es densidad básica y contracción volumétrica media **Aróstegui (1982);**esta especie, sin embargo, no solamente sirve para la industria de transformación de madera y productos maderables, sino también de productos químicos que pueden usarse como materia prima para otros procesos y para la obtención de otros productos, como pueden ser la pulpa y papel, los taninos usados en la industria de la curtiduría, adhesivos, aditivos para la perforación de pozos, etc.

1.1.1. Formulación del problema

Sin embargo no hay estudios de la composición química de esta especie forestal, la pregunta es ¿Cómo determinar de la composición química elemental para definir los posibles usos de la ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr*** **(ana caspi)** en tres niveles longitudinales del fuste (extractivos, celulosa, hemicelulosa, lignina, sílice y cenizas)?

1.1.2. Justificación

El Perú es un país con grandes condiciones para el desarrollo forestal dados sus recursos naturales, las cuales lo llevan a ubicar el 2do puesto en Latinoamérica por tener más de 73 millones de ha, representando el 57% de la superficie nacional cubierta de bosques amazónicos y 10mo a nivel mundial. Sin embargo los recursos

forestales no generan desarrollo económico en forma proporcional a su potencial. Esto se debe, entre otras causas, al aprovechamiento selectivo de los bosques y la reducida disponibilidad de tecnologías alternativas de aprovechamiento.

Aun cuando la madera es un recurso abundante en el Perú, la industria forestal no está bien desarrollada, principalmente debido a la limitación del número de especies utilizadas, el bajo precio pagado por los rollizos y los problemas derivados de la cadena de comercialización. Por ello es importante el estudio de la transformación química de las especies poco estudiadas para el desarrollo de la industria forestal Además de agua, el componente principal de la madera es la celulosa. El mayor problema que presenta la extracción de celulosa de la madera es eliminar las impurezas, de las cuales la más importante es la lignina, una sustancia polimérica compleja. Al principio se desechaba, pero más tarde se ha descubierto que es una buena materia prima para la fabricación de plásticos y una sustancia adecuada para el cultivo de levadura de cerveza, que es un importante alimento para el ganado y las aves de corral

Los productos forestales obtenidos por la transformación química son una buena alternativa para el aprovechamiento integral y sostenible del bosque. Este tipo de transformación de los recursos forestales permite obtener de ella productos de mucha importancia y gran demanda; una gran ventaja de la transformación química forestal es que permite el uso de materias primas de poco valor comercial y de residuos que se generen en otras industrias forestales. Por eso es necesario conocer su composición química de las diferentes especies forestales; por este motivo es necesario investigar y determinar la composición química de madera y corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr*** **(ana caspi)** mediante procesos cualitativos y cuantitativos; por los motivos expuestos se justifica efectuar el proyecto en mención.

1.1.3 Objetivos de la investigación

1.1.3.1 Objetivo general

- ✓ Determinar la composición química elemental de la madera y corteza para definir los posibles usos de la ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr*** **(ana caspi)** en tres niveles longitudinales del fuste (extractivos, celulosa, hemicelulosa, lignina, sílice y cenizas),

1.1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar en forma cualitativa la composición química elemental de la madera y corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr*** (ana caspi) procedente de tres niveles longitudinales del fuste

- ✓ Determinar en forma cuantitativa la composición química elemental de la madera y corteza de ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr*** (ana caspi) procedente de tres niveles longitudinales del fuste

- ✓ Evaluar estadísticamente la relación entre los niveles longitudinales del fuste y la cantidad de extractivos, celulosa, hemicelulosa, lignina, sílice y cenizas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE

2.1.1. Clasificación Taxonómica

ESPECIE : ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr***
FAMILIA : **Fabaceae**
SUBFAMILIA: **Caesalpiniaceae**
SINONIMIA : ***Apuleia praecox Mart.***
NOMBRES COMUNES : Ana caspi (Péru), Yvyra pere (Paraguay); garapa, grapiapunha, muirajuba, barajuba, muiratauá, amarelinho, gema de ovo, jataí-amarelo (Brasil); ibira peré, grapia, grapiapuña, ibira-piapuña (Argentina).
NOMBRE COMERCIAL INTERNACIONAL: Grapia ,garapa.

- **REGIÓN Y FRECUENCIA.**

Es considerada como una especie principal en las regiones de Pie de Monte Amazónico y la Amazonía.
Grupo comercial: Es clasificada como especie de bajo precio.

- **DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL.**

Copa : Mediana aparasolada, follaje color verde intenso, hojas oblongas.
Tronco : Cónico uniforme, altura total hasta 27 m.
Corteza : Color marrón verdusco con puntuaciones anaranjadas.

- **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA MADERA.**

Color Albura	: Blanco amarillento.
Color Duramen	: Amarillo amarillento
Olor	: No distintivo
Sabor	: No distintivo
Brillo	: Brillante
Grano	: Entrecruzado
Veteado	: Suave
Textura	:Media

- **DESCRIPCIÓN ANATÓMICA ANILLOS DE CRECIMIENTO.**

Visibilidad : Visibles a simple vista.
Número Promedio : 27 anillos en un radio de 10 cm.

- **POROS.**

Visibilidad : *Visibles con lupa de 10.*
Porosidad : Difusa.
Tipo : Solitarios y múltiplos radiales de 2.
Forma : Redonda a ligeramente ovalada.

- **PARENQUIMA.**

Visibilidad : Visible a simple vista.
Cantidad : Abundante.
Tipo : Paratraqueal en bandas.

- **RADIOS.**

Visibilidad : Visibles con lupa de 10 x Contraste Presente.
Estratificación : Ausente.

- **PROPIEDADES FÍSICAS.**

Contenido de Humedad en Verde : 79 %
Densidad Básica : 995 kg/mt3
Densidad al 12% de Humedad : 890kg/mt3
Contracción Radial : 2,8 %
Contracción Tangencial : 4,9 %
Contracción Volumétrica : 7,9 %
Relación t/r : 2

- **RESISTENCIA MECÁNICA.**

Módulo de Elasticidad : 123 x 1000 kg/cm2
Módulo de Rotura : 985 kg/cm2
E.R. Compresión Paralela : 784 kg/cm2
Corte Radial : 126 kg/cm2
Dureza Lateral : 784 kg
Tenacidad : 2,58 kg-m

- **CONDICIONES TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO.**

Trabajabilidad: El procesamiento mecánico se dificulta por tratarse de una madera abrasiva por su contenido de sílice, mejor procesar en estado húmedo.
Preservación: Impermeable en las operaciones de preservación.
Durabilidad: Durable.
Secado: El pre-secado es rápido, con tendencias a rajaduras y torceduras. Se recomienda un programa suave de secado artificial.

- **USOS COMUNES.**

Puertas, Ventanas, Pisos Interior y Exterior, Muebles.

2.2 LA MADERA, PROPIEDADES GENERALES Y ESPECÍFICAS

La madera es un material complejo, con propiedades y características que dependen no sólo de su composición sino de su constitución, de la manera en que están colocados u orientados los diversos elementos que la forman. La madera no es un material homogéneo, está formado por diversos tipos de células especializadas que forman tejidos. Estos tejidos sirven para realizar las funciones fundamentales del árbol; conducir la savia, transformar y almacenar los alimentos y por último formar la estructura resistente o portante del árbol. Por lo que estas propiedades y posibilidades de empleo son, en definitiva, la consecuencia de los caracteres, organización y composición química que la constituyen opina **Bland (1985).**

La madera como tal se usa extensamente en la industria química a causa de sus propiedades físicas y mecánicas; es fuerte, puede trabajarse con herramientas sencillas, resiste los ácidos débiles, es un buen aislante térmico y eléctrico, tiene un coeficiente elevado de resistencia-peso. Como materia prima química, la madera puede usarse para obtener diversos productos. A diferencia de lo que sucede con la mayor parte de las materia primas de la industria química, la madera es un recurso renovable **(Aguilar 1976).**

Entre las principales propiedades físicas de la madera se encuentran **(Fonseca, 2006)**

- **Resistencia a la humedad:**

La humedad es la propiedad más importante, pues influye sobre todas las demás, en mayor o menor aptitud para su elaboración, estabilidad dimensional y resistencia al ataque de seres vivos.

El agua es el vehículo de transporte que utilizan las plantas para su alimento, esto, unido a la higroscopicidad de la madera, hace que tenga normalmente en su interior un volumen variable de agua, que es necesario conocer antes de su uso, debido a las modificaciones que produce en las características físicas y mecánicas.

La higroscopicidad hace que la madera en condiciones normales de uso siempre contenga un volumen de agua en las paredes de las células que la conforman pero además y lo más importante, es que la variación del contenido de agua tiene grandes implicaciones en las demás propiedades como son la resistencia mecánica, aptitud para el trabajo con máquinas y herramientas, aptitud para recibir acabados y adhesivos, el poder calorífico que puede generar, resistencia al ataque de hongos cromógenos que producen la mancha azul y xilófagos que producen pudrición, en el peso y, sobre todo, en los cambios dimensionales que experimenta la madera a consecuencia precisamente de la variación en el contenido de humedad. La madera en servicio presenta un contenido de humedad que generalmente oscila entre 6 y18 % en base seca, dependiendo del tipo de uso, de si está expuesta a la intemperie y dependiendo de la época del año; dicha variación de humedad en la madera puede ocasionar, entre otros aspectos, los inconvenientes o problemas en un mueble si no se encuentra la madera a su contenido de humedad en equilibrio.

El agua en la madera, puede estar presente de tres formas diferentes **(Fonseca, 2006):**

- **Agua de constitución o agua combinada**: es aquella que entra a formar parte de los compuestos químicos que constituyen la madera. Forma parte integrante de la materia leñosa (de su propia estructura), y no se puede eliminar sino es destruyendo al propio material (por ejemplo, quemándola).

- **Agua de impregnación o de saturación:** es la que impregna la pared de las células rellenando los espacios sub-microscópicos y microscópicos de la misma. Se introduce dentro de la pared celular, siendo la causa de la contracción de la madera cuando la pierde (desorción) y de su expansión o hinchamiento cuando la recupera (absorción: retención de agua). Se puede eliminar por calentamiento hasta 100 - 110° C.

- **Agua libre:** es la que llena el lumen de las células o tubos (vasos, traqueidas, etc.) Es absorbida por capilaridad. El agua libre, una vez perdida por la madera, ya no puede ser recuperada a partir de la humedad atmosférica. Para recuperarla, habrá de ser por inmersión directa en el agua. El agua libre no tiene más repercusión que la ocupación física de los huecos, y por consiguiente no influye en la hinchazón o merma de la madera ni en las propiedades mecánicas.

Las dos últimas, impregnación y libre son las que constituyen la humedad de la madera. La humedad es la cantidad de agua que contiene la madera expresada en porcentaje de su peso en estado anhidro húmedo **(Díaz, A. 1986)**.

- **Resistencia al calor y al fuego:**

La madera es muy estable a las temperaturas ordinarias. La degradación de la madera a elevadas temperaturas es un proceso de descomposición de los componentes sólidos en líquidos volátiles y gases y va acompañada de una reducción en el peso, por la cual puede seguirse cómodamente la velocidad de descomposición. La pérdida de peso varía no solo con la temperatura, sino también con el tiempo de calentamiento. Los diferentes componentes químicos de la madera no se descomponen a la misma velocidad. Cuando se calienta la madera, la hemicelulosa se descompone más rápidamente que la α-celulosa; finalmente, la madera se vuelve más rica en lignina, se torna más porosa, menos densa y se inflama con mayor facilidad a medida que sufre descomposición térmica, por ello la temperatura de ignición de la madera no es constante, sino que varía con el tiempo de calentamiento. **(Echenique, R. 1993)**

- **Resistencia a los agentes químicos:**

La madera se utiliza como material estructural en la industria química por su resistencia a los ácidos débiles, lo cual la hace en mucho, superior al acero común, hormigón, caucho y algunos plásticos. De los ácidos minerales corrientes, el ácido nítrico (HNO_3) es el que ataca más a la madera. Las soluciones alcalinas atacan a la madera más rápidamente que los ácidos de la misma concentración. La madera presta buen servicio en contacto con las salmueras concentradas, pero oxidantes fuertes son perjudiciales. Rara vez se utiliza madera cuando se requiere una resistencia frente al cloro y a las soluciones de hipoclorito. En contacto con el hierro, en condiciones de humedad, la madera puede sufrir un deterioro serio en muy pocos años.

La variación de la resistencia al ataque químico depende de la estructura anatómica, que rige la velocidad de penetración del agente químico, y de la composición química de la pared celular, que afecta la velocidad de acción en el punto de contacto **(Echenique, R 1993)**

2.3. ANATOMÍA DE LA MADERA

Citado por Fonseca, (2006)

Anatomía de la madera es la rama de la ciencia botánica que procura conocer la constitución y el arreglo estructural u organización de los elementos que constituyen el tallo de los árboles.

2.3.1. Clasificación de las Maderas

Las maderas pueden ser clasificadas taxonómicamente en dos categorías:

- Maderas gimnospermas
- Maderas angiospermas

Las primeras, también llamadas coníferas, resinosas, no porosas o maderas suaves, son producidas por especies del orden de las coníferas. El término no porosas se refiere a la ausencia de vasos o poros en su estructura. Las maderas de angiospermas son también llamadas follosas, porosas o maderas duras.

2.3.2. Estructura del tallo

El estudio anatómico de la madera pretende conocer principalmente la estructura del tallo, puesto que corresponde a la parte de mayor interés del vegetal. En plantas que viven más de un año su tallo va creciendo en grosor, llegando en bastantes casos a formar un verdadero tronco.

2.3.3. Componentes del tallo

En la sección transversal del centro a la periferia del tallo, se localizan las siguientes regiones: médula, albura y corteza. Entre la corteza y la albura se encuentra una región denominada cambium, visible solamente al microscopio. En las maderas gimnospermas, principalmente, aparecen en el tallo, regiones oscuras intercaladas por regiones claras, en conjunto son denominadas anillos de crecimiento.

- **Médula:** es el tejido primario, continuo, localizado en la región central del tallo. Su función es almacenar sustancias nutritivas para la planta. El tamaño, coloración y forma son muy variables, principalmente en las Angiospermas. Es un tejido muy susceptible al ataque de microorganismos.

- **Albura y duramen:** el tallo de una planta joven está constituido enteramente de células vivas y funcionales, responsables por la conducción de la savia bruta (agua y sales minerales) y otras actividades vitales asociadas con el almacenamiento de sustancias nutritivas. El conjunto de dichas células recibe el nombre de albura. La albura constituye la región permeable del tallo y presenta mayor importancia desde el punto de vista de trabajabilidad de la madera.

  En esta región se encuentran almacenados materiales nutritivos para insectos, hongos y otros microorganismos que la deterioran con facilidad.

  A partir de un determinado período de tiempo, que varía con la especie del vegetal y con las condiciones de su crecimiento, ocurre la muerte del protoplasma de las células centrales que forman la albura, esto conduce a la pérdida de actividad fisiológica dando origen a la formación del duramen en estratos consecutivos. La transformación de la albura en duramen está acompañada por la formación de varias sustancias orgánicas conocidas genéricamente por extractivos o infiltraciones. Las maderas que presentan esas inclusiones o infiltraciones en los vasos son de permeabilidad muy baja o nula las soluciones persevantes. Así, la parte central del tallo, consiste de tejido fisiológicamente muerto que constituye el duramen. En la práctica esas maderas son denominadas "maderas de albura" y son generalmente de fácil impregnación. De un modo general, el duramen presenta una baja permeabilidad respecto de la albura, durabilidad natural más alta y masa específica ligeramente superior. Este último hecho torna las propiedades mecánicas del duramen un tanto superior a las de la albura.

- **Cambium:** estrato celular de las plantas leñosas, responsable del engrosamiento y desarrollo de tallos y raíces, formando en la parte interna ó capa de xilema, la albura y en la externa el floema que se coloca formando la corteza.

- **Corteza :**La corteza es la capa externa al cambium que rodea al tallo, ramas y hojas, representando alrededor del 10 – 15% del peso total del árbol.

  Su formación es a partir del cambium, el cual genera una capa de madera (xilema) a partir de su capa interna. Estas láminas de corteza formadas progresivamente están sujetas a presiones y cuando es estirada más allá de su límite de elasticidad se rompe. Por lo tanto, en la corteza de árboles jóvenes o las copas o ramas de árboles viejos la corteza puede ser lisa y delgada, mientras que en árboles viejos generalmente es gruesa y rugosa, aparentemente con fisuras.

✓ **Anatomía de la corteza**

La corteza está constituida por varios tipos de células y su estructura es complicada en comparación con la de la madera. Puede ser dividida como a) Floema o corteza interna y b) Ritidoma o corteza externa **(Fonseca, 2006)**

El floema está constituido por células conductivas de paredes delgadas conocidas como células cribosas, células parenquimáticas y radiales. En estas pequeñas células no fibrosas se localiza taninos y otros materiales orgánicos que son los responsables del color oscuro de la corteza.

La corteza externa está constituida principalmente por periderma o lámina de corcho, que protegen a los tejidos de la madera contra daños mecánicos y la preserva de las variaciones de humedad y temperatura.

✓ **Química de la corteza**

La composición química de la corteza es muy complicada y depende de la especie y elementos morfológicos que la constituyen. Muchos de los constituyentes de la madera se encuentran en la corteza aunque en proporciones diferentes. Se caracteriza por su alto contenido en constituyentes solubles (extractivos) tales como las pectinas, compuestos fenólicos y su contenido en minerales es mucho más alto que en la madera. **(Rydholm, 1965)**.

En términos generales se puede decir que consta de las siguientes fracciones fibras, corcho (células) y sustancias finas incluyendo células parenquimáticas. Las fibras son químicamente similares a aquellas de la madera estando constituidas por: celulosa, hemicelulosas y lignina. Las otras dos fracciones están constituidas por grandes cantidades de extractivos. Su composición química es como sigue **(Rydholm, 1965)**.

✓ ***Constituyentes solubles o extractivos***

Los extractivos de la corteza pueden ser divididos en lipofílicos e hidrofílicos, aunque debe recalcarse que no existe una clara separación entre ellos el contenido de estos extractivos es alto comparado con el de las maderas y corresponde alrededor del 20 al 40% del peso seco de la corteza, opina **Jensen (1963)**.

La fracción lipofílica se puede extraer con solventes no polares (éter etílico, diclorometano) y está constituido básicamente por: grasa, terpenos y terpenoides,

ácidos resínicos y esteroles localizados en canales resiníferos presente en la corteza y también en los exudados patológicos (oleorresinas).

La fracción hidrofílica, que puede ser extraída con agua sola o con solventes orgánicos polares (acetona, alcohol etílico) está constituida básicamente por sustancias fenólicas. Muchos de ellos especialmente los taninos condensados que se les conoce también como ácidos fenólicos pueden ser extraídos solamente como sales con soluciones diluidas de álcalis. Se pueden encontrar: flavonoides monoméricos, lignanos, estilbenos, etc. en menor cantidad se pueden citar carbohidratos, proteínas, vitaminas, almidones, pectinas, oligosacáridos, etc.

✓ **Constituyentes insolubles**

Los principales constituyentes de la pared celular en la corteza son: polisacáridos, lignina y suberinas. En cuanto a los polisacáridos, la celulosa es la predominante encontrándose alrededor de 30% de la corteza en base seca. Datos con respecto a la lignina no son muy satisfactorios debido a las interferencias ocasionadas por los ácidos fenólicos. El contenido de lignina es alrededor del 15 – 30% (Jensen, 1963). Algunos estudios han indicado que la lignina presenta en la corteza interna es simular a la lignina de la madera, mientras que aquella de la corteza externa es significativamente diferente. Trabajos posteriores son necesarios para confirmar estas diferencias.

Suberinas. Las células de corcho en la corteza externa contienen poliestólidos o suberinas. Los poliestólidos son polímeros complejos constituidos por ácidos W-hidroxi monobásicos los cuales están unidos a través de enlaces éster. Asimismo contienen ácidos del tipo α, β – dibásicos esterificados con dioles, así como también con residuos de ácido ferrólico y sinápico.

✓ **Constituyentes inorgánicos**

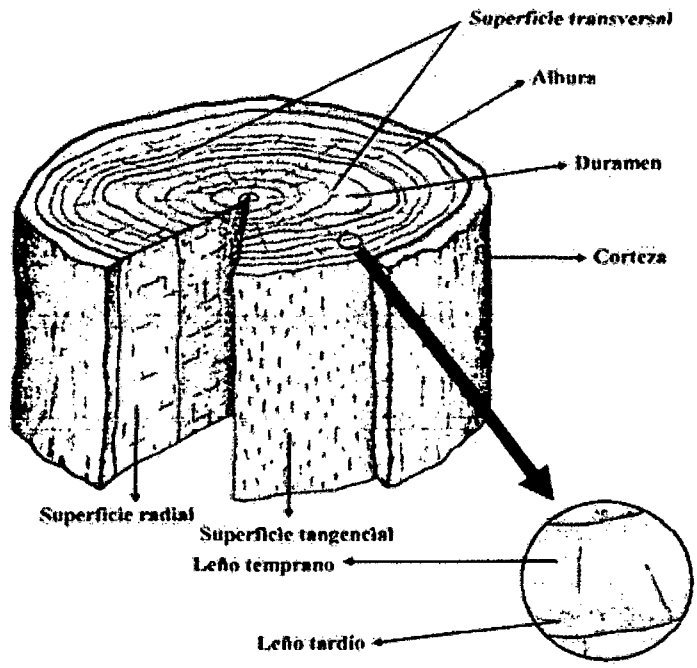
El contenido de sólidos inorgánicos de la corteza determinados como cenizas es de alrededor del 2 – 5% **(Browning, 1967).** Los metales presentes están como sales: oxalatos, fosfatos, silicatos, etc. algunos de ellos están unidos a grupos de ácidos carboxílicos de sustancias de la corteza. El calcio y potasio son los metales predominantes, encontrándose también trazas de boro, cobre y manganeso.

Dirección de los fluidos en las gimnospermas: cerca del 93% del volumen de la madera de las Gimnospermas está formado por traqueidas axiales comúnmente conocidos como fibras, los cuales son uno de los constituyentes celulares que se disponen a lo largo del árbol (sentido longitudinal). Estos tienen un centro hueco y

generalmente vacío, y los fluidos pueden entrar directamente por las extremidades afiladas de las fibras para fluir libremente a través de la longitud de los mismos y pasar a las fibras adyacentes a través de puntuaciones areoladas, que no son más que interrupciones o lagunas en las paredes secundarias de las fibras.

Para el flujo en la dirección radial, los fluidos pueden entrar a través de los rayos en la superficie tangencial, fluir a lo largo de las células radiales por difusión, pasando de una a otra por medio de membranas simples ubicadas en las extremidades de las células radiales. La longitud de los traqueidas longitudinales o fibras es cerca de cien veces mayor que su anchura y por eso la penetración de los fluidos, en la dirección longitudinal de la madera, es mayor que aquella que la cruza radialmente. Experimentalmente fue demostrado que la mayor penetración de fluidos ocurría en leños tardíos.

Figura 1. Diagrama esquemático del tallo en sección transversal.



Fuente: Biociencia (2006)

2.4. CARACTERÍSTICAS NATURALES DE LA MADERA

2.4.1. Composición Química

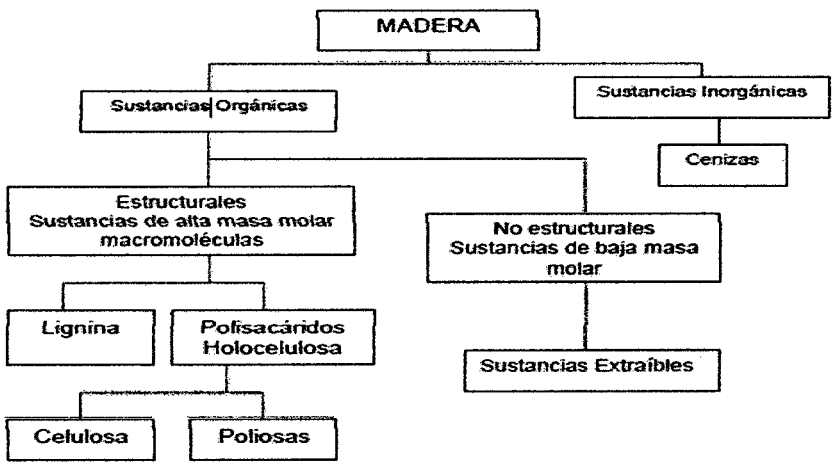
Browning (1967) opina que la composición química de la madera presenta grandes variaciones entre especies e incluso dentro de una misma especie si se dan diferentes condiciones de crecimiento.

Está constituida fundamentalmente por materias orgánicas tales como: carbono (50%), hidrógeno (6%), oxígeno (44%) y nitrógeno (0.1%). Los elementos fundamentales de la madera al estar combinados con otros, forman en general dos grupos de sustancias, las que conforman la pared celular, donde se encuentran las principales macromoléculas, celulosa, hemicelulosa (poliosas), lignina y también pequeñas cantidades de sustancias pépticas, que están presentes en todas las maderas; el otro grupo lo conforman las sustancias de baja masa molar conocidas también como sustancias extraíbles que se encuentran en menor cantidad. La proporción y composición química de la lignina y las poliosas difiere para las maderas de coníferas y latifolias, mientras que la celulosa es uniforme en composición en todas las maderas.

Fengel (1984) afirma que entre los compuestos orgánicos extraíbles se pueden encontrar hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, ácidos alifáticos, ceras, glicéridos, y compuestos nitrogenados. La proporción de estos componentes varía con la especie, entre la madera de árboles de la misma especie y en diferentes partes del propio árbol, en la madera de la albura y duramen, en dirección radial y longitudinal. Así también, los parámetros edafoclimáticos influyen en la composición química, ya que se presentan diferencias entre maderas que provienen de zonas templadas con las que provienen de zonas tropicales.

Panshin y de Zeeuw (1980) *señala que la variación dentro de un mismo árbol puede* deberse a variaciones anatómicas y químicas de los elementos fibrosos, incidiendo luego en la variación de las propiedades físicas y mecánicas. Estas variaciones se pueden dar en dirección longitudinal, es decir a nivel de alturas y en dirección transversal, es decir por cercanía o lejanía de la médula.

Figura 2. Esquema general de los componentes químicos de la madera.



Fuente: Fengel (1984).

Cuadro N° 1. Composición química de la madera (%)

Componentes	Coníferas	Latifoliadas
Holocelulosa	59.8-80.9	71.0-89.1
Celulosa	30.1-60.7	31.1-64.4
Poliosas	12.5-29.1	18.0-41.2
Pentosas	4.5-17.5	12.6-32.3
Lignina	21.7-37.0	14.0-34.6
Extractivos en agua caliente	0.2-14.4	0.3-11.0
Extractivos en agua fría	0.5-10.6	0.2-8.9
Extractivos en éter	0.2-8.5	0.1-7.7
Cenizas	0.02-1.1	0.1-5.4

Fuente: Tsoumis (1982).

2.4.2. Componentes de la Pared Celular de la Madera

Estos son compuestos químicos que forman una parte integral de la pared celular de la madera; son principalmente orgánicos en naturaleza pero materia mineral también está presente, como lo indica el residuo que queda cuando la madera es sometida a combustión completa. Los componentes de la pared celular no pueden ser removidos con solventes adecuados sin afectar ya sea la composición química de la madera, o bien la estructura física de la pared celular. Los componentes orgánicos de la pared celular de la madera son, en general, de dos clases, carbohidratos y los compuestos conocidos colectivamente como lignina.

A. CARBOHIDRATOS DE LA PARED CELULAR

Los carbohidratos son los componentes más importantes de la pared celular puesto que forman la armazón que soporta los tejidos de la planta. Además, están presentes como materiales de reserva en las células de la planta y por lo tanto constituyen una fuente de energía. Constituyen del 65 al 75 por ciento del peso de la madera y están formados de celulosa y hemicelulosa. La fracción hidrocarbonada de la madera, libre de materiales extraños, es frecuentemente designada como holocelulosa.

A.1. Celulosa

Tsoumis (1982) afirma que la celulosa es el constituyente principal de las células vegetales ya que representa entre 43 y 47% en maderas de coníferas y entre 42 y 44% en maderas de frondosas (**Aitken*et al*, 1988**). La celulosa es un polímero lineal

formado por unidades de β-D-glucopiranosa unidas entre sí por enlaces β-1-4-O glucosídicos.
Dos unidades de glucosa adyacentes se unen eliminando una molécula de agua entre los grupos hidroxilo del C_1 y el C_4 de la otra unidad. El grado de polimerización de la celulosa en la madera está comprendido entre 7000 y 10000. La unión de estas macromoléculas se produce mediante enlaces de hidrógeno y alterna la sucesiva formación de regiones cristalinas, inaccesibles a los reactivos y de regiones amorfas. La fracción amorfa de la celulosa, en la que la disposición de las moléculas está más o menos desordenada, es la más accesible al agua y a los agentes químicos, y es donde se inician las reacciones químicas.

Como se muestra en la **Figura 3**, esta macromolécula posee dos extremidades diferentes, una extremidad alcohólica inerte, llamada extremidad no reductora, y una extremidad hemiacetal reductora que está en equilibrio con la estructura abierta (forma aldehídica).

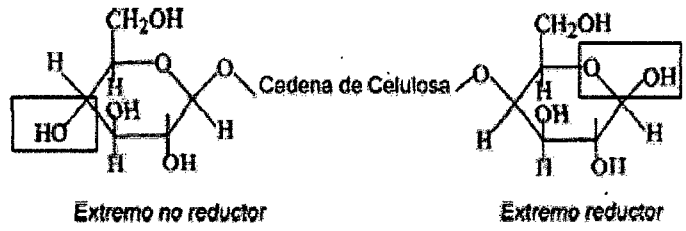


Figura 3: Extremidades reductora y no reductora de una molécula de celulosa

Es reconocida como una de las sustancias orgánicas probablemente más abundantes en la naturaleza, y en la madera constituye el principal carbohidrato, más específicamente un carbohidrato conocido como un polisacárido insoluble en agua, en solventes orgánico y en ácidos y álcalis diluidos. Está presente de 40 a 60% del contenido de la pared celular.

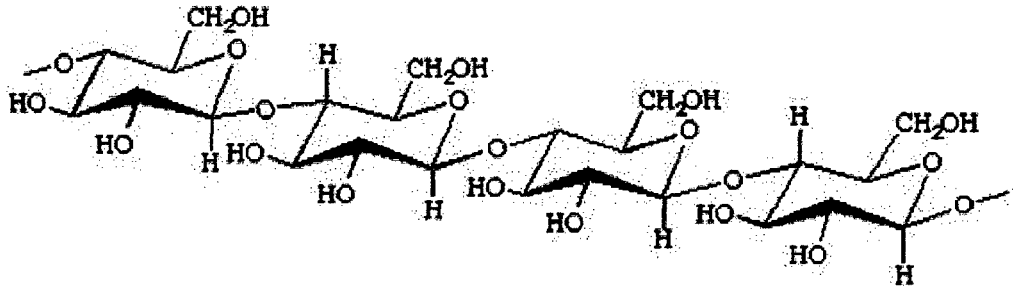
La celulosa puede presentarse en dos formas modificadas, estas son: oxicelulosa e hidrocelulosa. La oxicelulosa se forma como el resultado de la oxidación parcial de la celulosa con agentes oxidantes como hipocloritos, permanganato o dicromatos. La hidrocelulosa resulta de la acción de ácidos diluidos. Ambos tipos de celulosa modificada merecen mención dado que su presencia resulta en la degradación de la calidad de la madera y en la reducción de su resistencia.

- **Estructura:** la celulosa está compuesta de moléculas de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) como un monosacárido formado a través de la fotosíntesis del dióxido de carbono atmosférico.

Esta unión de moléculas de glucosa forma cadenas largas de biopolímeros de 4–(Glucosa)n–β1, y es acompañada por la eliminación de una molécula de agua, cada molécula de glucosa agregada a la cadena gira 180° y la unión de dos unidades de glucosa da como resultado un disacárido llamado celobiosa. Este proceso de repetición y agregación indefinida de unidades de glucosa (monómeros) se llama polimerización. La fórmula empírica de la celulosa es $(C_6H_{10}O_5)n$ donde n es el grado de polimerización con un valor mínimo de 200.

Guardiola (1995) sostiene que debido al tipo de enlace (ß-1-4) la molécula de celulosa tiene una forma lineal, estabilizada por la formación de numerosos puentes de hidrógeno intracadenales e intercadenales. Entre 40 y 70 moléculas se encuentran agrupadas en fibrillas elementales de un espesor de 3,5 y 7,5nm y una longitud de varios µm. Las moléculas de celulosa están orientadas longitudinalmente formando un agregado cristalino fuertemente ordenado, en el que todas las moléculas presentan la misma polaridad, lo que indica que tienen su extremo reductor orientado hacia el mismo extremo de la microfibrilla. En estos agregados las moléculas de celulosa no están unidas covalentemente, estabilizándose su estructura solamente por puentes de hidrógeno (C_3-C_6) y (C_2-C_5), que aunque muy débiles individualmente, su elevado número hace de la fibra de celulosa una estructura muy firme y poco sensible a la degradación.

Figura 4. Estructura molecular de la celulosa.



Fuente: Hirata & Nishimoto (1991)

- **Propiedades:**

Según **Skoog (1985)** las propiedades más importantes de la celulosa se relacionan, en primer lugar, con la susceptibilidad de la molécula a la hidrólisis y, en segundo lugar, con su capacidad de absorber agua. La celulosa puede presentarse en dos variedades: la celulosa ordinaria que es la natural, y la celulosa mercerizada que resulta de tratar la celulosa ordinaria por álcalis concentrados eliminando luego por loción el álcali fijado.

La celulosa presenta un alto grado de cristalinidad, pero no es 100% cristalina, dependiendo de la materia prima de donde proviene. La presencia de hemicelulosas en la celulosa de las maderas parece causar disturbios en la cristalinidad. Cuanto más cristalina es la celulosa mayor es su densidad.

Los análisis térmicos realizados a la celulosa en muchos casos han sido relacionados con el empleo de la madera y los materiales celulósicos, con fines energéticos y como una materia prima importante en la industria de los derivados. Los análisis térmicos realizados con más frecuencia a este tipo de material, son los relacionados con el análisis térmico gravimétrico (TG), análisis térmico diferencial (DTA) y la calorimetría diferencial de barrido (DSC). Siendo este último el que brinda información termodinámica relacionada con cada paso de la descomposición térmica del material analizado a un intervalo de temperatura de óptimo aprovechamiento energético, así como de la pureza de cada componente presente en el material.

Los usos de la celulosa son muy importantes sirven para fabricar papel, diferentes tejidos, explosivos, celuloide, cera artificial, piezas para maquinaria, eléctrica y general, barnices, impermeables, etc. Pero para llegar a ser tan versátil se requirieron varios años de investigación y mejoramiento no solo de los métodos de obtención sino también y muy importantemente de las materias primas.

A.2. Hemicelulosa

Las hemicelulosas, también llamadas poliosas, son polisacáridos más complejos que la celulosa ya que son químicamente heterogéneos. La fracción hemicelulósica representa entre 25 y 30% en especies coníferas y entre 20 y 43% en frondosas **(Aitken*et al*, 1988)**. Las cadenas de hemicelulosas presentan grados de polimerización medios de 150, estando constituidas principalmente por pentosas y hexosas, a las que se unen los ácidos urónicos y las deoxi-hexosas. La **Figura 5** muestra las fórmulas químicas de los azúcares más frecuentemente encontrados en las hemicelulosas.

Las cadenas de hemicelulosas más importantes en las frondosas son los xilanos, formados por polimerización de unidades de xilosa mediante uniones de tipo 1-O-4 y, para las especies coníferas, los glucomananos, que se forman por polimerización de unidades de glucosa y manosa, con una relación de 3 unidades de manosa por una unidad de glucosa.

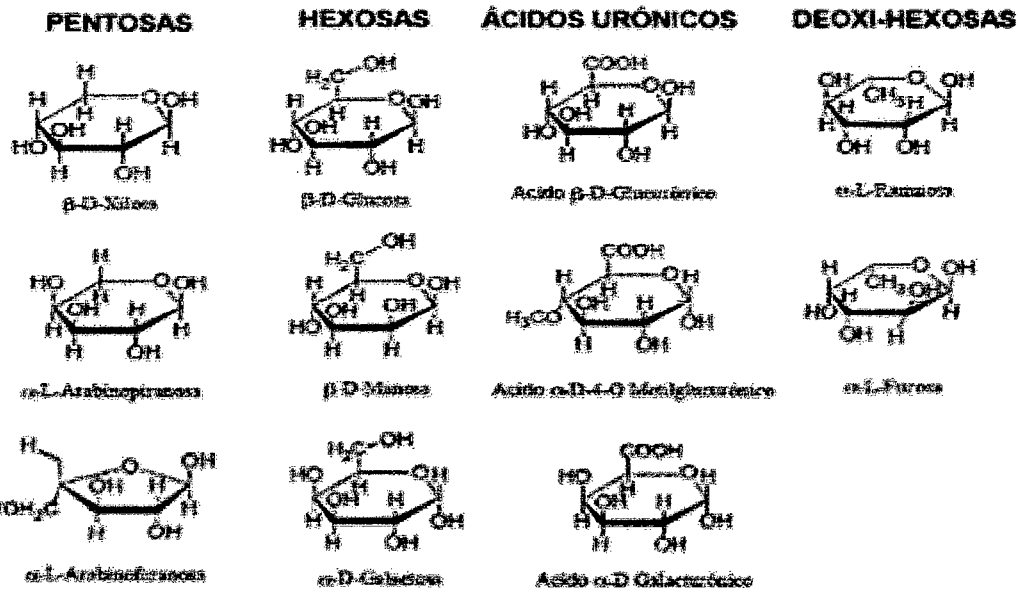


Figura 5: Azúcares más frecuentes en las hemicelulosas.

Se ha definido como la porción de celulosa que puede ser extraída de la madera con álcalis diluidos, calientes o fríos, e hidroliza en ácidos o componentes del azúcar utilizando ácidos diluidos. Es una sustancia amorfa compuesta de polisacáridos tales como manosa, galactosa, arabinosa, xilosa, ácidos urónicos y, en algunos casos, ramnosa.

El contenido total de hemicelulosa se cree que comprende entre 15 y 30 por ciento de la sustancia de la pared celular. Ningún método analítico o esquema de preparación ha permitido realizar una separación neta en celulosa verdadera y hemicelulosa.

- **Estructura:** las maderas están conformadas por azúcares neutros de seis átomos de carbono: glucosa, manosa, galactosa y de cinco átomos de carbono: la xilosa y arabinosa. Algunas poliosas contienen adicionalmente ácido urónico. Se pueden encontrar los mananos, glucomananos, glucanos, xiloglucanos, ramnogalactouronanos, y en los xilanos hay arabinoxilanos y O-acetil-4-Ometilglucuronoxilano.Las hemicelulosas se encuentran asociadas con la celulosa mediante fuertes interacciones polisacárido–polisacárido **(Tanner & Loewus 1981)**.

- **Propiedades:** la función de las hemicelulosas en la madera parece ser de intermediario entre la celulosa y la lignina, tal vez facilitando la incrustación de las microfibrillas. Probablemente no exista enlace químico alguno entre las

hemicelulosas y la celulosa, más suficiente adhesión mutua que es fortalecida por los puentes de hidrógeno y las fuerzas de Van der Walls.

Si son muy ricas en ácidos urónicos se llaman hemicelulosas ácidas; si no lo son, se denominan hemicelulosas neutras.

A.3. Holocelulosa

Así ha sido denominada la fracción total hidrocarbonada (celulosa y hemicelulosa) de la madera. El contenido de holocelulosa en la madera abarca del 70 al 90 por ciento total de las sustancias de la pared celular libre de extractivos o material extraño. La presencia de holocelulosa es, generalmente, mucho más elevado en maderas duras que en maderas blandas. **Skoog (1985).**

Todos los hidratos de carbono a veces se llaman, holocelulosa. En base a la solubilidad en NaOH al 17.5%, la holocelulosa se subdivide en α-celulosa insoluble, y la β y γ-celulosas solubles. **Tsoumis (1982)** opina que la fracción celulósica de la madera, u holocelulosa, está constituida por una mezcla de polisacáridos bastante análogos, pero diferentes. Así una vez aislada toda la fracción celulósica se la trata con disolución de sosa cáustica al 17.5% a 20 °C, se solubiliza parcialmente, quedando un resto insoluble, que es la α-celulosa, llamada también celulosa noble. Al acidular la disolución resultante se separa la β-celulosa, manteniéndose disuelta la γ-celulosa, que precipita al agregar alcohol de 95%. El conjunto de β-celulosa y γ-celulosa constituye la hemicelulosa.

A.4. Sustancias Pépticas

Son también hidratos de carbono o polisacáridos ramificados, formados por unidades de ácido galacturónico, que a veces pueden incluir moléculas de otros monosacáridos, como fructosa, xilosa y ramnosa.

Lo que la diferencia de las hemicelulosas es su alto contenido en ácido galacturónico. El peso molecular de las pectinas es habitualmente alto, como corresponde a su estructura formada por varios cientos o hasta 1000 unidades de monosacáridos. Si bien se encuentran en todas las plantas, los cítricos y las manzanas son especialmente ricas en pectinas. También las contienen las hojuelas del salvado, la cebada y las legumbres.

B. LIGNINA

La lignina es el segundo principal constituyente de los vegetales, representando entre un 25 y un 33% en especies coníferas y entre 18 y 34% en frondosas **(Aitkenet *al*, 1988)**. El término lignina agrupa polímeros heterogéneos basados en unidades fenil propano; posee una estructura química variable, según el tipo de madera, constituida por monómeros derivados del p-hidroxifenil propano.

Los monómeros que componen las moléculas de lignina pueden también variar según el tipo de madera considerado, como se presenta en la Figura 6. En las coníferas la unidad fenil propano es, en su gran mayoría, del tipo guayacil propano, con el grupo fenólico en forma eterificada o en forma libre. En frondosas las unidades fenil propano son del tipo guayacil propano y siringil propano. Tanto para coníferas como para frondosas, aparecen también unidades del tipo phidroxifenil propano, pero en muy poca cantidad. Estas unidades son, sin embargo, relativamente frecuentes en la lignina de las plantas herbáceas.

Es un polímero aromático complejo, heterogéneo, ramificado, donde no existe ninguna unidad repetida definidamente, no hidrato de carbono de la pared celular, constituido principalmente por un fenil propano sustituido. Por lo general, forma de 18% a 23% de madera y se encuentra concentrado en la lámina media y en la pared celular secundaria. La lignina es difícil de caracterizar porque en el proceso de aislamientos sufre alteraciones que varían según el método utilizado. Por esta razón, no tiene una referencia específica y se ha llegado a la conjetura, que es una mezcla compleja de compuestos con propiedades similares pero composición química desconocida o que varía en pequeñas formas **(Carballo, 1990)**.

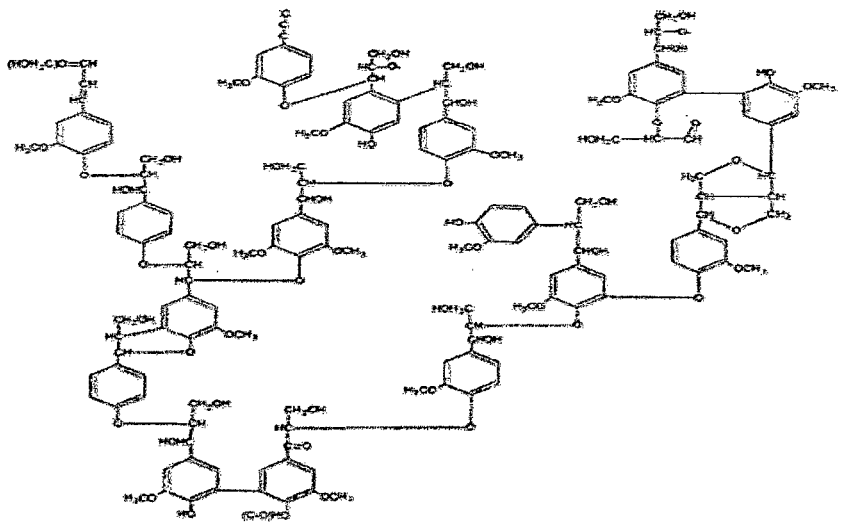


Figura 6: Modelo de la estructura de la lignina de coníferas (Adler 1977)

Es un grupo de compuestos químicos usados en las paredes celulares de las plantas para crear madera. La palabra lignina proviene del latín ***lignum***, que significa leño o madera; así, a las plantas que contienen gran cantidad de lignina se las denomina leñosas. Está formada por la extracción irreversible del agua de los azúcares, creando compuestos aromáticos. Los polímeros de lignina son estructuras transconectadas con un peso molecular de 10000 unidades de masa atómica.

Este componente de la madera realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas. Por ejemplo, posee un importante papel en el transporte interno de agua, nutrientes y metabolitos. Proporciona rigidez a la pared celular y actúa como puente de unión entre las células de la madera, creando un material que es notablemente resistente a los impactos, compresiones y flexiones. Realmente, los tejidos lignificados resisten el ataque de los microorganismos, impidiendo la penetración de las enzimas destructivas en la pared celular.

Las ligninas de la madera dura y de la madera blanda difieren entre sí y probablemente la composición de la lignina varía de una especie a otra. Hoy día, la lignina constituye uno de los desperdicios industriales más grandes del mundo, cuando es desechada en la forma de derivados lignina en el licor de sulfito empleado en el proceso industrial de transformación de madera en pasta. También se ha considerado responsable por la contaminación del agua, originada por descargar dicho desperdicio en ríos y lagos **(Hon & Shiraishi ,1991)**.

La corteza contiene un porcentaje relativamente elevado de componentes que no son carbohidratos, como lignina, suberina, taninos, flavofenos y otros compuestos de carácter fenólico. El contenido de lignina es de 15 - 30% para corteza libre de extraíbles. Existe además un contenido elevado de suberina en la capa externa, entre 20 - 40% **(Sharkov, 1972)**.

La separación de la lignina conlleva una degradación de su estructura por lo que resulta difícil obtener una lignina idéntica a la que se encuentra en la madera (lignina nativa) aunque la separación cuidadosa de la lignina se considera representativa de la lignina total en la madera. Los contenidos de lignina varían con la morfología de la fibra. Después de los polisacáridos, la lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal. Es importante destacar que es la única fibra no polisacárido que se conoce **(Sakakibara, 1980)**.

- **Estructura:** la molécula de lignina es una macromolécula, con un elevado peso molecular, que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos (cumarílico, coniferílico y sinapílico). El acoplamiento aleatorio de estos radicales da origen a una estructura tridimensional, polímero amorfo, característico de la

lignina. La lignina es el polímero natural más complejo en relación a su estructura y heterogenicidad. Por esta razón no es posible describir una estructura definida de la lignina; sin embargo, se han propuesto numerosos modelos que representan una aproximación de dicha estructura. Está formada por la polimerización deshidrogenativa al azar de alcoholes para hidroxicinámicos (alcohol p-cumarílico, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico), en reacción catalizada por enzimas vía radicales libre. Las unidades de fenil propano (C_9) se unen por enlaces C-O-C y C-C, presentando en su estructura grupos hidroxilos, carbonilos, metoxilos y carboxilos **(Sakakibara, 1980)**.

Su estructura es rígida como modelo material. En 1980, describió un modelo para la lignina de maderas blandas. Este demuestra una sección con 28 unidades de C_9 con elementos estructurales alternativos avalados por datos analíticos. El más reciente modelo de lignina es el expresado por **Glasser (1981)**. Este modelo comprende 94 unidades correspondiendo a la masa molar total de más de 17000 y es basado en un amplio rango de determinaciones analíticas.

- **Propiedades:** según su origen, tiene densidades de 1.3 a 1.4 y un índice de refracción de 1.6, su color suele ser pardo, aunque experimentalmente sean hecho muestras de ligninas de colores muy claros. Su insolubilidad en ácido sulfúrico de 72% es la base de una prueba cuantitativa para distinguirlas de la celulosa y en otros carbohidratos en maderas y pulpas de madera. Las ligninas comerciales son solubles en soluciones alcalinas acuosas, y algunas son también solubles en muchos compuestos orgánicos oxigenados y en aminas. Por el calor, las ligninas no se funden, sino que se reblandecen y después se carbonizan. El grado de lignificación afecta notablemente a la digestibilidad de la fibra. La lignina, que aumenta de manera ostensible en la pared celular de la planta con el curso de la maduración, es resistente a la degradación bacteriana, y su contenido en fibra reduce la digestibilidad de los polisacáridos fibrosos. Poseen propiedades aglutinantes que conforman la consistencia fibrosa de las maderas (revistiendo las células del xilema), donde realizan la función mecánica de sostén. Su composición depende de muchos factores, entre ellos, el método utilizado para aislarlas, la especie que se estudie, la edad, parte del árbol, condiciones ambientales en que se ha desarrollado el árbol, etc. opina **Browning (1967)**.

2.4.3. Componentes Extraños de la Madera

En adición a sus componentes mayoritarios (celulosa, hemicelulosa y lignina), la madera contiene productos de tipo orgánico llamados componentes extraños (numerosas proteínas y sustancias pépticas) que son bastante insolubles, además de los productos que pueden ser removidos por extracción con solventes neutros tales como agua, alcohol, benzol, éter y, cloroformo, o por volatilización con vapor y son conocidos como extractivos. Cada madera contiene algo de ellos, y se dice que algunas contienen cantidades representativas de los mismos. Son encontrados principalmente en el cerno de todas las especies, pero pequeñas cantidades pueden presentarse en la albura **(Hon & Shiraishi, 1991)**.

La importancia de estos compuestos, afirma **Tsoumis (1982)**, se advierte por la influencia que tienen sobre algunas propiedades de la madera tal como la durabilidad natural que está estrechamente relacionada con la toxicidad de sus extractivos, y por la relación con sus propiedades mecánicas y características de acabado donde la presencia de gomas y resinas puede ser muy perjudicial. Los extractivos a veces pueden ser específicos para la identificación de la madera, ya que contribuyen a las propiedades como color, olor, durabilidad y adicionalmente pueden influir en la adhesión, secado y decoloración de la madera. La proporción de extractivos varía de menos de 1% a más de 10% en peso seco de madera. Sin embargo, en algunos de los extractivos de las especies tropicales pueden sumar aproximadamente 20%.

Las variaciones no sólo existen entre las especies, sino también dentro de un solo árbol, principalmente entre la savia-madera y corazón-madera. Ciertos materiales inorgánicos, como sales del calcio e inclusiones de sílice, no son solubles en los solventes mencionados, pero a veces es considerado como extractivos aquellos que no son componentes de la pared celular. Bajo este concepto, todos los materiales inorgánicos (ceniza) pueden ser considerados como extractivos. Ésos que residen en las paredes de la célula que no son componentes estructurales de las paredes, aunque estos estén dispersos en ellos. Por lo tanto los productos extraños de la madera son agrupados, sobre la base de similitudes químicas, en aceites volátiles, ácidos derivados de resinas y grasas; taninos y materia colorante; carbohidratos; y sustancias diversas.

C. Extractivos o Extraíbles

El término extractos cubre una amplia variedad de compuestos que pueden ser separados de la madera mediante extracciones con agua o con disolventes orgánicos. Se encuentran en la madera en pequeña cantidad, pero su presencia puede interferir en la deslignificación. La cantidad y la composición de los extractos varían según la especie considerada.

Entre ellos se encuentran los taninos, más abundantes en las frondosas, cuya estructura química participa en la coloración de la madera, y los terpenos y terpenoides, polímeros del isopreno, que contienen funciones ácidas carboxílicas, ácidos resínicos, que se encuentran principalmente en las coníferas. Otro grupo de extractos de la madera son los ácidos grasos, compuestos por una cadena hidrocarbonada, saturada o no, con una función carboxílica terminal. En la madera se encuentran principalmente en forma de ésteres del glicerol, pudiéndose extraer con disolventes orgánicos, como la acetona, éter etílico o éter de petróleo.

Además de celulosa, hemicelulosa y lignina que son componentes macromoleculares, los árboles contienen otras sustancias en menor proporción, que no entran en la composición de las paredes celulares. Estos son los extractivos o extraíbles de los árboles y constituyen una fuente importante de fitoquímicos. La cantidad y composición de ellos depende de la especie, la parte del árbol, la época del año, las condiciones de crecimiento y otros factores. Todas las especies de madera y la mayoría de los vegetales contienen cantidades variables de algunas sustancias químicas diferentes a los carbohidratos y a la lignina que constituyen la pared celular. Los extraíbles que se encuentran en los tejidos vegetales son sustancias tales como terpenos, fenoles, taninos, minerales, azúcares, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, ácidos alifáticos y aromáticos, esterinas, aceites esenciales, ácidos grasos y resinosos, resinas, grasas y otros. Existe una considerable variación en la distribución de los extraíbles en un árbol; ellos se encuentran distribuidos en follaje, madera, corteza y raíces. Siendo la corteza y las raíces las partes donde se encuentran en mayor concentración los extraíbles **(Emilianova, 1969).**

C.1. <u>Extractivos Vegetales</u>

Soto (1982) menciona que son aquellas sustancias que se encuentran presentes en las diferentes fibras vegetales, pero que son carbohidratos, tales como ácidos grasos, terpenos, fenoles y resinas. Muchos de estos compuestos son solubles en agua o disolventes orgánicos polares como metanol, etanol o acetona, por lo que se elimina rápidamente en los procesos de extracción de celulosa.

Quinde (1984) señala que los extractivos vegetales se encuentran acompañando al material celulósico y la lignina, difíciles de extraer, sin embargo, algunas sustancias pueden ser extraídas en cantidades pequeñas con solvente orgánicos neutros tales como etanol, benceno, acetona, cloroformo, diclorometano e incluso con agua. También indica que a estas sustancias se les a llegado a denominar como los "componentes químicos personificadores" de las maderas, influyendo en sus propiedades sean esta deseables o indeseables.

Muchos de estos extractivos afectan la pulpabilidad de la madera, el blanqueo de la pulpa, la pintabilidad de la madera, su color, olor, etc.

Aróstegui (1976) indica que todas las especies de madera y la mayoría de los vegetales contienen cantidades variables de algunas sustancias químicas diferentes a los carbohidratos y a la lignina que constituyen la pared celular.

C.2. Composición Química de los Extractivos

La composición química de los extractivos varía grandemente de especie a especie, dentro de la misma especie e inclusive entre las diferentes partes de un mismo árbol. El gran número de compuestos que han sido identificados representan varias clases de compuestos orgánicos que pueden ser agrupados en tres grandes grupos: compuestos alifáticos (principalmente grasas y ceras), terpenos y terpenoides, y compuestos fenólicos.

a. Compuestos alifáticos: este grupo comprende los alcoholes y ácidos grasos; se les encuentra generalmente como éteres y cuando se combinan con el glicerol se les tiene como grasas, mientras que cuando se combinan con alcoholes alifáticos de alto número de carbonos (C_{18}-C_{30}) se les encuentra formando las ceras.

b. Terpenos y terpenoides: son derivados de la condensación de dos o más unidades de isopreno; 2metil-1.3-butadieno originando dímeros u oligómeros más complejos. El termino terpeno, se refiere específicamente a hidrocarburos, mientras que el término terpenoides, a toda sustancia cuya unidad repetitiva es el isopreno sin condensar los grupos funcionales. Los terpenos y otras sustancias similares a ellos con variadas funciones entran en la composición de los aceites etéreos, y están ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Son líquidos incoloros, ms ligeros que el agua, hierven a temperatura entre 140-190ºC. Son insolubles en el agua y presentan alto índice de retractilidad.

c. Compuestos fenólicos: este grupo está constituido por una mezcla muy heterogénea de compuestos que se pueden subdividir en taninos, lignanos, estilebenos, tropolones. **Flores (2003)** afirma que los extraíbles que se encuentran en los tejidos vegetales son sustancias tales como terpenos, fenoles, taninos, minerales, azúcares, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, ácidos alifáticos y aromáticos, esterinas, aceites esenciales, ácidos grasos y resinosos, resinas, grasas y otros.

Los extractos son compuestos solubles en diferentes solventes, por ejemplo: en alcohol-benceno se solubilizan ceras, grasas y resinas; en agua fría, taninos, gomas, azúcares, materiales colorantes y en agua caliente los almidones.

Pueden clasificarse en ácidos volátiles, aceites esenciales, ácidos resinosos y polifenoles. El caucho y los taninos usados en la curtición del cuero, son ejemplos de extractos provenientes de maderas de amplio uso comercial a nivel mundial. Los extractos son también de gran importancia para la industria farmacéutica, sanitaria y en perfumería **(Abarca, 2003)**.

Para hacer un aprovechamiento óptimo de la madera desde el punto de vista químico es necesario conocer su composición química, cuyos compuestos surgen de la combinación de los elementos C, H y O, la que se compone, de forma general, de dos grupos de sustancias: extraíbles y los componentes de la pared celular, estos últimos comprenden la lignina, celulosa y hemicelulosa **(Hans y Anders, 1995)**.

Fengel (1984) señala que existen numerosos compuestos que pueden tener gran influencia en las propiedades y calidad de la madera, aunque ellos contribuyan sólo en algún porcentaje en la masa total de la madera. A este grupo de compuestos se les denomina comúnmente sustancias extraíbles de la madera. Los componentes químicos aquí presentes son de diferentes clases y pueden ser divididos a su vez, y de forma más simple en componentes orgánicos y componentes inorgánicos, siendo estos últimos en los que se puede encontrar ciertos iones metálicos que son esenciales para el normal desarrollo del árbol. Entre los compuestos orgánicos se pueden encontrar hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, ácidos alifáticos, ceras, glicéridos, y compuestos nitrogenados.

Así mismo **Carballo (1990)** de muestra que los componentes inorgánicos o sustancias minerales, varían en el árbol en dependencia de la parte que se estudie: Altos contenidos pueden encontrarse en las hojas, ramas, corteza, raíces, por lo que es común encontrar diferencias entre las maderas de latifolias y las de coníferas; diferencias existen entre la madera joven y la tardía. Las condiciones del suelo y la edad influyen en los contenidos de sustancias minerales.

C.3. <u>Rendimiento de extractivos.</u>

Quinde (1984) alude que algunas especies tienen hasta cuatro veces más extractivos totales en la corteza que en la madera, caracterizado por su alto contenido de constituyentes solubles en solventes orgánicos. La composición química de la corteza es muy complicada y depende de la especie, la edad y la calidad de sitio donde está ubicado el individuo. Además indica que estos extractivos son del 20 hasta el 40% del peso seco de la corteza y los agrupa en lipofílicos e hidrofílicos. La fracción lipofílica se puede extraer con solventes no polares como éter etílico y diclorometano, están constituido por grasa, ceras, terpenos y terpenoides, ácidos resínicos y esteroides.

Mientras que la fracción hidrofílica que puede ser extraída con agua o con solventes orgánicos polares como acetona y alcohol etílico, está constituida básicamente por sustancias fenólicas, muchas de estas son taninos condensados que también se les conoce con el nombre de ácidos fenólicos.

Flores (2003) testifica que existe una considerable variación en la distribución de los extraíbles en un árbol; ellos se encuentran distribuidos en follaje, madera, corteza y raíces. La corteza y las raíces son las partes donde se encuentran en mayor concentración los extraíbles.

García *et al* (2003) garantiza que el contenido de extractivos de una madera no influye de una forma significativa en sus resistencias mecánicas, si lo hace con la densidad. Este aumento de densidad sin correspondencia con el aumento de las resistencias mecánicas hace bajar la relación "resistencia / densidad" y, el coeficiente de correlación entre estos dos parámetros disminuye si el contenido de extractivo no es homogéneo, por lo que las correlaciones entre estos dos parámetros deben hacerse con la densidad de la madera extractada. También menciona que los extractivos influyen en varias propiedades de la madera: color, durabilidad, provocación de irritaciones en mucosas, dificultades para la aplicación de barnices y a veces, para el fraguado del cemento.

Torres (2012), en un estudio de composición química de la madera de la especie ***Simarouba amara Aubl*** obtuvo los siguientes resultados en madera: agua fría (16,64%), agua caliente (15,306%), alcohol (2,16%), celulosa (54,21%), hemicelulosa (12,82%), lignina (34,64%), ceniza (0,584) y sílice (0,250%). Para corteza tubo para agua fría (17,53%), agua caliente (18,39%), alcohol (2,25%), celulosa (49,91%), hemicelulosa (11,34%), lignina (38,04%), ceniza (3,94%) y sílice (0,26%).

Taranco y Cabudivo (1995), en un estudio químico preliminar de cinco especies vegetales, determinaron los rendimiento de extractivos utilizando el método de destilación con agua; con muestra de corteza obtuvieron rendimiento entre 16.21% a 25.00%, mientras con muestras de madera de aceite caspi, chiricsanango y uña de gato obtuvieron un rendimiento de 10%, 11.5% y 3.23% respectivamente. Por otra parte los mismos autores, utilizando el método de maceración con solución hidroalcohólicas con las mismas especies durante 2, 4 y 6 semanas, obtuvieron rendimientos de 8.41%, 11.32% y 19.94% en cada especie, respectivamente.

Pinedo (1999), en un estudio sobre extractivos de corteza de ubos y chuchuhuasha, por el método de maceración, concluye que le rendimiento promedio fue de 18.93 y de 20.08% respectivamente, y por el método de ebullición en agua concluye que el rendimiento promedio fue de 13.81 y de 13.94%, respectivamente.

2.4.4. Sustancias Solubles en Disolventes Orgánicos: citado por Fonseca (2006).

En disolventes orgánicos fundamentalmente se extraen grasas, resinas y ácidos grasos, ésteres de estos ácidos, cera, fitoesterinas. Tanto la cantidad como la composición de estas sustancias dependen del disolvente en que son extraídos. En la literatura aparecen bajo diferentes formas de nombrar: lípidos, sustancias solubles en grasas, sustancias resinosas, grasa bruta y otros.

Según las ideas actuales, las sustancias que forman los organismos vivos, insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos (cloroformo, éter, benceno y otros) y que contienen en sus moléculas radicales alquílicos superiores, se denominan lípidos.

Estas sustancias son hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, derivados de ácidos grasos (glicéridos, ceras, fosfo, glico, sulfolípidos), vitaminas solubles en grasas (A, D, E, K) y sus derivados, clorofila, carotenoides, esterinas, etc. Según Yagodin, la inclusión de estas sustancias en la composición de los lípidos se explica porque ellos con frecuencia se encuentran en las membranas y aparecen junto a los fosfolípidos y en los extractos con disolventes utilizados para la extracción de las grasas.

- **Aceites vegetales:** son comúnmente clasificados ya sea como aceites esenciales o aceites fijos y grasas. Los aceites esenciales son sustancias volátiles cuando se exponen al aire; usualmente poseen fuerza, fragancia y olores característicos. Pertenecen a diferentes clases de compuestos orgánicos. Predominan los terpenos y terpenoides oxigenados (alcoholes y ácidos), algunos fenoles, éteres, aldehídos, cetonas y lactosas. Los terpenos son hidrocarburos de composición $C_{10}H_{16}$ (derivados del isopreno C_5H_{10}). En los aceites esenciales aparecen monoterpenos, diterpenos ($C_{20}H_{32}$) y sesquiterpenos ($C_{15}H_{24}$).

- **Aceites fijos y grasas:** en contraste, son no volátiles; son extraíbles con éter y también son solubles en alcohol o en una mezcla de alcohol y benceno. La distinción entre aceites fijos y grasas es meramente física, es decir, un aceite es un líquido y una grasa es una sustancia sólida; frecuentemente, la misma sustancia es un aceite o una grasa dependiendo de la temperatura.

- **Azúcares:** el almidón es el componente extraño más común encontrado en la madera. Las cantidades apreciables en que se presenta hace a la madera susceptible de ser atacada por ciertos insectos y agentes fúngicos. El contenido de almidón en la madera puede ser reducido por el secado lento de la misma.

Además del almidón, azúcares tales como glucosa, manosa y fructosa se sabe que se presentan como constituyentes de la savia tanto en maderas duras como en maderas blandas. Por lo regular a los azúcares, almidón y algunos compuestos nitrogenados se les encuentra en la albura. Las sustancias fenólicas se encuentran normalmente en el duramen. Existe una variación en la concentración de los extraíbles a lo largo del tronco del árbol y entre este y las ramas. Estos constituyentes son responsables de algunas características de las plantas como *resistencia natural a la pudrición, sabor y propiedades abrasivas (Díaz, 1986).*

- **Gomas:** son polisacáridos muy complejos que no forman parte de la pared celular sino que, en la planta, suelen destinarse a reparar áreas dañadas. Presentan una alta viscosidad. Su estructura está formada por largas cadenas de ácido urónico, xilosa, arabinosa o manosa. Entre las más conocidas se encuentran la goma guar, la goma arábiga, la dekaraya y la de tragacanto.

2.4.5. Sustancias extrañas diversas: citado por Fonseca (2006).

Además de los materiales extraños ya mencionados, se sabe que en las maderas de algunas especies de árboles se presentan otras sustancias, entre ellas alcaloides que poseen propiedades tóxicas. Se encuentran generalmente en solución en la savia de tejidos jóvenes, o en forma sólida en tejidos más viejos. Las proteínas constituyen otra clase de componentes extraños en la madera; difieren de los carbohidratos en que poseen no sólo carbono, hidrógeno y oxígeno, sino también nitrógeno. Puesto que están involucradas en las actividades vitales de las plantas, se cree que algunas de las proteínas son constituyentes del protoplasma.

Debe mencionarse además la presencia de un número de ácidos orgánicos además de los ácidos volátiles y resinas.

2.4.6. Contribución de los Extraíbles a las Propiedades de la Madera

La influencia extractiva del valor de la madera como mercancía y a veces la causa de varios problemas en proceso. En esta sección, los siguientes cinco artículos son: color de la madera, olor de la madera, durabilidad de la madera, daños a la salud humana y la influencia de los extraíbles en el pulpaje.

Además de los artículos anteriores, los extraíbles influyen en la interferencia de adherencia en producción de contrachapado, la interferencia de capa con pintura, la interferencia de polimerización en plástico de WPC (complejo plástico de madera), la permeabilidad de un antiséptico o insecticida, entre otros.

- **Color de la madera:** los bosques de especies diferentes tienen una amplia gama de color. El color de la parte savia-madera es común entre todas las especies de madera. Al contrario, el de la parte corazón madera es único.

- **Olor de la madera:** después del cortado, muchos bosques tienen un olor característico que normalmente se marchita en el proceso de secado, hay bosques preciosos que retienen un olor agradable para un periodo largo de tiempo sin embargo, por otro lado, durante el almacenamiento en agua, muchos bosques son invadidos a veces por microorganismos que generan pérdidas de constituyentes odorizantes.

- **Durabilidad de la madera:** se ha sabido bien de tiempos antiguos que los extraíbles influyen en la durabilidad de la madera. Recientemente, la contaminación del ambiente y la toxicidad de antisépticos sintéticos o insecticidas han propuesto problemas serios para la madera. Por consiguiente, se enfoca gran interés ahora en extraíbles de madera como productos naturales que proporcionan durabilidad. Estos compuestos pueden dar pistas a estructuras que podrían servir como preservantes de madera.

- **Extraíbles de madera dañinos para la salud humana:** es conocido que los extraíbles presentes en ciertos bosques causan síntomas como lloriqueo, sangrado de nariz, estornudos, irritación de ojos y garganta, dermatitis.

- **Influencia de los extraíbles en el pulpaje:** los extraíbles causan varios problemas en el pulpaje. En cocción de bosques de especies de pinos para producir pulpa de sulfito, la parte madera-corazón es resistente a la deslignificación debido al pinosilvin. El pinosilvin se combina con la lignina durante la cocción para obstruir la sulfonación de la lignina.

2.4.7. Utilización de los Extraíbles: citado por Fonseca (2006).

Algunos extraíbles provenientes de bosques tienen potencial para el uso comercial, pero los extraíbles usados para éste propósito se restringen dentro de los límites estrechos porque el aislamiento de los extraíbles de madera o de corteza tiene sus propias dificultades económicas y/o técnicas.

La mayoría de los silviquímicos obtenidos de los árboles, corteza, semillas, hojas, o tocones contienen químicos similares a los extraíbles de madera. Los silviquímicos han sido materiales importantes a lo largo de la historia humana y han sido usados ampliamente hasta los años cincuenta. Después de eso, la importancia ha disminuido

desde que la industria de la petroquímica se empezó a desarrollar. Sin embargo, hay interés recientemente en uso de árboles de nuevo como un recurso renovable en la industria orgánica-química.

- **Turpentino:** el turpentino es el aceite esencial volátil obtenido del árbol de las especies Pinus. También es llamado como aceite de turpentino. El turpentino es producido mayormente como un subproducto del proceso de cocción de pulpa de sulfato. También puede ser producido por la destilación de astillas de los troncos, tocones, y ramas de las especies Pinus. Para distinguir entre estos dos tipos de turpentino, el anterior se nombra turpentino del sulfato y el último turpentino de madera.

- **Aceite de altura:** el licor negro obtenido por el pulpaje del sulfato de la madera de ***Pinus* sp,** contiene las sales de sodio de ácidos de la resina y los ácidos grasos como resultado de la saponificación de resinas o grasas en los bosques. Cuando el licor negro se condensa y se permite estar en el tanque, la sustancia que sube a la superficie se recoge mecánicamente y se trata con ácido para dar un aceite de altura crudo.

  Se ha usado aceite de altura históricamente para la manufactura de materiales de revestimiento. Los ácidos grasos puros o colofonias obtenidos por destilación fraccionada es mandada para la utilización de aceite de altura como material crudo básico en la industria química. El residuo de destilación fraccionada y alquitrán también son usados como combustible.

- **Colofonia:** en la actualidad, el volumen de producción de la colofonia ocurre por la destilación fraccionada de aceite de altura. Un porcentaje pequeño de colofonia de madera es obtenido por la destilación fraccionada de turpentinos de madera producida de los tocones de las especies de ***Pinus* sp.**

  La colofonia se usa como un material crudo sintético en medicinas, agentes viscosos para hacer papel, adhesivo, y revestimiento.

- **Ácidos grasos:** los componentes principales del aceite de altura por destilación fraccionada son los ácidos grasos insaturados como ácido oleico y ácido linoleico. Los ácidos grasos de aceite de altura son ampliamente usados en revestimiento y como materiales crudos para la síntesis de medicinas, jabones y limpiadores industriales.

- **Taninos:** los taninos están divididos en el tipo condensado y el tipo hidrolizable. Los taninos condensados son ampliamente usados como agentes tánicos para la *fabricación de cueros y para la preservación de redes de pesca.*

  Más recientemente, se han usado taninos de algunas ampliamente como adhesivos para madera, floculantes y para revestimiento. El valor comercial de los taninos hidrolizables es más bajo en comparación con los de taninos condensados.

- **Exudantes:** a menudo, una lesión a la corteza de los árboles resulta en un fluido de exudación de la vecindad del cambium en los tejidos dañados. En ciertos casos, estos Exudantes se recogen y se venden.

- **Látex:** es un líquido lácteo que exuda de la superficie cortada del árbol de caucho tropical tal como ***Hevea brasiliensis***. En la sustancia sólida de látex, el polímero isoprenoide llamada también goma carbonatada, constituye más del 90%. El caucho crudo obtenido de látex por coagulación se transforma en el caucho comercial natural por vulcanización.

- **Oleorresina:** llamado también bálsamo, es una resina de aceite esencial que se obtiene de las coníferas y varios tipos de angiospermas. La oleorresina se usa como un material crudo en medicina, perfume y como adhesivo para lentes.

- **Goma:** es una sustancia coloidal, normalmente polisacárido, exuda por ciertas plantas angiospermas. Es característico que los polisacáridos de la goma contengan azúcares ácidos.

  Se utiliza como un aditivo comestible, tabletas medicinales, materiales adhesivos y como base para algunos cosméticos, opina **Shiraishi (1980)**.

D. CENIZAS

Los componentes inorgánicos o sustancias minerales varían en el árbol en dependencia de la parte que se estudie: altos contenidos pueden encontrarse en las hojas, ramas, corteza, raíces, por lo que es común encontrar diferencias entre las maderas de latifoliadas y las de coníferas; diferencias existen entre la madera joven y la tardía. Las condiciones del suelo y la edad influyen en los contenidos de sustancias minerales **(Carballo, 1990)**.

Cuando la madera está seca y calentada a alrededor de 280 °C comienza espontáneamente a fraccionarse, produciendo carbón más vapor de agua, ácido

acético y compuestos químicos más complejos, fundamentalmente en la forma de alquitranes y gases no condensables, que consisten principalmente en hidrógeno, monóxido y bióxido de carbono. Se deja entrar aire en el horno o fosa de carbonización para que parte de la madera se queme, y el nitrógeno de este aire estará también presente en el gas. El oxígeno del aire será gastado en la quema de parte de la madera, arriba de la temperatura de 280°C. libera energía, por lo que se dice que esta reacción es exotérmica. Este proceso de fraccionamiento espontáneo o carbonización, continúa hasta que queda sólo el residuo carbonizado llamado carbón vegetal. A menos que se proporcione más calor externo, el proceso se detiene y la temperatura alcanza un máximo de aproximadamente 400 °C. Sin embargo, este carbón contiene todavía apreciables cantidades de residuos alquitranosos, junto con las cenizas de la madera original. Usualmente se lleva a cabo la producción de cenizas en un rango de 580 a 600 °C según las normas para su determinación.

D'Almeida (1981) menciona que entre los contenidos inorgánicos de la madera se encuentran los cristales y el sílice. Los cristales son depósitos en su gran mayoría de sales de calcio, que se encuentran principalmente en células parenquimáticas. El sílice es un material cuya fórmula química y grado de dureza se asemejan al diamante, pueden encontrarse en el interior de las células en forma de partículas o granos. Los cristales y depósitos de sílice tienen gran importancia en la trabajabilidad de la madera y se conocen popularmente como cenizas, se ha informado que tanto para coníferas como para latifoliadas varían entre 0,1 y 1,0 %.

El contenido de cenizas en el carbón es de alrededor del 30% en peso, y el balance es carbono fijo, alrededor del 67-70%. Además puede contener cantidades diminutas de una lista larga de otros elementos, como fósforo, azufre, sodio, aluminio, titanio, manganeso, hierro, cobalto, níquel, plata, bario, plomo y oro. En algunas especies tropicales, la mayoría de la ceniza está compuesta de sílice (SiO2) afirma **Tsoumis (1982)**. El contenido de sólidos inorgánicos de la corteza determinados como cenizas es de alrededor del 2 – 5%**(Browning, 1967)**.

E. SÍLICE

COTTON Y WILKINSON (1980) sostiene que le silicio (Si) elemento que forma el sílice es el segundo más abundante en l naturaleza después del oxígeno (aproximadamente 28% de la corteza terrestre) y se presenta en la amplia variedad de minerales silicatados, y principalmente en forma de cuarzo (SiO_2).

Así mismo, **CHOPPIN Y JAFFE (1967)** sostiene que, así como los componentes que contienen enlaces carbono-carbono dominan el mundo viviente, los compuestos con enlaces silicio-oxigeno domina el mundo mineral; la existencia de una abrumadora

cantidad de silicatos en la corteza terrestre coloca al silicio como el segundo elemento en abundancia sobre la tierra. **CHOPPIN Y JAFFE (1967)** sostiene que el sílice es el más importante oxido de silicio.
La sílice es un oxido acido, que funde y reacciona con los óxidos metálicos; los productos de tales reacciones son los vidrios, líquidos sobre enfriados no cristalinos de composición variable.

ORTUÑO VIAN (1980) por su parte afirma que existen otras formas alotrópicas del SiO_2 como son la tridimita, la cristobalita y la sílice amorfa; las formas cristalizadas presentan variables que se conocen como: cuarzo *ALFA Y BETA* y cristobalita *ALFA Y BETA*; estas se transforman unas a otras por acción del calor.

El átomo del silicio coordina a cuatro átomos de oxígeno, según las cuatro direcciones de un tetraedro; quedando así libres cuatro valencias una de cada oxigeno que se satura por unión con otros grupos coordinados similares. Así a base del macroides, $(SiO_4)^4$, se forma el complejo $(SiO2)^x$ cuyo elevado peso molecular responde a las propiedades de la sílice, no explicables con la formula SiO2 con que convencionalmente se la representa.

Por su parte **METCALFE Y CHALK** sostiene que la sílice puede estar presente en la madera en cualquiera de las dos formas siguientes:

- Como incrustación o impregnación de la pared celular O.
- En forma de depósitos translucidos (corpúsculos de sílice en el lumen de las células).

Los corpúsculos de sílice son usualmente descritos como opalescentes y mediante pruebas, se ha demostrado que ellos son mayormente amorfos a pesar de su superficie de apariencia cristalina.

El mismo autor agrega diciendo que el sílice en forma cristalina esta presente en ciertas plantas, aunque sin embargo es mucho menos frecuente; por ejemplo, se reportaron en hojas y otros órganos de las especies fragaria ("strawberry"), lantana (Verbenaceae), Coffea (Rubiacea), Eucalyptus (Myrtaceae) y Ulmus (Ulmaceae).

Sostienen además que pese a la presencia de sílice en las plantas, poco se conoce sobre su importancia en la metabolismo, más aun esta lejos de ser completamente entendido, aunque afirma que corpúsculos de sílice en los tejidos superficies pueden evitar que los tejidos subyacentes colapsen en tiempos de sequía, sirviendo como una rígida protección envolvente.

CORE (1979) afirma que en el proceso normal de desarrollo de algunos árboles que crecen en determinados lugares, evidentemente absorben sales (en solución) que son finalmente depositados en las células como sílice.

Con frecuencia estos tienen forma de "arena" pero pueden encontrarse otras formas; mientras que tales depósitos no son comunes en las maderas de los Estados Unidos, el sílice es encontrado ampliamente en las maderas duras tropicales y es la causa de problemas de transformación en la mayoría de los casos.

RICHTER (1980) en forma general sostiene que las inclusiones de sílice, particularmente están presentes en forma exclusiva en uno u otro de los siguientes elementos: radios, parénquima axial, fibras, vasos tilósicos o conjuntamente en cualquiera de dos de esos tejidos.

RICHTER (1980) menciona que en estudios realizados con especies de la familia Lauraceae, se llegó a la conclusión que la sílice estaba presente en 20 % de cerca de 1500 muestras de madera extraída de 750 especies de 40 géneros de la familia estudiada. También concluye que, en el grupo de especies estudiadas de esta familia, los corpúsculos de sílice están localizados casi exclusivamente en el parénquima radial; hay sin embargo algunas excepciones taxonómicamente importantes, donde el sílice se encuentra en forma exclusiva en las fibras de la ***Ocotea Splendens*** y al menos, en un mínimo de cuatro especies de genero Northaphoebe.

KOEPPEN (1980) con un grupo de Leguminosas estudiadas, encontró corpúsculos de sílice solamente en células de parénquima, tanto axial como radial, siendo estos amorfos, generalmente más o menos esféricos y con diámetros aproximadamente de 10-25 micras y con la apariencia de pequeños vidrios o bolas con agujeros; no obstante en dos géneros se encontraron formas completamente irregulares y semejantes a vidrios menudos "refractarios". Solo en algunos u otros géneros de las Leguminosas estudiadas, hay un mínimo de miembros que han acumulado corpúsculos de sílice en sus tejidos leñoso.

TUSSET Y DURAN (1979) indica que, las características físicas, mecánicas, químicas y eléctricas de la madera son variables en función de una serie de factores entre los cuales destacan especies, clima, edafología y condiciones silvícolas de crecimiento; agrega que en latifoliadas es relativamente importante la presencia de sales de calcio y sílice, a veces bajo la forma de cristales ubicados en el lumen de las células parenquimáticas o en vasos. Agrega que la presencia de sales en porcentaje mayor del normal provoca consecuencias prácticas: causa el desgaste o el desafilado de herramientas (sierras o cuchillas) o aumenta la resistencia de las maderas al ataque de insectos xilófagos.

MARIAUX ALAIN sostiene que la distancia del cambium, donde los granos de sílice están depositados, en ***Aucoumea Kaineana*** (Bruseraceae) varia en parte en función del ancho de los anillos; en partes de crecimiento lento, los granos están depositados muy contiguo al cambium pero en células que tienen cerca de un año de edad; en partes de crecimiento rápido están depositados a mayor distancia del cambium pero en células radiales mucho jóvenes que un año.

BAMBER Y LAYON (1960) mencionan que, en observaciones microscópicas se encontró agregados de sílice, confirmado por análisis químicos del exterior e interior de la albura de ***Syncarpia glomulífera***.

Se observa que a 1cm hacia el exterior, mostró 0.42 por ciento de sílice 1 y 2,5cm al exterior mostro 0.42 por ciento de sílice, calculado sobre peso seco al horno. También afirma que no hay variación en el patrón de deposición de sílice en la misma especie, debido a la posición en el árbol en relación al nivel, con referencia al suelo o debido a la edad del árbol. **BAMBER Y LAYON (1960)**, quien sostiene que la riqueza de sílice aumenta con la edad.

BAMBER Y LAYON (1960) muestras que ***S. glomulífera***, crecida en Hawái tiene un contenido de sílice más bajo que cuando crece en Australia; estos autores sugirieron este cambio, debido a la mayor tasa de crecimiento en Hawái.

BAMBER (1960) afirma que la evaluación de sílice en la madera es útil en el diagnóstico de la misma; afirma que la presencia de depósitos de sílice afectan las propiedades de trabajabilidad de la madera y cuando son abundantes rápidamente desgastan el filo de las herramientas normales para trabajarla.

También sostiene que, la resistencia de la madera de ***S. glomulífera*** frente al ataque de los perforadores marinos fue mayor, debido a los abundantes depósitos de sílice en esta especie.

A su vez **FURUNO Y COTE (1983)** afirma que la sílice, cristales y otras inclusiones minerales estas contenidos en las cavidades de las células de muchas especies de madera, particularmente en maderas tropicales. La presencia de estas sustancias es con frecuencia una característica resaltante de la madera de algunas especies y tiene un valor importante para el diagnóstico; por lo tanto la detección de inclusiones es de gran importancia para la identificación de maderas y su utilización.

Por otro lado, **BASIO E. (1983)** afirma que, el contenido de sílice afecta las propiedades del bambú usado en la pulpa para la preparación del papel; el licor negro sobrante que

contiene sílice causa dificultades durante el proceso de recuperación química tales como en la evaporación del licor residual, combustión, operación de caustificación, y en el horno rotatorio y las unidades de recuperación.

El contenido de sílice de materiales para pulpeo previene al fabricante de pulpa para pretratar el licor residual para la eliminación del sílice y disminuir o eliminar dificultades en la preparación del pulpeo químico; agrega que separación de la sílice podría hacerse por la adición de óxido de calcio al licor negro y la separación por centrifugación; también por tratamiento con dióxido de carbono, con sulfato de aluminio o con sulfato de magnesio.

BASIO E. (1983) menciona que algunas maderas silícicas son muy difíciles de aserrar y causan el desafilado rápido de las sierras; las dificultades encontradas en el trabajo de ciertas especies es debido a la presencia de sílice. Sin embargo, un contenido de sílice de 0.5 por ciento es suficiente para hacer a la madera resistente al ataque de teredos barrenadores en aguas marinas; se afirma que a mayor contenido de sílice , mayor es la resistencia de la madera a los barrenadores marinos.

En el caso del bambú y las maderas altamente silícicas podrían ser materiales útiles para fabricar botes, balsas, remos, quillas de barcos, diques, pilotes o postes, aparejos de buques, flotadores de redes y otras instalaciones marinas.

A su vez, **DETIENNE (1983)** afirma que, la madera de ***Pachira sainthilaire,*** que tiene entre 0,35 a 0,55g/cm^3 de densidad, color crema, grano recto textura gruesa, ofrece cierta dificultad para trabajarla en virtud de la presencia de sílice.

Por otra parte, en los estudios realizados por **FAO (17)** se observa que las maderas abrasivas, con alto contenido de sílice, desafortunadamente son abundantes y algunas de ellas tienen grandes dimensiones (altura y diámetro). Dicha característica ha impedido hasta ahora, su uso y comercialización.

El volumen de madera de estas especies constituye el 21 por ciento del total, según un inventario efectuado en el año de 1979, para el Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, Ucayali.

Por otro lado **EARL D. (1975)** establece un rango de 0.5 a 10% para el contenido de cenizas en maderas, agregando además que si esta entre 0.8 a 2.3% el contenido es bajo y está entre 4.4 a 7.6% es alto.

F. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

1. **Análisis químico:** Lectura de los resultados obtenidos de los ensayos ejecutados en el laboratorio

2. **Aserrín:** Partículas de diferentes tamaños de madera o de corteza que se producen o se obtienen mediante el rose o penetración de un elemento cortante que pasa por la madera o corteza.

3. **Celulosa:** Es un polisacárido, formando exclusivamente por monómeros de glucosa, es rígida e insoluble en agua y en la mayoría de los disolventes. La cantidad de celulosa encontrada en la muestra, en relación de toda la materia prima

4. **Cenizas:** La ceniza es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales. Parte queda como residuo en forma de polvo depositado en el lugar donde se ha quemado el combustible (madera, basura, etc.) y parte puede ser expulsada al aire como parte del humo.

5. **Contenido de humedad**: Es la cantidad de agua contenida en la madera, normalmente expresada en una de las siguientes formas: a) el porcentaje del peso de la madera anhidra; b) en porcentaje del peso total de la madera; c) cantidad absoluta de agua en una cantidad absoluta de madera.

6. **Determinación cuantitativa**: Es la obtención de los resultados de los ensayos en la cantidad, expresados numéricamente de cada uno de estos.

7. **Extractivos:** Son aquellas sustancias que se encuentran presentes en las diferentes fibras vegetales, pero que son carbohidratos, tales como ácidos grasos, terpenos, fenoles y resinas.

8. **Hemicelulosa:** Las hemicelulosas son heteropolisacáridos (polisacárido compuesto por más de un tipo de monómero), formado, en este caso un tanto especial, por un conjunto heterogéneo de polisacáridos, a su vez formados por un solo tipo de monosacáridos unidos por enlaces β (1-4) (fundamentalmente xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, glucosa y ácido glucurónico) , que forman una cadena lineal ramificada. Entre estos monosacáridos destacan más: la glucosa, la galactosa o la fructosa.

9. **Lignina:** La lignina es un polímero presente en las paredes celulares de organismos del reino Plantae y también en las Dinophytas del reino Chromalveolata. La palabra lignina proviene del término latino lignum, que significa 'madera'; así, a las plantas que contienen gran cantidad de lignina se las denomina leñosas. La lignina se encarga de engrosar el tallo.

10. **Sílice:** Es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice. Es uno de los componentes de la arena. Una de las formas en que aparece naturalmente es el cuarzo.

Wikipedia. Enciclopedia libre.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

El presente estudio de investigación fue experimental, que consistió en la determinación de los componentes químicos obteniendo información cuantitativa de los resultados de los métodos aplicados a las muestras experimentales. En segundo lugar se llevó a cabo el procesamiento de datos, el análisis estadístico, para determinar si hay diferencias significativas entre los niveles longitudinales del árbol.

3.2. UBICACIÓN DEL ÁREA PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRA

El presente estudio de investigación se realizó en el Laboratorio de Transformación Química de Productos Forestales del Departamento de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Km. 6 de la carretera Federico Basadre, en el departamento de Ucayali, provincia de Coronel Portillo, distrito de Callería.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población la constituyó los arboles de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr* (Ana caspi) presentes en las zonas de prospección que son: El Centro de Investigación y Capacitación Forestal CICFOR UNU, se encuentra ubicado en el distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco, a 86 km (1hora con 15 minutos, vía terrestre) de la localidad de Pucallpa, ingresando desde el Km. 86, hasta el Km. 5 de la carretera Fernando Belaúnde Terry, margen izquierda interior 5 Km Comunidad nativa Sinchi Roca, ubicada el distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, región de Ucayali. La muestra la constituyó cinco arboles seleccionados aleatoriamente de los especímenes inventariados en la prospección, en los cuales se seleccionaron en función a sus características fenotípicas, estado fitosanitario y conformación propias de la especie, DMC y distribución en el área, mostrándose cada una de las características de cada uno de los árboles a continuación:

Cuadro Nº2: Ubicación y características de los árboles de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr* (ana caspi) utilizados en el experimento.

Fecha de Selección	Coordenadas		Rango D.A.P (cm)	Altura Total (cm)	Altura Comercial (cm)	Procedencia
	Norte	Este				
14/04/2011	9006645	474601	85/083	22.8	12.7	Padre abad - San Alejandro
15/04/2011	9005880	474095	89/78	24.5	13.5	Padre abad - San Alejandro
15/04/2011	9018714	499444	58/56	21.7	13	Irazola - A. Von Humboldt
15/04/2011	9018758	499384	79/73	20.3	10.8	Irazola - A. Von Humboldt
15/04/2011	9018766	499387	95/82	20.5	10.9	Irazola - A. Von Humboldt

3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.4.1. Selección de árboles

Para el presente estudio se evaluó la calidad de los individuos de los cinco árboles como posición de copa, forma de copa, estado fitosanitario, forma de fuste, calidad de fuste, la accesibilidad del lugar y abundancia de la especie, asimismo se escogieron árboles de diferentes diámetros, según las especificaciones de la norma NTP 251.008.

3.4.2. Colección de muestras botánicas e identificación

Para la identificación de la especie se tomaron las muestras botánicas fértiles, las que fueron herborizadas de acuerdo a las técnicas recomendadas según Norma Técnica Peruana 251.008. La identificación se realizó mediante claves de identificación de especies en el Herbario Regional del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura. IVITA – Facultad de Medicina Veterinaria – UNMSM.

3.4.3. Selección de muestras

Las muestras fueron recolectadas en la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali desde el momento que llegaron las trozas de la base, medio y ápice del fuste comercial. En el caso de la corteza y posteriormente el aserrín, se usó un aserradero portátil, las muestras se recolectaron de la parte oblicua y radial; esto se pudo realizar usando una plancha de poliestireno expandido, para no alterar la muestra con otro

material o sustancia no deseada para la investigación. Luego se procedió a llenar en bolsas de polietileno debidamente codificadas para su traslado al Laboratorio de Transformación Química de Productos Forestales donde se procedió a procesarlas con tamiz en malla 35 y 60 y se trabajó con lo que queda en malla 60 conforme a la norma TAPPI T – 11m

3.4.4. Trabajo de aserrío

Se pintó con color rojo los extremos de las secciones cortadas y las secciones laterales, marcando su orientación cardinal de acuerdo a la ubicación del árbol en donde fue extraído, luego se procedió a ubicar la medula del árbol para realizar un ángulo de 90º y cada 80 mm. a partir de la médula en la dirección radial. Esto se realizó para posteriores estudios en el comportamiento de la variabilidad de densidad básica, la contracción tangencial, radial y longitudinal, con la posición radial, la altura y la orientación cardinal en madera de albura y duramen proveniente de un mismo árbol.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.5.1. Trabajo de laboratorio

3.5.1.1. Molienda de la materia prima

Se molieron la corteza y aserrín en partículas pequeñas y se tamizaron en un tamiz 40/60 de acuerdo a la norma especificada TAPPI T – 11M.

3.5.1.2. Ejecución de ensayos

A. Determinación del contenido de humedad en aserrín de madera y corteza.

El método gravimétrico es ampliamente utilizado por diferentes organismos de normalización para determinar el contenido de humedad en maderas y reconocido como un método primario (**Norma ASTM D 4442**)

1. Se determinó el peso de la cápsula empleando una balanza analítica, se añadió 1g de partículas pequeñas de la fracción retenida en el tamiz 60, y volver a pesar. Por diferencia de pesos se obtuvo el peso húmedo de la muestra. Se llevó la cápsula con muestra a estufa regulada a 103° ±2°C durante dos horas, se colocó en un desecador hasta que se enfrió y luego se pesó.

2. Este procedimiento se repitió hasta obtener peso constante.

3. Para determinar la humedad se empleó la siguiente fórmula:

$$\%\ humedad = \frac{ph - ps}{ph}\ x\ 100$$

Donde:

Ph = Peso húmedo

Ps = Peso seco

ph es el peso húmedo, expresado en gramos.

B. <u>DETERMINACIÓN DE EXTRACTIVOS DE MADERA Y CORTEZA.</u>

B.1. <u>Determinación de extractivos en agua fría según las especificaciones de la norma Tappi T - 207 cm-08.</u>

1. Se colocó 2 g. de muestra en un vaso de precipitado de 500 ml y se agregó 300 ml de agua destilada, se dejó la muestra a temperatura ambiente durante 48 horas, en constante agitación.

2. Se filtró en papel filtro seco pesado (PF), se lavó con agua destilada fría y se secó a 103°C ± 2°C hasta peso constante. Se enfrió en desecador y se pesó.

B.2. <u>Determinación de extractivos en agua caliente según la Norma ASTM-D- 1110-56.</u>

1. Se colocó 2 g de muestra en un matraz de Erlenmeyer y se agregó 100 ml de agua; se colocó en un condensador de reflujo y se introdujo el recipiente en baño de agua hirviendo durante de tres horas.

2. Se filtró en papel filtro seco pesado (PF). Se lavó el residuo con agua caliente y se secó hasta peso constante. Después se enfrió en desecador y se pesó

3. Para determinar los extractivos en agua caliente o fría se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%\ Solubles\ (agua) = \frac{P}{W}\ x\ 100$$

Donde:

P= Peso perdido de aserrín durante determinación.
W= Peso seco de muestra.

B.3. Determinación de extractivos en alcohol según la Norma A.S.T.M. D 1107-56

1. Con un tiempo previo al trabajo se lavó con detergente, se enjuagó, se secó completamente el balón de extracción en estufa, se sacó de la estufa, se colocó en un desecador por 20 minutos para que se enfrié; se pesó el balón con 0,0001 g de precisión, se anotó este peso (PB).

2. Se pesó el papel filtro o dedal de extracción a utilizar como receptor de aserrín con 0,0001 g de precisión.

3. Se agregó el cartucho de papel filtro receptor 2 ± 0,1 g de aserrín. Se utilizó un cartucho taponando la boca con un tapón hecho de algodón, se utilizó papel filtro doblando cuidadosamente de tal manera que al momento de la extracción no se escape el aserrín.

4. Se introdujo el recipiente con aserrín dentro del cuerpo medio del Soxhlet.

5. Se instaló el equipo y se agregó alcohol por la parte superior, hasta que se produjo una descarga de solvente hacia el balón, se agregó unos 50 ml adicionales de solvente.

6. Se encendió la cocina eléctrica a una temperatura que permitió aproximadamente 6 descargas por hora. Se dejó que transcurra este proceso de 4 a 6 horas.

7. Cumplido el tiempo se enfrió el balón, se retiró el recipiente que contiene el aserrín y se guardó. Se instaló de nuevo el equipo Soxhlet, cuando se llenó la parte media del Soxhlet, se dejó enfriar y se recuperó el solvente utilizado, guardándolo en un recipiente oscuro herméticamente cerrado. Se repitió este proceso hasta que quede poco solvente en el balón.

8. Se desmontó el balón y se secó a 103°C±2°C hasta que no despida olor del solvente utilizado (aproximadamente una hora).

   Se enfrió en un desecador y se pesó, se anotó el peso (PEB) el incremento en el peso del balón fue la cantidad de extractivos solubles en alcohol – benceno.

$$\% \, Extractivos = \frac{(peso\ del\ balon\ con\ extracto - peso\ del\ balon\ vacio)}{peso\ de\ la\ muestra} \, x\, 100$$

Donde:

R = Peso del extracto que será igual:
R= Peso del balón con extracto (PEB) -- Peso del balón seco y vacío (PB)
W= Peso seco de la muestra utilizada.
Se reporta el contenido de extractivos solubles en alcohol como promedio de tres determinaciones, con aproximadamente a 0,1%.

B.4. Determinación de holocelulosa de madera y corteza. (Jayme y Wise)

1. Se pesó 2 g de aserrín seco al aire libre de extractivos con humedad conocida, tamizado entre malla 40-60.

2. Se depositó la muestra en el matraz de Erlenmeyer y se trabajó con 150 ml de solución de clorito de sodio al 1,5 % y 10 gotas de ácido acético concentrado, se cubrió con una luna de reloj y se dejó en baño María a 70°C durante 30 minutos agitando de vez en cuando.

3. Después del tiempo transcurrido se añadió 10 gotas de ácido acético concentrado y 150 ml de clorito de sodio, se repitió esta operación cada 30 min. hasta completar cuatro veces en madera liviana.

4. Terminado el tratamiento, se enfrío en agua helada y se filtró en un crisol previamente pesado, se lavó el residuo con agua destilada fría

5. Luego se secó a 103°C±2°C hasta peso constante. Se enfrió en un desecador y se pesó. Se determinó el porcentaje de holocelulosa mediante la fórmula siguiente:

$$\% \, Holocelulosa = \frac{Peso\ de\ holocelulosa}{Peso\ de\ muestra} \, x\, 100 \quad \text{ó} \quad \frac{R}{W} \, x\, 100$$

B.5. Determinación de la celulosa.

1. Se pesó 2 g de muestra de madera con 0,1 mg de precisión, se determinó paralelamente la humedad de la muestra.

2. Se colocó la muestra pesada en un balón de 100 ml con refrigerante a reflujo.

3. En un vaso de precipitado se tomó 10 ml de ácido nítrico y 10 ml de etanol (Tener cuidado en la mezcla).

4. Se agregó la mezcla en el balón con la muestra. Se llevó a ebullición suave en baño María, usando un refrigerante a reflujo durante una hora.

5. Luego se decantó el líquido sobre el crisol filtrante Nº 2, agregándose otros 50 ml de la mezcla nitro - alcohólica cuidando de que no pase aserrín al filtro y se puso a hervir otra hora.

6. Se repitió por tercera vez el ataque con la solución nitro – alcohólica y luego de una hora de ebullición suave, se filtró al vacío con la ayuda del crisol filtrante.

7. Se lavó el residuo con agua caliente desionizada y se secó en estufa a 103°C±2°C hasta peso constante.

8. El resultado se calculó con la siguiente fórmula como porcentaje promedio de celulosa con dos decimales.

$$\%\ Celulosa = \frac{R}{W}\ x\ 100$$

Donde:

R = Peso del residuo seco
W= Peso seco de la muestra seco

B.6. <u>Determinación de la hemicelulosa</u>

1. Se determinó por diferencia de la cantidad en porcentaje de la holocelulosa y celulosa.

B.7. <u>Determinación de la lignina según la norma TAPPI T 222 os-74</u>

1. Se colocó 1 g de muestra en un vaso de 50 ml, se agregó lentamente 15 ml de ácido sulfúrico frío macerando el material con una varilla de vidrio.

Manteniéndose el recipiente en un baño a 20°C ±1°C, agitándolo constantemente, Cubriendo con un vidrio de reloj y dejarlo en baño María a 20°C ±1°C por dos horas, agitando frecuentemente.

2. Al cabo de las dos horas se pesó el contenido del vaso, diluyendo con agua hasta obtener una concentración de ácido al 3% correspondiente a un volumen total de 575 ml.

3. Se puso a hervir durante 4 horas a reflujo para mantener el volumen constante, dejando que el material insoluble (Lignina) se sedimente durante la noche o más tiempo si es necesario, decantando el líquido sobrenadante sobre el crisol filtrante previamente pesado. Se transfirió luego la lignina al filtro usando agua caliente y una varilla de vidrio. Se lavó el residuo con agua caliente hasta eliminar completamente el ácido; secándolo a 103°C ± 2°C hasta peso constante. Se enfrió en un desecador y se pesó

$$\%\ \boldsymbol{Lignina} = \frac{\boldsymbol{Peso\ de\ lignina}}{\boldsymbol{Peso\ de\ la\ muestra}}\ \boldsymbol{x\ 100} \quad \text{ó} \quad \frac{\boldsymbol{R}}{\boldsymbol{W}}\ \boldsymbol{x\ 100}$$

Donde:

R = Peso de la lignina (residuo)
W = Peso de la muestra seca

B.8. <u>Determinación de cenizas según la norma TAPPI T 15 os-58</u>

1. Se pesó 3 gramos de la muestra en un crisol con tapa previamente calentado a 600°C, enfriado y pesado.

2. Se colocó el crisol en la mufla, quitando la tapa caliente lentamente hasta 120°C, evitando pérdidas del material; continuando el calentamiento hasta que toda la muestra esté carbonizada, cuando no hubo más llama, se subió la temperatura a 575°C ±25°C y se calentó por 3 horas, la calcinación se completó al no aparecer partículas negras en el crisol.

3. Terminado el proceso, se apagó la mufla, esperando que la temperatura baje a 100°C, sacando el crisol, se colocó en un desecador, dejándolo enfriar para después pesar las cenizas.

Se calculó el porcentaje de cenizas, en base seca de acuerdo a la siguiente relación:

$$\%\ Cenizas = \frac{Peso\ de\ cenizas}{Peso\ de\ la\ muestra}\ x\ 100 \quad \text{ó} \quad \frac{R}{W}\ x\ 100$$

Donde:

R = Peso de cenizas
W= Peso seco de la muestra

B.9. Determinación de sílice

Luego al crisol de porcelana con las cenizas, se agregó 10 ml de HCl 4 N tratando de mojar todas las partículas adheridas a las paredes; haciendo hervir durante 2 minutos, llevándolo a sequedad a baño María. Se enfrío en el desecador; agregando 10 ml de H2O, volviendo a desecar en estufa y agregando 10 ml de HCl 1N dejando la cápsula durante 10 minutos en baño María; filtrando al vacío a través de papel de filtro compacto sin cenizas lavando con HCl al 1 por ciento. Se desecó el filtro en estufa y luego se calcinó a 450°C – 500°C; pesando el residuo insoluble. Se efectúa la determinación por triplicado.

$$\%\ Silice = \frac{Peso\ de\ residuo}{Peso\ de\ la\ muestra}\ x\ 100$$

Donde:

R = Peso de sílice
W= Peso seco de la muestra

3.6. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Reactivos

- Ácido nítrico a 13.7 N
- Alcohol etílico de 96°
- Ácido acético concentrado
- Ácido clorhídrico 4 N – 1 N y 1%
- Agua destilada
- Ácido sulfúrico al 72 % o solución 24 N ± 0.1 N

3.6.2. Equipos y materiales

- Bomba o trompa de vacío
- Balón de cuello esmerilado de 100 ml.
- Baño maría
- Balanza analítica de 2000g. de capacidad
- Baño maría a temperatura controlada
- Cápsulas de porcelana
- Crisoles filtrantes de porosidad media
- Condensador de reflujo
- Crisol filtrante Nº 2
- Cápsulas de platino o porcelana
- Desecador
- Estufa
- Erlenmeyer de 500 ml. con refrigerante a reflujo
- Erlenmeyer de 1000 a 2000 ml
- Erlenmeyer con boca esmerilada de 1000 ml.
- Fiola de 1000 ml.
- Mufla de 1200ºC
- Mechero Bunsen, trípode y malla asbestada
- Plancha caliente con termostato
- Probetas con diferente capacidad de volumen
- Papel de filtro sin cenizas, compacto
- Refrigerante de reflujo
- Vaso de precipitado de 250ml
- Vasos de precipitado de 50 ml
- Varillas de vidrio

3.7. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos fueron transferidos a hojas de cálculo y procesados. Los análisis estadísticos fueron realizados por el programa estadístico IBM SPSS Statistics 20.

3.7.1. Tratamiento de datos

En este estudio se aplicó el diseño factorial con tres factores. Los resultados fueron analizados a través de la prueba de significación dos medias, para determinar si existen diferencias significativas en el contenido de los componentes químicos entre los niveles longitudinales del árbol.

FACTOR	ORIGEN
1. Muestra	✓ Aserrín ✓ Corteza
2. Nivel longitudinal	✓ Basal ✓ Medio ✓ Ápice
3. Composición química	✓ Extractivos: ➢ Agua fría, ➢ Agua caliente, ➢ Alcohol ✓ Celulosa ✓ Hemicelulosa ✓ Lignina ✓ Cenizas ✓ Sílice

Número de tratamientos : 3 x 8=24tratamientos
Número de repeticiones : 3 repeticiones
Número de unidades experimentales por árbol : 24 x 3 = 72 *unidades experimentales*
Nº de unidades experimentales por muestra : 72 x 5 = 360 unidades experimentales
Nº de unidades experimentales totales : 360 x 2 = 720 unidades experimentales

CAPITULO IV

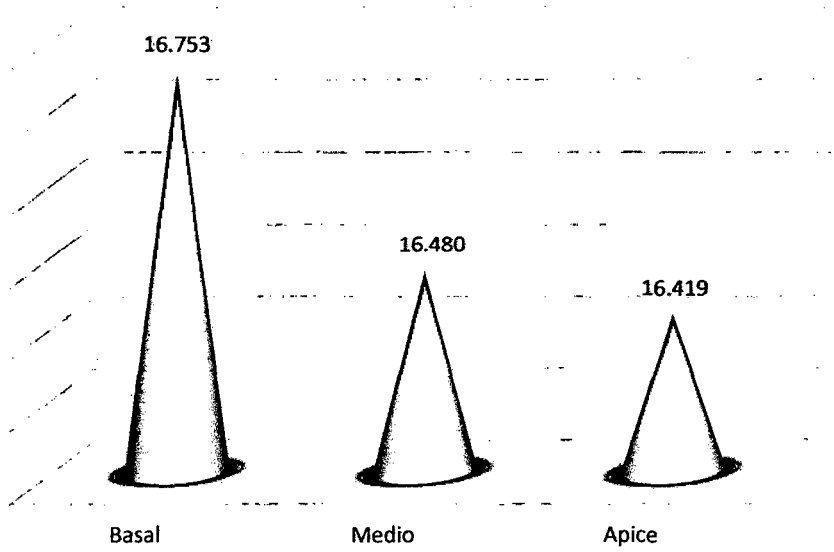
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro N° 03. Promedios de la composición química de la madera de Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr. **(ana caspi)**

Nivel	C.H%	Extractivos			Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Ceniza	Sílice
		Agua Fría	Agua Caliente	Alcohol					
Basal	9.768	16.753 ©	16.778 ©	8.156 ©	44.518 ©	13.091 ©	34.280 ©	2.594 ©	1.654 ©
Medio	9.613	16.480 ©	16.720©	7.410 ©	44.721 ©	12.824 ©	36.458 ©	2.572 ©	1.532 ©
Apice	9.816	16.419 ©	16.792©	7.970 ©	44.921 ©	12.482 ©	34.407 ©	2.485 ©	1.443 ©
Promedio	9.733	16.551	16.763	7.845	44.720	12.799	35.049	2.550	1.543
Desv. Estándar	1.039	1.174	1.765	2.071	1.626	1.438	2.149	1.020	0.872
Coeficiente de Variación	10.679	7.091	10.527	26.398	3.635	11.237	6.133	40.010	56.535

* = significativo (p<0.05); ** = altamente significativo (p<0.001); ©= no significativo

Figura N° 07: Composición promedio de extractivos en agua fría en madera de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)

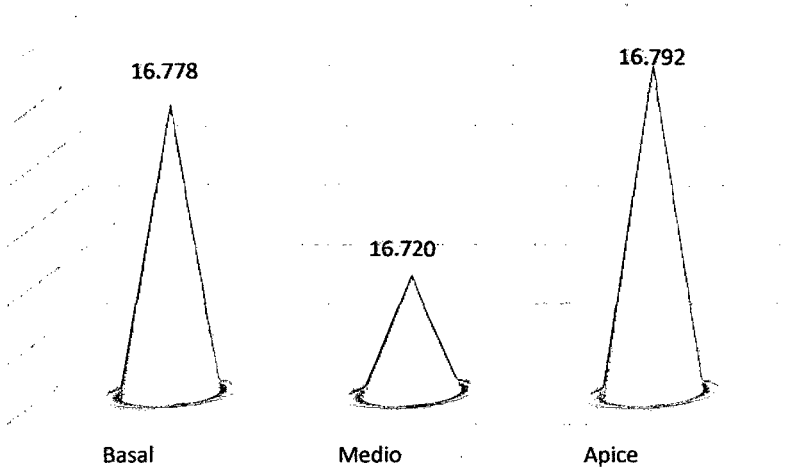


Fuente: Análisis estadístico

En la prueba de medias de Tukey del contenido de extractivos en agua fría de madera de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi), se obtuvieron datos: Nivel Basal 0.34 gr., Nivel Medio 0.33 gr. y Nivel Ápice 0.33 gr.

En la **figura N° 07** muestra los porcentajes obtenidos de agua fría en madera entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal en 16.75%, nivel medio 16.48 % y nivel ápice 16.41 % estos valores son superiores encontrados por Tsoumis (1982) que menciona que para maderas latifoliadas están entre un rango de 0.2 y 8.9%, **Torres M. (2012)** obtuvo resultados 14.61% y 18.57% en marupa, esto demuestra que existe una considerable variación en la distribución de los extractivos entre especies y toma de muestra del árbol coincidiendo con **Flores (2003)** y **Carballo (1990).** La distribución de las sustancias extraíbles está regida por factores de significado genético y ecológico, mientras que su composición y cantidad relativa dependen de la especie, edad y calidad de sitio.

Figura N° 08 : Composición promedio de extractivos en agua caliente en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



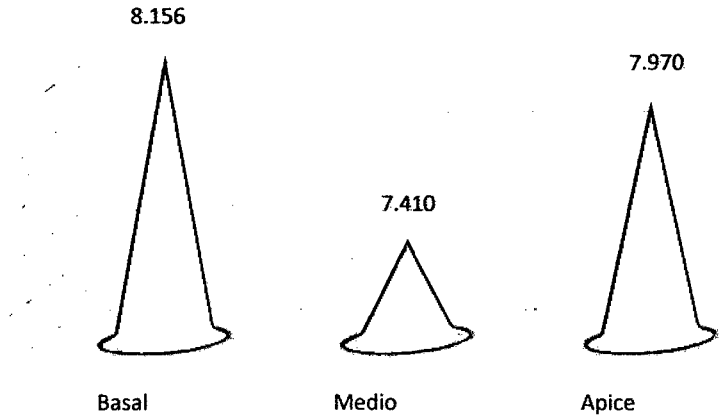
Fuente: Análisis estadístico

En la figura se muestra los valores medios de los datos obtenidos, donde se puede notar que no hay una relación entre la altura y con el contenido de extractivo, ya que en la prueba de Tukey no hubo diferencia significativa.

En la **figura N° 08** se muestran los porcentajes obtenidos de agua caliente en madera entre los niveles longitudinales del árbol, obteniendo para el nivel basal 16.77 %, nivel medio 16.72% y nivel ápice 16.79 % estos valores son mayores encontrados por **Tsoumis (1982)** que menciona que para maderas latifoliadas están entre un rango de 0.3 y 11% y por **Pinedo (1999)** donde menciona que por método por ebullición en agua los rendimientos están entre 13.81% y 13.94%. Por otro lado **Taranco y Cabudivo (1995)** encontraron valores para aceite caspi y chirisanango 10% y 11.5%, igualmente

Torres M. (2012) obtuvo valores entre 15.00% y 15.48% en marupa respectivamente; esto demuestra que existe una considerable variación en la distribución de los extractivos entre especies y toma de muestra del árbol coincidiendo con **Flores (2003) y Carballo (1990).**

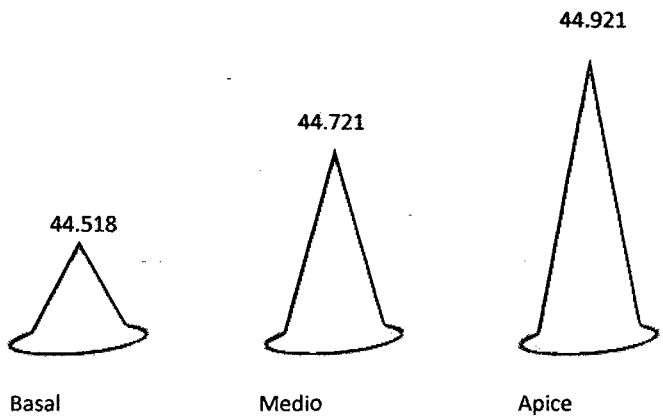
Figura N° 09: Composición promedio de extractivos en alcohol en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 09** se muestran los porcentajes obtenidos de alcohol en madera entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal 8.15 %, nivel medio 7.41% y nivel ápice un 7.97% ; esto demuestra que existe una considerable variación en la distribución de los extractivos entre individuos de la misma especie y la toma de muestra del árbol coincidiendo con **Flores (2003) y Carballo (1990)**; cabe suponer que la composición y cantidad relativa dependen de la especie, edad y lugar. Por otro lado la prueba de Tukey demuestra que no existen diferencias significativas en los niveles longitudinales del árbol.

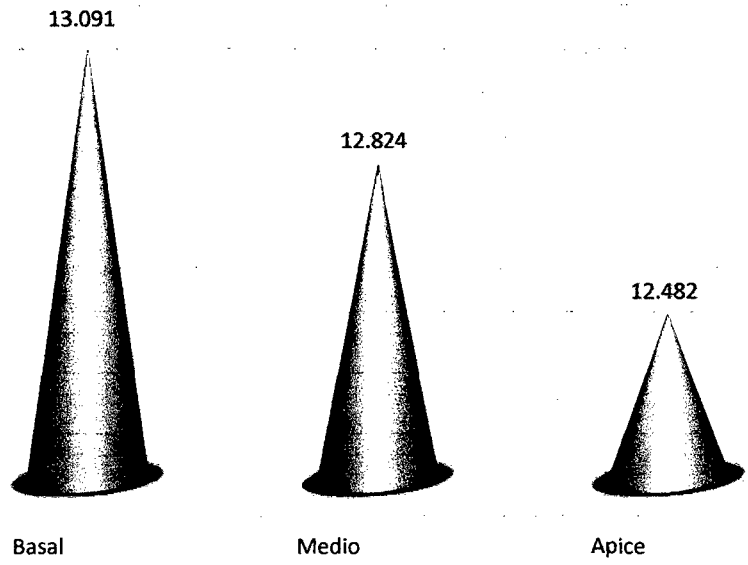
Figura N°10: Composición promedio de celulosa en función de la altura de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 10** se muestran los porcentajes obtenidos de celulosa en madera entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal 44.51 %, nivel medio 44.72% y nivel ápice 44.92%. Sin embargo la composición química de madera en latifoliadas están entre los valores 31.1% – 64.4% **(Tsoumis, 1982)** ; 42% – 44% **(Aitken y Col, 1988)** ; **Torres (2012)** obtuvo un 54.21% en la especie ***Simarouba amara Aubl,*** estos valores están en el rango de esta investigación. En la prueba de Tukey **(Cuadro N° 11)** muestra que no existe diferencia significativa entre los niveles longitudinales para la determinación de celulosa ya que la composición química de la madera presenta grandes variaciones entre especies e incluso dentro de una misma especie si se dan diferentes condiciones de crecimiento.

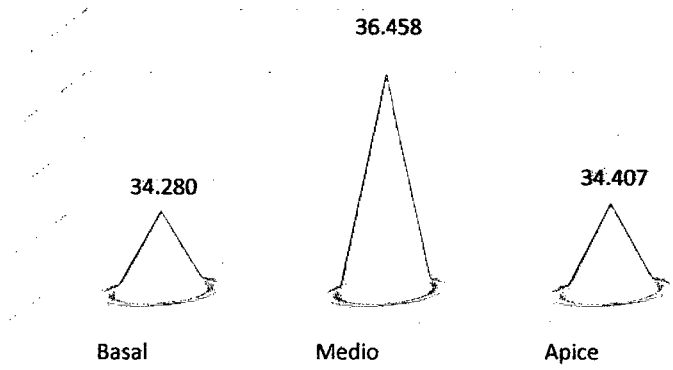
Figura N° 11: Composición promedio de hemicelulosa en función a los niveles longitudinales *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 11** se observan los porcentajes obtenidos de hemicelulosa en madera entre los niveles longitudinales del árbol basal 13.09%, medio 12.82% y ápice con 12.48% respectivamente, para hemicelulosa. Estos valores no están en el rango de **Aitken y Col (1988)** que reportó 20 - 43% para maderas latifoliadas; ya que la función de las hemicelulosa en la madera parece ser de intermediario entre la celulosa y la lignina, tal vez facilitando la incrustación de las microfibrillas, por otro lado también dan flexibilidad y regulan la humedad. Asimismo con concordando con **Torres (2012)** que obtuvo datos similares 12.66% y 13.05% en marupa respectivamente.

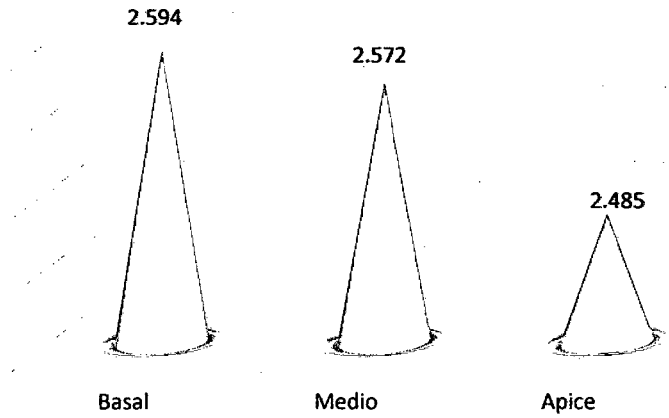
Figura N° 12: Composición promedio de lignina en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



Fuente: Análisis estadístico

En la figura N° 12 se muestran los porcentajes obtenidos de lignina en madera entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal 34.28%, medio 35.67% y ápice 34.40%. Otros autores mencionan que la lignina para latifoliadas están entre 14 y 34.6% **(Tsoumis, 1982),** 18 y 34% para **(Aitken y col., 1988)**. Pero a **Carballo (1990)** plantea que están entre 18 % a 23% en la madera; las ligninas de la madera dura y de la madera blanda difieren entre sí y probablemente la composición de la lignina varía de una especie a otra. Teniendo una similitud con **Torres (2012)** donde tuvo datos de 34.03% y 35.67% en marupa, donde se puede apreciar que no hay una relación entre los niveles longitudinales con el porcentaje de lignina. Ya que la lignina es una mezcla compleja de compuestos con propiedades similares pero composición química variable **(Carballo, 1990)**.

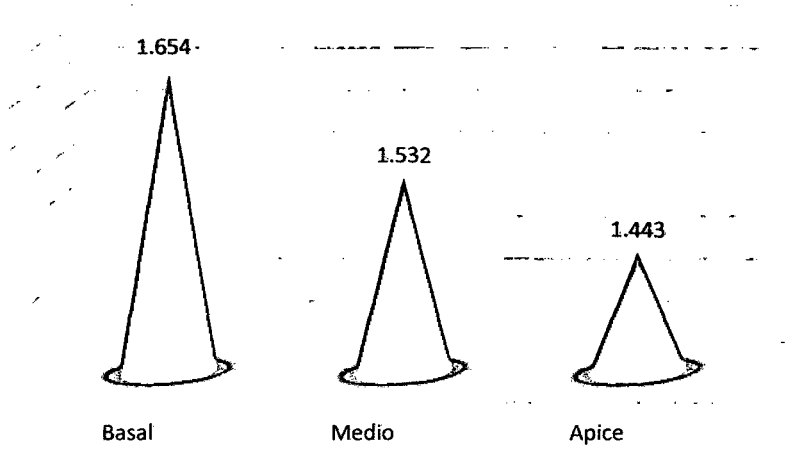
Figura N° 13: Composición promedio de cenizas en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 13** se presentan los valores en porcentajes, que indican que la concentración de ceniza que es máximo en la parte basal, algo menor en la parte media y disminuye notablemente en la parte apical del árbol, obteniendo datos para el nivel basal 2.59%, medio 2.57% y ápice 2.48%, es decir que la concentración de cenizas varía en función a los niveles longitudinales. Otros autores mencionan que la cenizas para latifoliadas están entre 0.1 y 7.7 % **(Tsoumis, 1982)**, estos componentes inorgánicos o sustancias minerales varían en el árbol en dependencia de la parte que se estudie. Las condiciones del suelo y la edad influyen en los contenidos de sustancias minerales, opina **Carballo L.R.(1990)**. Este mismo resultado en forma decreciente entre los niveles longitudinales del árbol se puede apreciar en los resultados de **Torres M. (2012)**.

Figura N° 14: Composición promedio de sílice en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 14** muestra los valores entre los niveles longitudinales: 1.65% "Basal", 1.53% "Medio" y 1.44 "Ápice". Sin embargo, los valores medios indican que la concentración es mayor en la parte basal y va disminuyendo conforme la altura disminuyendo. Según **(Almedia, 1981)** para latifoliadas están entre los valores 0.1 y 1.0 %, por lo lado EARL (AÑO) establece un rango de 0.5 a 10% para el contenido de cenizas en maderas, agregando además que si esta entre 0.8 a 2.3% el contenido es bajo y está entre 4.4 a 7.6% es alto, así mismo coincidiendo con **TUSSET Y DURAN (1979)** que las características físicas, mecánicas, químicas y eléctricas de la madera son variables en función de una serie de factores entre los cuales destacan especies, clima, edafología y condiciones silvícolas de crecimiento. **MECALFE & CHALK** sostiene que el sílices es la causa de problemas de transformación en la mayoría de los casos y **TUSSET & DURAN (1979)** afirma que la causa al desgaste o el desafilado de herramientas

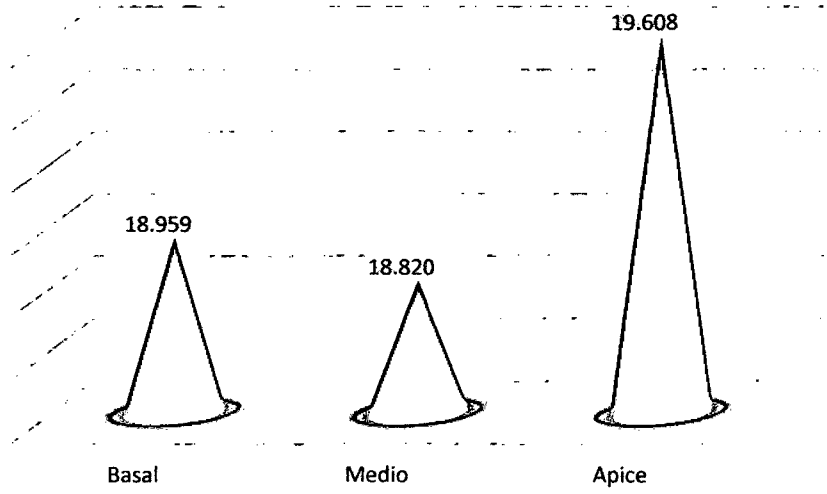
(sierras o cuchillas) se debe a la presencia de este mineral y que aumenta la resistencia de las maderas al ataque de insectos xilófagos.

***Cuadro N° 04. Promedios de la composición química de corteza de Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)**

Nivel	C.H%	Extractivos			Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Ceniza	Sílice
		Agua Fría	Agua Caliente	Alcohol					
Basal	12.097	18.959 ©	23.385 ©	3.706 ©	35.494 ©	20.484 ©	31.163 ©	11.637 ©	1.914 ©
Medio	12.076	18.820 ©	23.045 ©	3.693 ©	35.664 ©	20.474 ©	30.242 ©	12.229 ©	1.516 ©
Apice	11.882	19.608 ©	24.046 ©	4.333 ©	36.093 ©	19.318 ©	31.181 ©	11.521 ©	1.667 ©
Promedio	12.018	19.129	23.492	3.911	35.751	20.092	30.862	11.796	1.699
Desv. Estándar	0.502	1.113	1.823	0.549	1.670	2.662	2.518	2.122	0.830
Coeficiente de Variación	4.173	5.821	7.762	14.047	4.670	13.247	8.158	17.987	48.847

* = significativo (p<0.05); ** = altamente significativo (p<0.001); ©= no significativo

Figura N° 15: Composición promedio de extractivos en agua fría en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



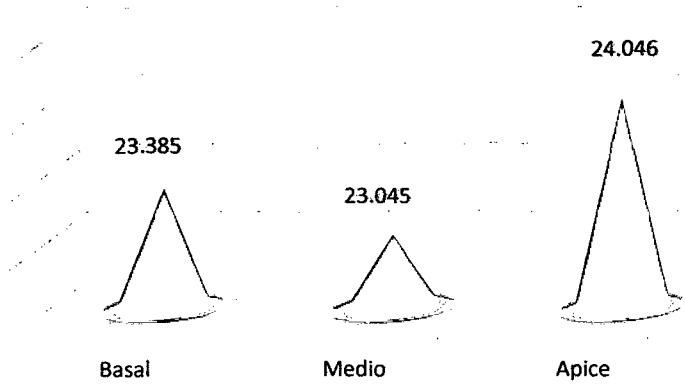
Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 15** se observa los valores medios para cada nivel, donde se puede apreciar una variación entre las cantidades por nivel longitudinal esto se da porque

depende de la especie, la parte del árbol, las condiciones de crecimiento y otros factores.
Estos valores son superiores hallados en madera, ya que la corteza y las raíces son las partes donde se encuentran en mayor concentración los extraíbles. **Emilianova (1969)**.

En la **figura N° 15** nos muestras los porcentajes obtenidos de agua fría en corteza entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal un 18.95 %, nivel medio 118.820% y nivel ápice un 19.60%, estos datos están cerca por lo mencionado por **Jensen (1963)**, que los extractivos están entre el 20 al 40% del peso seco de la corteza.

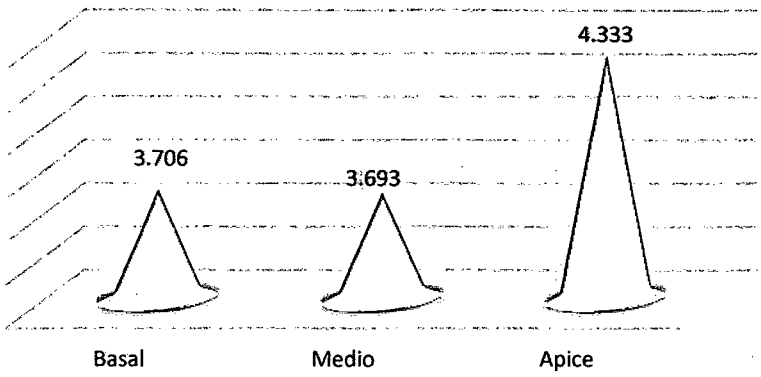
Figura N° 16: Composición promedio de extractivos en agua caliente en función a los niveles longitudinales de de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi)



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 16** muestra los porcentajes obtenidos de agua caliente en corteza entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal un 23.38 %, nivel medio 23.04% y nivel ápice en 24.04%, estos datos están cerca por lo mencionado por Jensen (1963), que los extractivos están entre el 20 al 40% del peso seco de la corteza. Por otro lado **Torres M. (2012)** obtuvo valores en agua caliente de corteza 18.39% estando en el rango de la composición química de latifoliadas.

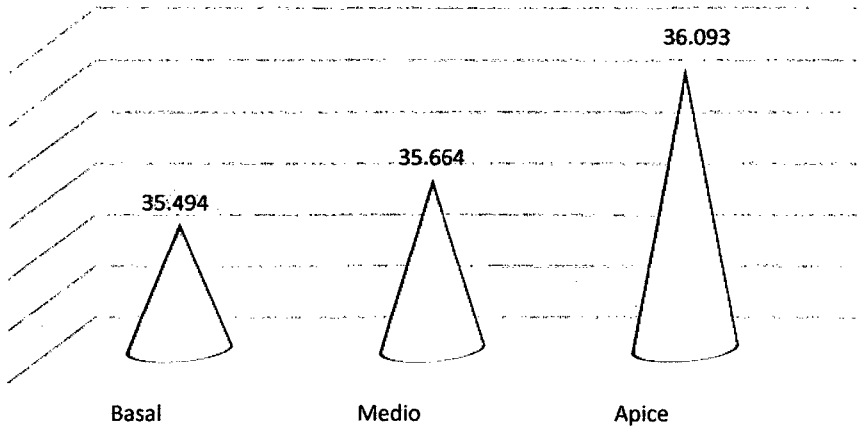
Figura N° 17: Composición promedio de extractivos en alcohol en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi).



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 17** se muestran los porcentajes obtenidos de alcohol en corteza entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal 3.70 %, nivel medio 3.69 % y nivel ápice un 4.33% ; esto demuestra que existe una considerable variación en la distribución de los extractivos entre individuos de la misma especie y la toma de muestra del árbol coincidiendo con **Flores (2003)** y **Carballo (1990)**; cabe suponer que la composición y cantidad relativa dependen de la especie, edad y lugar.

Figura N° 18: Composición promedio de extractivos en celulosa en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi).

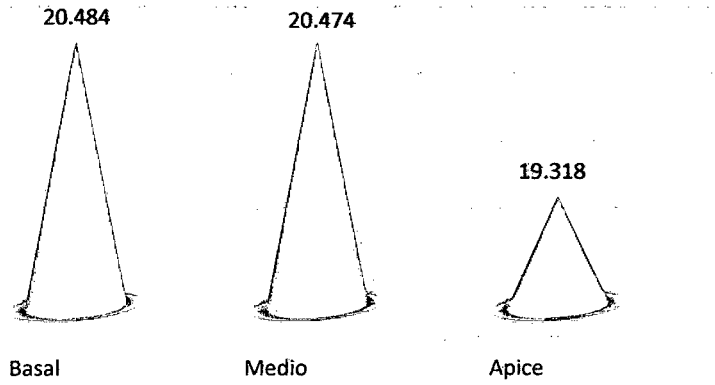


Fuente: Análisis estadístico

En la **Fig. N° 18** muestra los porcentajes obtenidos de celulosa en corteza entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal en 35.49%, nivel medio 35.66% y nivel ápice en 36.09%. Sin embargo, los valores medios de la **Fig. N° 18** indican que la concentración es menor en la parte basal y va aumentando conforme a la altura.

Es decir que la concentración de celulosa es directamente proporcional a la altura. La prueba de Tukey muestras que existe diferencia altamente significativa entre los niveles longitudinales del árbol. El valor de la celulosa en corteza encontrado en presente ensayo está dentro del rango encontrado por **Díaz (1986)** y **Cartagena (1994)**, quienes reportan que la celulosa en la corteza está por encima del 30% y discrepando con **Jensen (1963)** que la celulosa esta alrededor de un 30%.

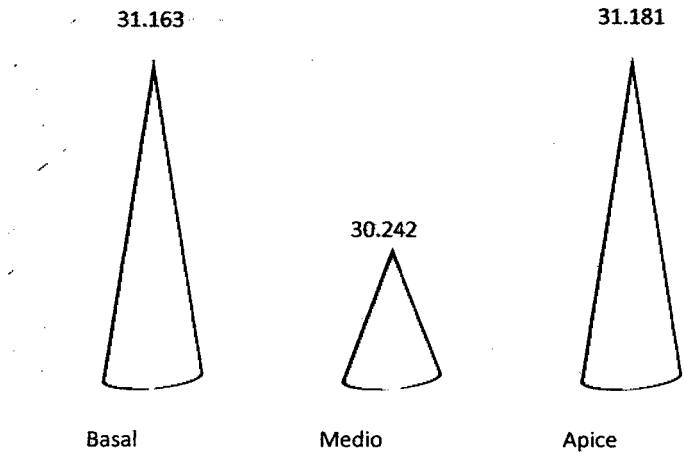
Figura N° 19: Composición promedio de extractivos en hemicelulosa en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi).



Fuente: Análisis estadístico

El **Figura N° 19** muestra los valores medios de los datos, donde se muestra que hay una pequeña diferencia entre los valores de los niveles longitudinales, lo que la prueba de Tukey no encuentra significancia entre los niveles del árbol. Estos valores esta para el nivel basal en 11.326%, medio 11.467% y ápice en 11.229% estos datos son mayores que en madera. Con respecto al contenido de hemicelulosa en la corteza, está dentro fuera del rango encontrado por **Díaz (1986)** y **Cartagena (1994)**, quienes reportan del 4 al 15%.

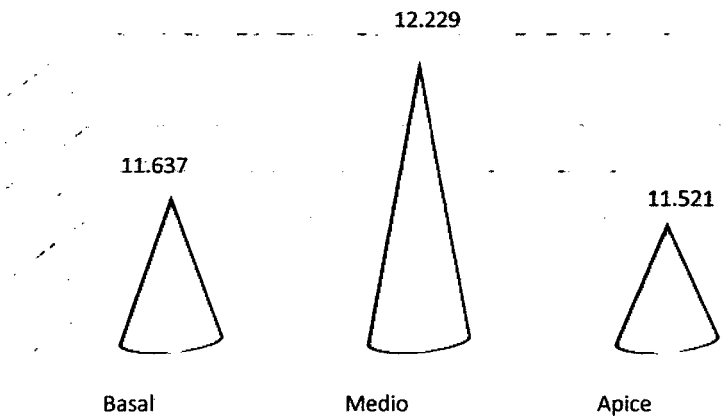
Figura N° 20: Composición promedio de extractivos en lignina en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi).



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 20** nos muestras los porcentajes obtenidos de lignina en corteza entre los niveles longitudinales del árbol obteniendo para el nivel basal, medio y ápice valores de 31.16%, 30.24% y 31.18 % estos valores son menores que en la madera. En trabajos anteriores, **Sharcov (1972)** y **Jensen (1963)** encontró que la corteza tiene un contenido de lignina que está entre 15 a 30%, por lo tanto, el valor encontrado en este trabajo está por encima de este rango pero no muy lejos de dicho rango. También algunos estudios han indicado que la lignina presenta en la corteza interna es similar a la lignina de la madera, mientras que aquella de la corteza externa es significativamente diferente.

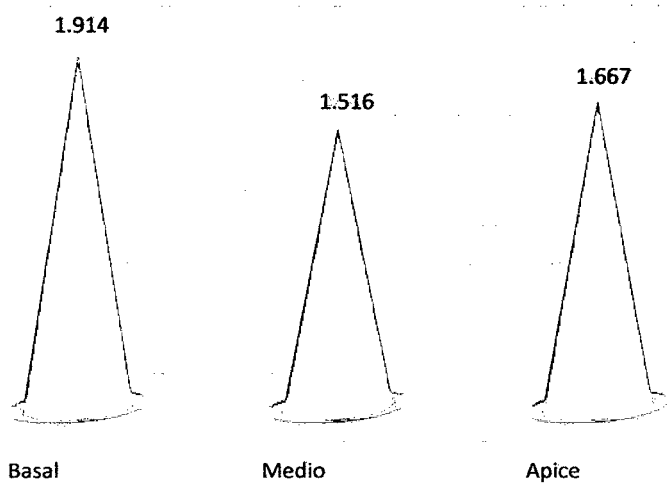
Figura N° 21: Composición promedio de extractivos en ceniza en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi).



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 21** muestra los valores medios de los datos, que indican que la concentración de ceniza es la parte basal es semejante al nivel ápice, pero para el nivel medio es superior para ambos niveles. Es decir que la concentración de cenizas es variable para los niveles longitudinales; según la prueba de significancia de Tukey no existe una significancia entre los niveles longitudinales del árbol. Los porcentajes obtenidos de ceniza en corteza para los niveles longitudinales es: nivel basal, medio y ápice valores de 11.63, 12.22 y 11.52% estos valores son superiores encontrados en la madera, pero estos datos discrepan con lo mencionado por **Browning (1967)** que las cenizas estas alrededor del 2 – 5% lo que indica que hay más componentes inorgánicos o sustancias minerales en esta especie.

Figura N° 22: Composición promedio de extractivos en sílice en función a los niveles longitudinales de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi).



Fuente: Análisis estadístico

En la **figura N° 22** muestra los valores entre los niveles longitudinales: 1.91% "Basal", 1.51% "Medio" y 1.66% "Ápice". Sin embargo, los valores medios indican que la concentración es diferente y no hay una relación con el nivel longitudinal ya que es mayor en la parte basal, disminuye en la parte media y aumenta en el nivel ápice. Estos valores son mayores que en la madera. El sílice es un material cuya fórmula química y grado de dureza se asemejan al diamante, pueden encontrarse en el interior de las células en forma de partículas o granos. Para el caso de la corteza estos valores están por encima del rango mencionado por **Almeida (1981)** para latifoliadas están entre los valores 0.1 y 1.0 %.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. La celulosa es el componente químico más abundante de la madera y corteza del *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* (ana caspi) a cualquier altura, ya que su composición se encontró entre 44.717 y 35.750 % en peso.

2. La caracterización química de la madera ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.*** demostró que no existe variación significativa en ninguno de los componentes químicos.

4. El contenido de humedad de muestra de la madera de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* se encontró entre 9.733 % para madera y 12.018 % para corteza.

5. Los valores promedios de la composición química de la corteza **de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.*** son: 15.510 % de extractivos, 35.751 % de celulosa, 20.092 % de hemicelulosa, 55.843 % de holocelulosa, 30.862 % de lignina, 11.796 % de cenizas y 1.699 % de sílice.

6. Los valores promedios de la composición química de la madera de *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.* son: 13.719 % de extractivos, 44.720 % de celulosa, 12.799 % de hemicelulosa,57.519 % de holocelulosa, 35.049 % de lignina, 2.550 % de cenizas y 1.543% de sílice.

7. De la corteza se extrajo mayor cantidad de extractivos que de la madera, con cualquiera de los tres disolventes empleados.

8. La madera contiene en promedio 12.799 % de hemicelulosa a diferencia de la corteza que posee un 20.092 % de hemicelulosa.

9. El contenido de lignina de la corteza (30.862 %) es menor que el de la madera (35.049 %), porque en la madera existe mayor proporción de fracciones no carbohidratadas.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Promover la investigación sobre caracterización química en otras especies forestales, y así comparar las concentraciones de los componentes químicos presentes; como también para árboles de la misma especie a partir de regiones distintas y de plantaciones.

2. Realizar la determinación de los componentes químicos de la especie ***Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr***, tanto albura, duramen y zona de transición.

3. Hacer un estudio para incrementar la variedad de componentes químicos a determinar, así como los tipos de sustancias extraíbles en la madera, con el objeto de cuantificarlos.

4. Realizar estudios económicos sobre las alternativas de uso de la madera y corteza, que analicen la factibilidad a escala piloto en la determinación de componentes químicos, con el fin de reactivar la industria del aserrío.

5. Investigar los diversos tipos de métodos para la determinación de los componentes químicos de la madera, con la finalidad de optimizar tiempo, recursos y rendimiento para futuras investigaciones.

6. Por su contenido de lignina se sugiere utilizar en la producción, combustibles, agentes dispersantes, producción de reactivos químicos puros, polímeros, agentes tanantes

7. Por tener una durabilidad natural resistente debido a su alto contenido de sílice se utilizaría para la construcción, marcos de puertas, ventanas, carrocería, pisos, revestimientos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABARCA, R. 2003**. Caracterización de Tectona grandis de plantación y evaluación del uso potencial de la pulpa y la lignina obtenidas. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica, San José.177 p.
2. **ADLER, E., 1977**. Lignin Chemistry-Past, Present a Future Wood. Sci. And Technol. 11: (218 -129)
3. **AGUILAR J. M. 1976**. Guía para la identificación de las coníferas de Guatemala. Sector Público Agrícola. Instituto Nacional Forestal, Unidad Manejo Forestal, Departamento de Reforestación.64p.
4. **AITKEN Y., CADEL F. Y VOILLOT C., 1988**. *Constituants fibreux des pâtes, papiers et* cartons. Pratique de l'analyse ». Editado por: Centre Technique de l'Industrie des Papiers, Cartons et Cellulose y l'EcoleFrançais de Papeterie et des Industries Graphiques, Grenoble. 272 p.
5. **AROSTEGUI, A. 1976**. Notas de clases del curso de Anatomía y Propiedades de la Madera. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos. 17 p.
6. **AROSTEGUI, A. 1982**. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas.PNUD / FAO /PER/81/002. Lima. 57p.
7. **BAMBER, R. K AND LAYON, J.W 1960** Silica Depositiion in Several Woods of South Wales. Tropical Woods (United States) number 113,pp.48-53.
8. **BLAND, D. E. 1985.** The composition and analysis of wood. 3°Edición. New York. 294p.
9. **BROWNING, B. L. 1967**. Methods of word chemistry. Interscience2°. Edición. Londres. 800 p.
10. **BRACK EGGS (1991)** Número de especies clasificadas y no clasificadas que son utiles provenientes de la Amazonia Peruana. Lima 57 p.
11. **CARBALLO, L. R. 1990**. The Influence of chemical composition and age of pine wood on the physical and mechanical properties as well as on yield of sulfite pulp. Faculty of wood Technology, University College of Foresty and wood Technology. Dissertation Thesis of the degree of CScZvolen. Rep. Eslovaca. 114 p.
12. **CORE, H.A., COTE, W.A. Y DAY, A,C. 1979** Wood Structure and identification. Second Edition, Unined States of America, Cote, Editor 182p.
13. **COTTON, ALBERTO F. Y WILQUINSON, GEOFREY. 1980** Química inorgánica básica. Edición, México, Limusa. 656 p.
14. **CHOPPIN, R. GREGORY Y JAFFE, BERNARD. 1967** Química ciencia de la madera la energía y el cambio. Primera edición en Español; publicaciones Culturales S.A. México 724p.
15. **D'ALMEIDA, M. L. O. 1988**. Composiçâo quimica dos materiais lignocelulosicos.In. Papel e celulosa, tecnologia da fabricaçaoda pasta celulosica. IPT Sao Paulo. 54 p.

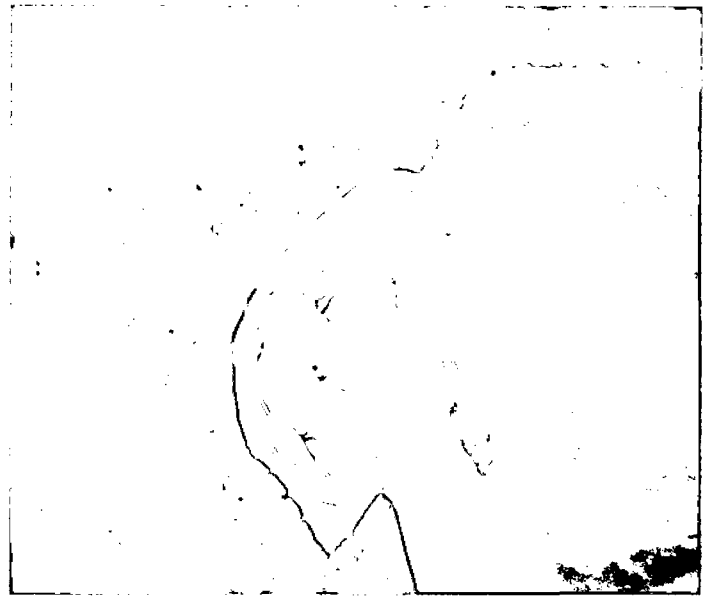
16. **DETIENNE, PIERRE., LOUREIRO, ARTHURA. Y JACQUET, PAULETTE. 1983** Da familia Bombacaceae da América. Acta Amazónica (Brasil), INPA, Outubro – pp 831 – 868.
17. **DÍAZ, A. 1986.** Ciencia de la madera. Ministerio de Educación Superior. La Habana. 195 p.
18. **ECHENIQUE, R. 1993.** Ciencia y tecnología de la madera. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. México. 137p.
19. **EMILIANOVA, I. Z. 1969**. Control químico y técnico de las producciones hidrolíticas. Editorial Lesnaya. Moscú. 360p.
20. **EARL D. (1973).** La biosfera VI: el árbol muerto como fuente de mteria prima, en "introducción a la química industrial" , Vian Ortuño, A.,Ed. Reverté, Barcelona. 556 p. 14, Cerruti, T. 1997. Plantas medicinales de la Amazonia Peruana. En línea http://www.siamazonia.org.pe.
21. **FONSECA, M. 2006**. Determinación de la composición química de la madera de Pino Candelillo (Pinusmaximinoi H. E. Moore) procedente de la finca Río Frío, Tactic, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos. Guatemala. 154p.
22. **FENGEL, D. WEGENER, G. 1984**. *Wood Chemistry, Ultraestructure Reaction*. Berlín.222 pág.
23. **FLORES, M. 2003**. Curso de Botánica Sistemática: Apuntes teóricos y prácticos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – Departamento de Flora. Iquitos .25 p.
24. **FURUNO , T. AND COTE, W.A. 1983** Observation of cell inclusions inPapua New Guinea Woods by means of SEM/EDXA. IAWA Bulletin n.s (Netherlans) V 4(4), pp.
25. **GARCÍA L.; PALACIOS, P.; GUINDEO, A.; PERAZA, C. 2003**. La Madera y su anatomía. Editorial Mundi – Prensa. Primera Edición. Madrid. 327 p.
26. **GLASSER, W..Y GLASSER, H., 1981.** The evaluation of lignin's chhemical structure by experimental and computer simulation techniques. PaperijaPuu2: 83 p.
27. **GLASSER, W. Y GLASSER, H. 1981.** The structure and properties of paper. Australian. 83 p.
28. **FAO. (2001).** "Taninos de Diferentes Especies Vegetales en la Prevención del Foto envejecimiento". *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas. La Habana. 20* p.
29. **GUARDIOLA, J. Y AMPARO, G.** Fisiología vegetal, nutrición y transporte. Valencia. 63 p.
30. **HANS, B. AND ANDERS, R.. 1995.** Moisture equilibrium of wood and bark chips in superheated steam. Fuel. vol.74, No 12.
31. **HIRATA, T. Y NISHIMOTO, T. 1991.** DSC, DTA and TG of cellulose untreated and treated with flame retardant, thermochimica. Amsterdam 106p.
32. **HON, DAVID N. Y SHIRAISHI NOBUO. 1991**. Wood and Cellulosic Chemistry. New York. 1020 p.

33. **JENSEN, W., FREMER, K.E., SIERILA, P., Y MARTIVOAARA, V. 1963** The Chemistry of bark. En "The chemistry of Wood" (Edición de B.L. Browning), (Interscience), New York. 666 p.
34. **KOEPPEN, R.C. 1980** Silica bodies in Wood of arborescent Leguminoseae. IAWA Bulletin n.s., (Netherlands), V 1(4), pp 180 – 184.
35. **MARIAUX ALAIN. 1980** Formation of silica grains in Wood as a fuction of growth rate. IAWA Bulletin n.s. , (Netherlands), V 1(3), pp 140 – 142.
36. **METCALFE, C.R. Y CHALK. L.** Anatomy of the dicotyledons, volumen II. Second Edition, NewYork, United States, Oxford University.
37. **MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGRICULTURA. 2011**. El Perú de los bosques. Lima.73 p.
38. **PANDURO, C, 2010**. Manual de prácticas de laboratorio de Química de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales - UNU. Pucallpa. Perú. 47 p.
39. **PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. 1980**. Textbook of Wood Technology. Fourth edition. McGraw- Hill Book Co. New York. 722 p.
40. **PINEDO, R. 1999**. Obtención y análisis preliminar de los extractivos de corteza de *dos especies vegetales de uso medicinal en Iquitos. Tesis Ingeniero Forestal.* Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 70 p.
41. **YOADIN (1981)**. Oxidative pretreatments in the preparation ofeucalypt and pine CTMP, Pulp and Paper Canada. 35 p.
42. **QUINDE, A. 1984**. Química de la madera. Universidad Agraria la Molina. Lima. 165 p.
43. **RICHTER, H. G. 1980** Ocurrence, morphology and taxonomic Implication of cristalline and siliceus inclusions in the secandary xilen of the Lauraceae and related families. Wood science and tecnology (United States) 14: pp. 35- 44.
44. osengren,M.1986. New CTMP Process Chemithermomechanical Pulp fronBirch. NordiskCellulosa. 54 p.
45. **RYDHOLM S. 1965**. Pulping Processes. New York, Interscience Publishers. 1269 p.
46. **SAKAKIBARA, K. YNEISH, A. 1980**. Technology of Word. U.S.A100 p.
47. **SHARKOV, V. Y. 1972**. *Química de las Hemicelulosas. Editorial Lusaka Prom.* Moscú. 440 p.
48. **SKOOG, D. A. 1985**. Principles of Instrumentals Analysis. 3°. Edición. U.S.A. 879 p.
49. **SOTO, T. 1982**. Microtécnia para madera. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Programa Académico de Ingeniería Forestal. Iquitos .89 p.
50. **TANNER, W. Y LOEWUS, F. A. 1981**. Extracelular Carbohydrates, Enciclopediaof Plant Physiology. New York. 745 p.
51. **TARANCO, M Y CABUDIVO, A. 1995**. Estudio químico preliminar de cinco especies forestales usadas en madera tradicional en la selva baja de la amazonia peruana. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 60p.

52. **TORRES M. (2012).** Determinación de la composición química de la madera y corteza de la *Simarouba amara* Aubl. (marupa) en Pucallpa". Pucallpa 87p.
53. **TUSSET, R. Y DURAND, F. 1979** Manuel de maderas comerciales y procesos de utilización. Montevideo, Hemisferio Sur, 688p.
54. **TSOUMIS, GEORGE. 1982.** Science and Technology of Wood. Editorial Van Nostrand Reinhold. New York. 494 p. Pág. 66
55. http://www.WIKIPEDIA. ENCICLOPEDIA LIBRE.

ANEXOS

ICONOGRAFIAS DE LOS ENSAYOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE *Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.*



Recolectando las muestras para ser trasladado al laboratorio



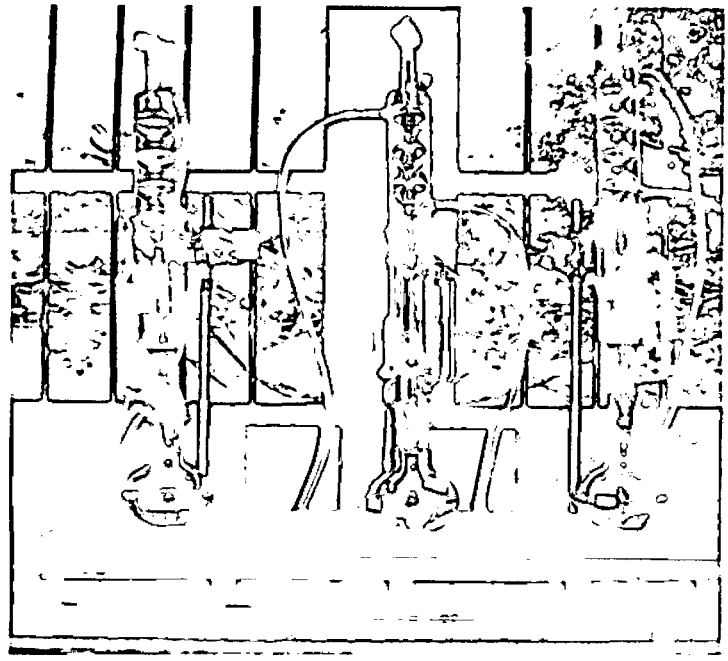
Almacenado de las muestras tamizadas de los 5 árboles por nivel



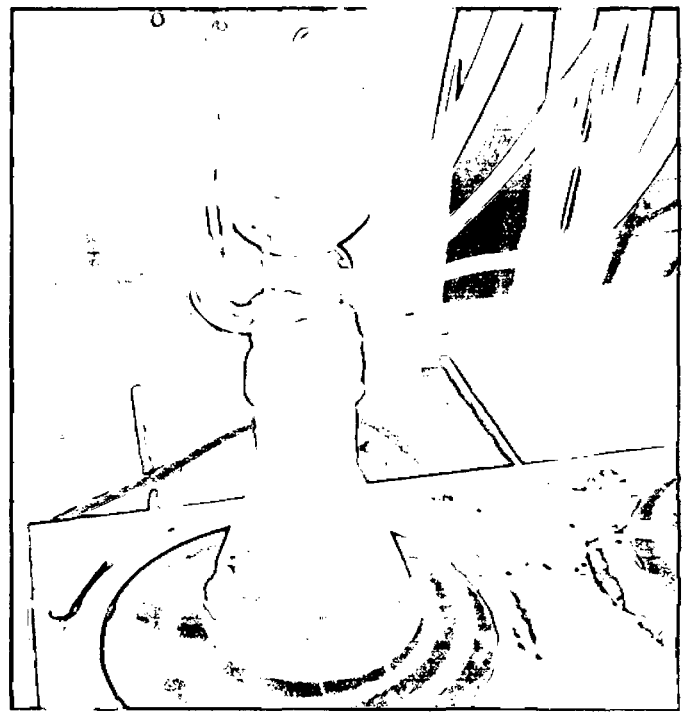
Ensayos de extractivos en agua caliente de aserrín



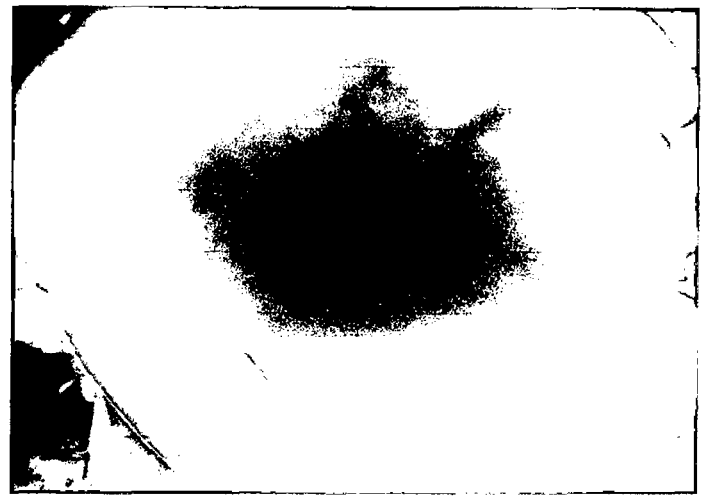
El filtrado de los ensayos de extractivos en agua caliente



Ensayo de extractivos en alcohol de aserrín



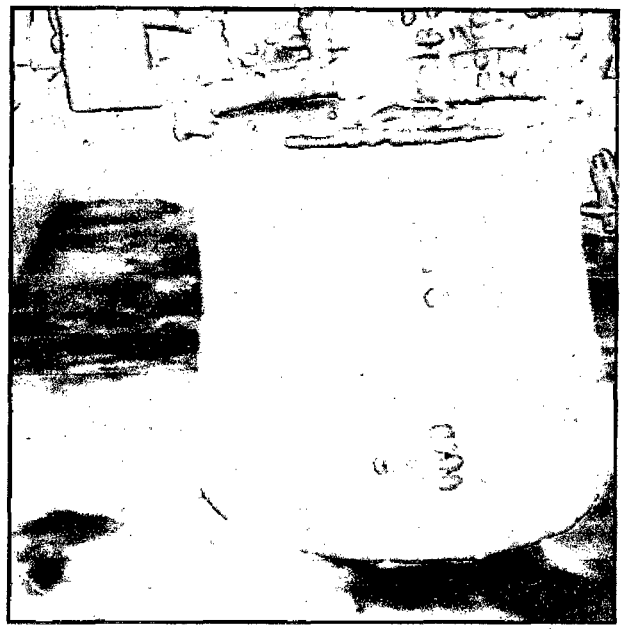
Ensayos para la determinación del porcentaje de celulosa



Filtrado del ensayo para la determinación de la celulosa



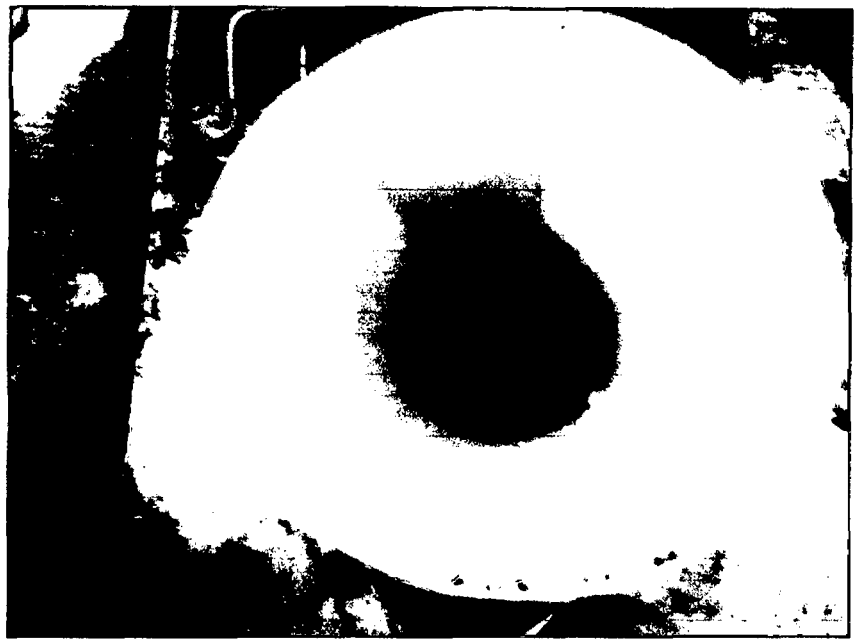
La celulosa es decir el residuo del filtrado



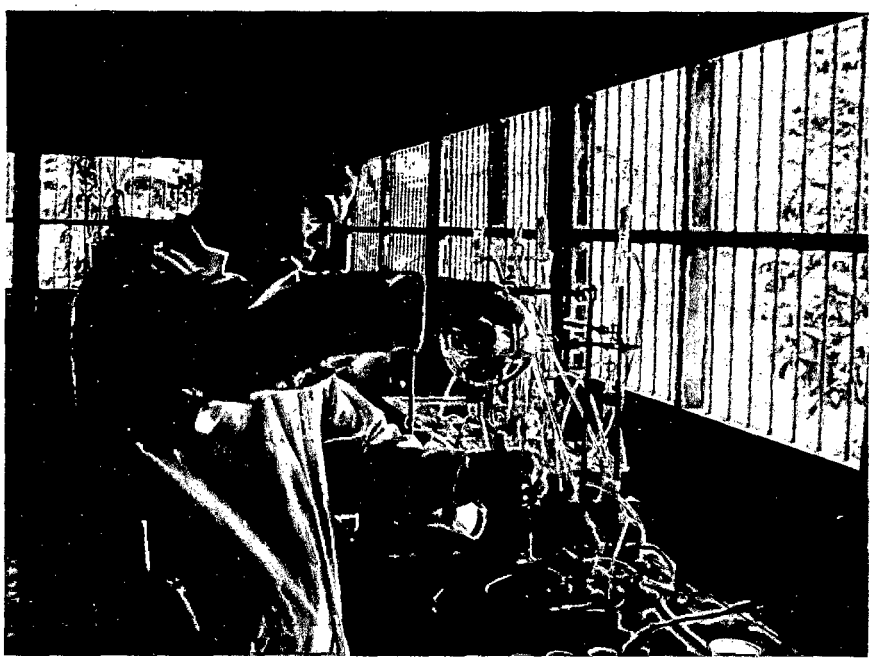
Residuo del filtrado de la determinación de la celulosa



Ensayo para la determinación de lignina tanto en aserrín como en corteza









UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA)
Estación Experimental Pucallpa

CONSTANCIA

Se deja constancia que se realizó la verificación taxonómica de las muestras botánicas presentadas por AIDER, las mismas que a continuación se detalla:

❖ ***Croton matourensis* Aubl.**	Aucatadijo
❖ ***Apeiba glabra* Aubl.**	Peine de Mono
❖ ***Matisia cordata* Bonpl.**	Zapote
❖ ***Apuleia leiocarpa* (Vogel)J.F. Macbr.**	Ana caspi
❖ ***Jacaranda copaia* (Aubl) D. Don**	Huamansamana
❖ ***Septotheca tessmannii* Ulbr.**	Utucuro
❖ ***Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake**	Pashaco Blanco
❖ ***Brosimum utile* (Kunth) Oken**	Panguana
❖ ***Simarouba amara* Aubl.**	Marupa
❖ ***Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Steud.**	Yacushapana amarilla

Así mismo las muestras quedan depositadas en el Herbario Regional de Ucayali, IVITA-Pucallpa.

Se expide la presente constancia para los fines convenientes del solicitante.

Pucallpa, 03 de abril del 2012

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
BIBLIOTECA CENTRAL

Blga. Mirella Clavo Peralta
Resp. Herbario Regional de Ucayali – IVITA Pucallpa.
Registro CBP. No. 1187