

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**"DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL *Acrocarpus fraxinifolius* (CEDRO ROSADO), PROVENIENTE DE LA ZONA DE AGUAYTIA"**

**Tesis**

**Para optar el título de :**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN FORESTALES**

**JORGE LUIS, CHUMAN IGLESIAS**

**PROMOCIÓN 2007 - II**

**Tingo María - Perú**

**2010**

F60

Ch93

Chuman Iglesias, Jorge L.

Determinación de la Composición Química del *Acrocarpus fraxinifolius* (Cedro Rosado), Proveniente de la Zona de Aguaytia. Tingo María 2010

70 h.; 12 cuadros; 20 fgrs.; 50 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS / COMPOSICIÓN QUÍMICA / CELULOSA /

CONTENIDO - HUMEDAD / LIGNINA / METODOLOGÍA / TINGO MARÍA

/ RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

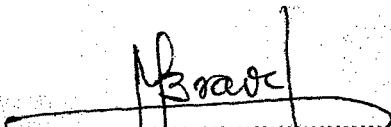
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 19 de marzo de 2010, a horas 05:20' p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

### “DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA *Acrocarpus fraxinifolius* (CEDRO ROSADO), PROVENIENTE DE LA ZONA DE AGUAYTÍA”


Presentado por el Bachiller: **JORGE LUIS CHUMAN IGLESIAS**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “BUENO”.


En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.


Tingo María, 26 de marzo de 2010

  
.....  
Ing. MANUEL BRAVO MORALES  
Presidente



  
.....  
Ing. M.Sc. JOSE BLAS MATIENZO  
Vocal

  
.....  
Ing. M.Sc. LADISLAO RUIZ RENGIFO  
Vocal

  
.....  
Ing. M.Sc. TANIA GUERRERO VEJARANO  
Asesora

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres Teodoro Chumán Silva y María Carmen Iglesias, que con su apoyo y sabios consejos, me ayudaron a lograr mi realización profesional.

A mis hermanas Rossana, Gisella, Patricia, que fueron el motor para mi superación.

A Dios todo poderoso y a mis queridos abuelos que con todo su amor me dieron fuerzas para lograr mis objetivos.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    Objetivos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Descripción taxonómica del cedro rosado .....	4
2.1.1. Descripción.....	4
2.1.2. Corteza Externa.....	5
2.1.3. Corteza Interna.....	5
2.1.4. Hojas.....	5
2.1.5. Inflorescencia.....	6
2.1.6. Fruto.....	6
2.1.7. Albura y duramen.....	6
2.2. Ecología.....	6
2.3. Distribución y habitat.....	7
2.4. Usos.....	7
2.5. Crecimiento y rendimiento.....	8
2.6. Composición química de la madera .....	8
2.6.1. Diversidad genética.....	8
2.6.2. Estructura química general.....	10
2.6.3. Contenido de humedad.....	13
2.6.4. Celulosa.....	17
2.6.5. Poliosas.....	19

2.6.6. Lignina.....	21
2.6.7. Extraíbles.....	24
2.7. Duraminización.....	26
2.7.1. Tipos de duramen.....	28
2.7.2. Diferenciación del tejido duraminizado.....	30
2.7.3. Variación del tamaño del duramen en los arboles.....	31
2.8. Densidad básica.....	32
2.8.1. Factores que determinan la densidad de la madera.....	33
2.8.2. Componentes minerales.....	33
2.9. Investigaciones realizadas.....	34
2.9.1. Análisis químico de maderas latifoliadas.....	34
2.9.2. Composición química de la <i>Tectona grandis</i> a distintas zonas del fuste.....	35
2.9.3. Variación de la composición química en albura, duramen y altura de madera pulpable de <i>Eucaliptus globulus</i> proveniente de monte alto y monte bajo.....	36
2.9.4. Exploración básica de propiedades químicas como pH, cenizas y contenido de extraíbles de la madera de tres especies de eucalipto.....	38
2.9.5. Densidad básica, longitud de fibras y composición Química de la madera de una plantación de <i>Eucaliptus</i> <i>globulus</i> en la provincia de Buenos Aires, argentina.....	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1. Lugar de extracción del material biológico.....	42

3.2. Lugar de ejecución.....	42
3.3. Materiales y equipos.....	43
3.4. Metodología.....	45
3.4.1. Obtención de muestra.....	45
3.4.2. Determinación de extractivo.....	46
3.4.3. Determinación de celulosa.....	46
3.4.4. Determinación de lignina.....	47
3.4.5. Determinación de ceniza .....	48
3.5. Diseño de investigación.....	50
IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	51
4.1. Composición química del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> a diferentes niveles.....	51
4.1.1. Contenido de humedad base seca a diferentes niveles.....	52
4.1.2. Contenido de Extractivos a diferentes nivel.....	52
4.1.3. Contenido de celulosa a diferentes niveles.....	53
4.1.4. Contenido de lignina a diferentes niveles.....	53
4.1.5. Contenido de ceniza a diferentes niveles.....	54
4.2. Composición química del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> por árbol.....	54
4.2.1. Variabilidad de la composición química del cedro rosado <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> .....	55
4.3. Composición química del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> promedio Total ..	55
4.3.1. Contenido de humedad total.....	56
4.3.2. Contenido de extractivos total.....	56
4.3.3. Contenido de celulosa total.....	57

4.3.4. Contenido de lignina total.....	58
4.3.5. Contenido de ceniza total.....	59
V. CONCLUSIONES.....	60
VI. RECOMENDACIONES.....	61
VII ABSTRACT.....	62
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
IX. ANEXOS.....	70



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Composición química de la madera de <i>Eucalyptus globulus</i> segun GUTMAN. ....	11
2. Composición química de la madera de <i>Eucalyptus globulus</i> segun MANCILLA.....	22
4. Ubicación de extracción del material biológico.....	22
5. Composición química del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> a diferentes Niveles.....	44
6. Variabilidad de la composición química del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> .	54
7. Composición química del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> promedios total...	56
8. Contenido de extractivos.....	72
9. Contenido de celulosa.....	73
10. Contenido de lignina.....	74
11. Contenido de Humedad.....	75
12. Composición química de 52 especies peruanas.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema general de los componentes químicos de la madera, según Browning (1967) y Fengel (1984). .....	11
2. Representación esquemática parcial de la molécula de lignina de conífera, según Gold <i>et al.</i> (1989). .....	22
3. Monómeros fenilpropánicos precursores de la lignina según Sjöstrom (1981).....	22
4. Flujograma de actividades.....	44
5. Composición química total del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> .....	59
6. Mapa de ubicación del área de extracción de cedro rosado.....	78
7. Medición del altura de corte.....	79
8. Trozado del árbol.....	79
9. Rodajas de diferentes alturas.....	80
10. Rodajas convertidas en viruta.....	80
11. Virutas a pulverizar.....	81
12. Cernido en tamiz n° 40 y 60.....	81
13. Clasificación del material biológico.....	82
14. Pesado del material biológico.....	82
15. Secado del material biológico.....	83
16. Enfriado del material biológico.....	83
17. Contenido de ceniza.....	84
18. Contenido de extractivos.....	84

19. Contenido de celulosa.....	85
20. Celulosa húmeda.....	85

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la ciudad de Tingo María a través de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, en el laboratorio de fitoquímica vegetal; con el propósito de determinar las características químicas de la especie *Acrocarpus fraxinifolius*, vulgarmente llamado "Cedro Rosado". En la determinación de las características química de la especie, para el análisis estadístico se utilizó promedios, con tres niveles y con cinco bloques, donde los bloques son los cinco árboles y los niveles son las trozas obtenidas en tres secciones del fuste (base, media y ápice). De acuerdo con la norma TAPPI T 257-os 76, la determinación de celulosa se llevo a cabo de acuerdo a la norma TAPPI T 203 os-74, para determinar el contenido de lignina se utilizo la norma TAPPI T 222 os-74, para la determinación de cenizas se uso la norma TAPPI T 15 os-58, para la determinación de extractivos solubles en etanol-benceno es de acuerdo con la norma TAPPI 204 os-76. Los resultados obtenidos en promedios totales son: contenido de humedad 9,7993 %, para extractivos: 10,6481 %, para celulosa: 57,7743 %, para lignina: 27,0484 %, y para ceniza: 1,1463 %.

## I. INTRODUCCION

Hoy en día existe una fuerte corriente internacional de apoyo a la ecología y al medio ambiente, y muy concretamente a la protección y desarrollo de bosques en todos los países del mundo y en diversas zonas geográficas; a pesar de ello en el Perú no existe interés de los inversionistas para el financiamiento de proyectos de manejo forestal, al constituir un país con gran potencial forestal de bosques naturales, en su mayoría bosques tropicales, ubicados en la selva Amazónica; poseemos las características necesarias para desarrollar proyectos forestales, pero sin reglas claras; no se han implementado buenas políticas de manejo de plantaciones forestales, para un aprovechamiento sostenible, por lo que es necesario marcar las pautas para la investigación y dar viabilidad a la potencialidades de la selva, para incentivar y obligar a la empresa privada a maximizar el aprovechamiento del árbol y del bosque en general, sin deteriorarlo, y es aquí donde la Universidad debe jugar un rol determinante, realizando investigaciones que aporte al desarrollo sostenible.

En el Perú contamos con una amplia diversidad de especies muy conocidas comercialmente, las cuales tienen un valor económico alto, medio y bajo, según las características de cada una de ellas, así tenemos por ejemplo: cedro, caoba, isphingo, palo sangre, tornillo, etc. Estas especies solo son

maderables y no cumplen a corto tiempo con otros fines como mejoramiento del suelo, sombra, pulpa de papel, etc., además que su período vegetativo es de muchos años de maduración, por lo que se tienen que buscar otras alternativas con especies que sean de rápido crecimiento y maderables en corto tiempo.

Habiendo consultado bibliografía y experiencias en el mundo, se ha tomado conocimiento que existe una especie forestal, el *Acrocarpus fraxinifolius* Arn. cedro rosado, que constituye una alternativa diferente en zonas tropicales y subtropicales por su corto periodo vegetativo y aprovechamiento sostenible.

El objetivo de este trabajo de investigación es conocer sus características químicas, para poder determinar su potencial para la industria papelera que genera miles de millones de dólares en otros países y que no esta desarrollado adecuadamente en nuestro país. Por esta razón, es que se realizó este trabajo de investigación, para contar con información sobre algunas de las propiedades químicas que todavía no han sido estudiadas, aprovechando que en la Provincia de Padre Abad (Aguaytía) existe una de las primeras plantaciones a nivel Nacional de esta especie. La investigación estará basado principalmente en determinar la composición química de la especie de *Acrocarpus fraxinifolius* Arn. "cedro rosado", a distintas alturas del fuste comercial: parte baja, media y alta, en cinco árboles.

## Objetivos

### General

- Determinar la composición química de *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., "cedro rosado".

### Específicos

- Determinar el porcentaje de celulosa en la especie *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., "cedro rosado".
- Determinar el porcentaje de contenido de humedad en base seca en la especie *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., "cedro rosado".
- Determinar el porcentaje de la lignina en la especie *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., "cedro rosado".
- Determinar el porcentaje de ceniza en la especie *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., "cedro rosado".
- Determinar el porcentaje de extractivos en la especie *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., "cedro rosado".

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Descripción taxonómica del cedro rosado

Según HOLDRIDGE Y POVEDA (1975) y BURNS *et al.* (1998)

REYNO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
FAMILIA	LEGUMINOSAE
GENERO	<i>Acrocarpus</i>
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>fraxinifolius</i>
NOMBRE VULGAR	Cedro rosado

#### 2.1.1. Descripción

El *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., “cedro rosado” es de una apariencia impresionante, alcanza alturas de 30 a 60 m. Su fuste es cilíndrico y limpio de ramas en  $\frac{3}{4}$  partes de la altura total. Es una leguminosa que tiene un crecimiento aproximado de 3 a 5 metros por año, siendo una especie muy adaptable y aprovechable para diversos usos. Las ramas son relativamente delgadas y están dispuestas horizontalmente, la corteza es delgada y de color gris claro. Se desarrolla de manera óptima en suelos arcillosos francos y profundos, bien drenados. En esas condiciones ambientales las raíces pueden



penetrar hasta 4,5 metros de profundidad, sin embargo, también se desarrolla en suelos superficiales y compactados. Esta especie es apropiada también para regiones submontañosas húmedas y semihúmedas, con períodos cortos de sequía, en suelos francos medianamente superficiales o profundos.

Se le encuentra desde los 0 hasta 1,700 msnm. en zonas con precipitación pluvial anual de 1,500 a 5,000 mm, con temperatura ambiente entre los 19°C y 35° C, tolerando incluso una temperatura máxima absoluta a la sombra de 35°C a 42.5°C y sequías prolongadas en su hábitat natural de hasta 5 meses en lugares con alta humedad relativa; estas condiciones lo hacen excelente para cultivarse en el Sureste Mexicano y gran parte de Centroamérica.

#### **2.1.2. Corteza externa**

La corteza es lisa o ligeramente rugosa, color gris pálido o castaño pálido las ramitas están a menudo prominentemente lenticeladas.

#### **2.1.3. Corteza interna**

Homogénea, color grisáceo a blanquecino, a veces con escasa secreción acuosa.

#### **2.1.4. Hojas**

Las hojas son bipinnaticompuestas, representando de tres a cuatro pares de pinas, cada una de aproximadamente 30 cm. de largo. Los folíolos elípticos lanceolados, de 7 a 10 cm. de largo, forman 5 - 6 pares. Las hojas

tiernas son de color rojo claro llamativas y dan al árbol su apariencia característica.

#### **2.1.5. Inflorescencia**

Las flores van de rojas a anaranjadas, los frutos son vainas delgadas y pedunculadas, contienen numerosas semillas. Flores en inflorescencias paniculadas, bisexuales. Pétalos rojo oscuro. Ovario punteado, el árbol florece después de perder sus hojas.

#### **2.1.6. Fruto**

Los frutos son vainas delgadas y pedunculadas, contienen numerosas semillas con 10 – 18 semillas, ligeramente lenticeladas, color castaño, hipo cotiledón alargado, las primeras hojas paripinadas.

#### **2.1.7. Albura y duramen**

La albura de la madera es de color blanquecino; el duramen es de color rojo claro o marrón rojizo, es muy decorativo por su veteado oscuro, contiene una resina gomosa que brota después de la tala. Es fácil de impregnar. Su dureza y resistencia son medianas. Su peso específico varía entre 0.55 y 0.70 grs/cm<sup>3</sup>. Se puede trabajar con facilidad, no presenta problemas para ser torneada, cepillada y pulida, el duramen es de color claro con infiltraciones.

### **2.2. Ecología**

El *Acrocarpus fraxinifolius* se desarrolla bien en áreas sub-

montañosas, en trópicos húmedo y semi-húmedo que tengan un suficiente drenaje. Es muy sensible a las heladas. No se recomienda sembrar en la Sierra, pasando los 2,000 mts. de altitud.

Es raro en Sumatra y Java en donde se desarrolla en bosques con suelos fértiles y constantemente húmedos y también en campos de cultivo abandonados, a 800 – 1,200 metros de altitud.

### **2.3. Distribución y hábitat**

El área de distribución natural de *Acrocarpus fraxinifolius*, se extiende desde los 23° a 27° norte, en el occidente de India, abarca Bangladesh, Asoma, hasta alcanzar el norte de Birmania, donde forma parte de los bosques mixtos siempre verdes y se encuentra a altitudes de 0 hasta 1,500 msnm.

Fuera del área de su distribución natural, ésta especie es plantada en India aproximadamente a 18° norte, y en regiones altas de Kenia, Uganda, Tanzania y Zimbabwe.

### **2.4. Usos**

La madera es apropiada para acabados interiores finos, para muebles y para chapas. En su área de distribución natural es utilizada para el entablillado de techos, como madera de construcción, para pisos, escaleras, puertas, cajas de té, e impregnadas para fabricar durmientes. La corteza interna de plantas jóvenes es fibrosa y resistente, y se emplea localmente para

amarrar.

## **2.5. Crecimiento y rendimiento**

El crecimiento es en general, excepcionalmente rápido, observándose un desarrollo vertical, en los mejores sitios, de hasta 8.50 metros en los primeros 12 meses, con un crecimiento normal entre los 5 y 7 metros al año de sembrado. A los 2 años pueden alcanzar, en promedio, 12.75 metros de altura y 11.5 cm. de D.A.P. Se observa un rendimiento de 47.5 m<sup>3</sup> / ha / año.

En general, la forma de los fustes es excelente, con pocos árboles bifurcados o torcidos. El crecimiento mayor se ha registrado en suelos frescos y con buena exposición al sol.

## **2.6. Composición química de la madera**

### **2.6.1. Diversidad genética**

La distribución de la diversidad genética de una especie entre y dentro de poblaciones esta influenciada por la interacción de su biología reproductiva y la estructura espacial que presenta, siendo la combinación de éstos dos factores junto con procesos de selección natural, lo que provoca, a su vez, variaciones en el patrón reproductor de dicha especie (HAMRICK MURAWSKI, 1990; LOVELESS, 1992).

La diversidad genética puede aparecer especialmente estructurada a diferentes escalas: población, su población o en un grupo de individuos

próximos (ESCUDERO et al. 2003), y su distribución se ve influenciada, no solo por la acción de las fuerzas evolutivas tales como la selección natural, migración y deriva, si no también por procesos demográficos y sucesos históricos, que pueden influir sobre el grado de expansión, contracción y fragmentación de las poblaciones, el aislamiento en refugios y la recolonización de las especies (HEWITT, 1996; BEAUMONT, 1999; STROZ Y BEAUMONT, 2002). A pequeña escala el sistema de reproducción y el flujo genético son los factores que, en mayor medida, condicionan la estructura genética de las poblaciones. Limitaciones en el flujo de polen y la restricción de la dispersión de las semillas conllevan generalmente el apareamiento preferentemente entre individuos geográficamente próximos, lo que provoca una estructura genética a escala fina (WRIGHT, 1943).

La fragmentación del hábitat afecta en gran medida a la estructura genética de las poblaciones, ya que la disminución del número de individuos y la ruptura de la continuidad de dichas poblaciones, pueden reducir el flujo genético existentes entre ellas, lo que incrementa estocásticos de la deriva genética (YOUNG *et. al.* 1996). Si estos hechos se producen en poblaciones de pequeño tamaño, la pérdida de variabilidad genética y, en último término, la existencia de un alto nivel de endogamia pueden disminuir la capacidad de adaptación de los individuos a los posibles cambios ambientales, reduciéndose enormemente las probabilidades de supervivencia de la población.

### **2.6.2. Estructura química general**

En la composición química básica de la madera se consideran los

Componentes estructurales que constituyen la pared celular, y los componentes ocasionales contenidos en los lúmenes y espacios intersticiales. El crecimiento estructural y las propiedades naturales de la madera surgen de la organización y la composición química de las paredes de las células (PANSHIN Y DE-ZEEUW, 1970).

Entre los componentes estructurales se consideran tres biopolímeros, cuya presencia porcentual en la madera es mayoritaria. Estos son: celulosa, poliosas (hemicelulosas) y lignina.

Por otra parte, los componentes secundarios, también llamados extraíbles, agrupan a un conjunto de sustancias entre las cuales se cuentan taninos, aceites volátiles, resinas, ácidos grasos, gomas, látex, alcaloides y otros compuestos orgánicos complejos.

Existe una considerable variación en el contenido de los polímeros estructurales de la madera de las distintas especies del género *Eucalyptus*, debido a la existencia de especies y subespecies, adicionando además el grado de expansión geográfica que ha alcanzado. El contenido de celulosa varía entre 40 y 62 %; las poliosas entre 12 y 22 % y el de lignina entre 15 y 22 %. Además de estas variaciones entre especies, existen variaciones intraespecíficas. Como ejemplo, en el caso de *Eucalyptus globulus* se señala que, entre 260 árboles "plus", el contenido de celulosa varió entre 30 y 57%, con un valor medio de 47% (HILLIS, 1978) en la figura 1 se describen brevemente los principales componentes de la madera.

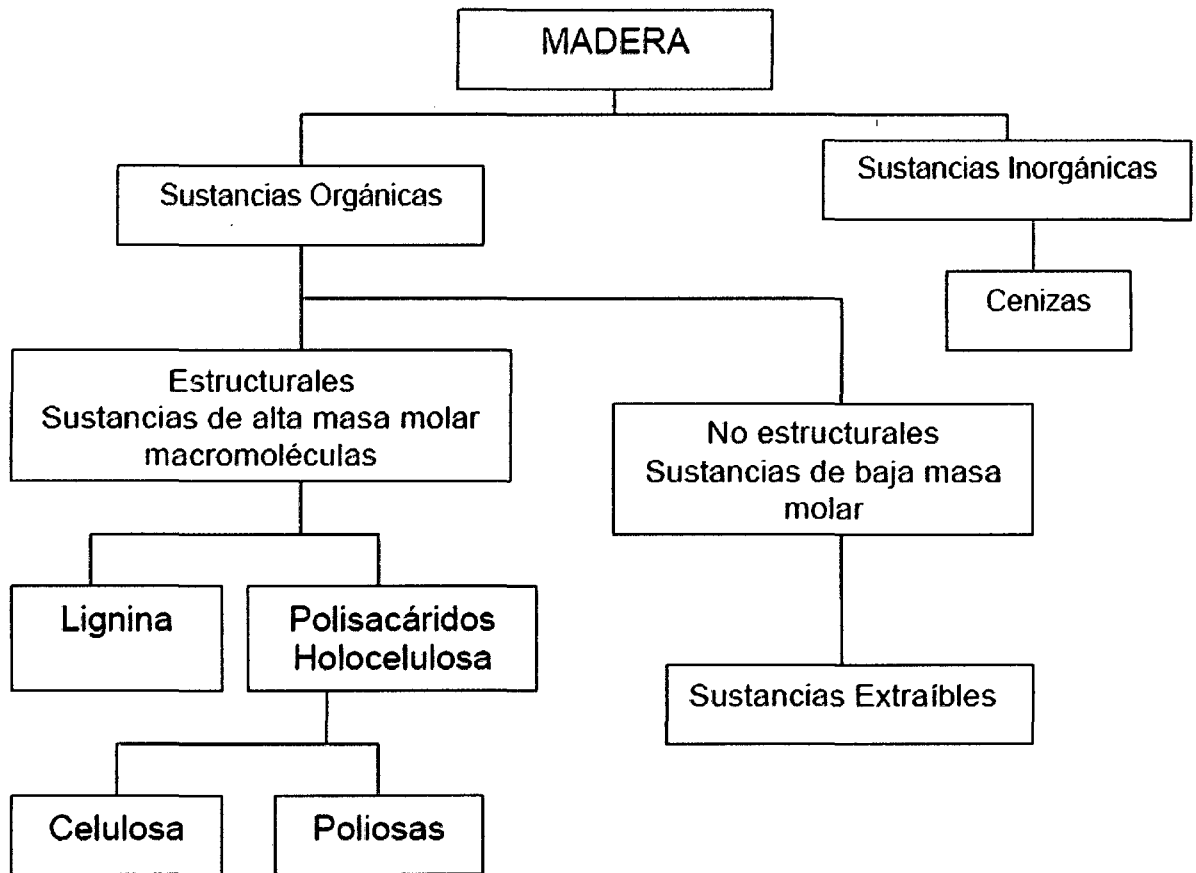


Figura 1. Esquema general de los componentes químicos de la madera

Según PEREIRA (1984), al estudiar la composición química del *E. globulus* Labill en España a seis alturas del fuste, encontró irregularidades en la variación de la composición química de las sustancias extraíbles. A su vez ONA, (1997) demostró que los contenidos de sustancias extraíbles para el *Eucalyptus globulus* Labill y el *Eucalyptus camaldulensis* presentan diferencias porcentuales entre ambas especies, diferencias que disminuyen dentro del mismo árbol a las diferentes alturas estudiadas. Este autor, sugiere que este comportamiento está relacionado con las condiciones climáticas en que las plantas crecen, así como con las propias características genéticas de cada especie en particular.

Según ONA (1995), al estudiar los contenidos de lignina a lo largo del fuste observó también ciertas variaciones, con valores que oscilan entre 21,6% y 42,8%. Este autor realizó diez mediciones a lo largo del fuste del árbol en el *Eucalyptus globulus* Labill procedente de Australia. GUTMANN *et al.*, (1971) realizaron estudios de caracterización química de *E. globulus* en un material experimental (aserrín) obtenido de un aserradero ubicado en las cercanías de Santiago, dedicado exclusivamente al procesamiento de madera de eucaliptos. Si bien la muestra no puede considerarse representativa de la especie crecida a lo largo del país, se determinan los siguientes valores.

Cuadro 1. Composición química de la madera de *Eucalyptus globulus* según GUTMANN

Extraíbles (%)	Lignina (%)	Holocelulosa (%)	Celulosa(%)
4.2	23.2	73.5	41.2

Por otra parte, MANSILLA *et al.* (1991) analizaron muestras de *Eucalyptus globulus* provenientes de individuos con edades entre 10 y 25 años y de troncos sin resina ni acumulación de nudos, obteniendo los valores

Cuadro 2. Composición química de la madera de *Eucalyptus globulus* según MANSILLA.

Extraíbles (%)	Lignina (%)	Holocelulosa (%)	Celulosa(%)
5.1	20.0	76.5	43.3

### 2.6.3. Contenido de humedad

PÉREZ, (1983) y CUEVAS, (2003), afirman que en un árbol



recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate. Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas. De igual manera, la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo. El contenido de humedad (CH) “la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada como porcentaje de la masa de la pieza anhidra”. El peso anhidro es el peso que se obtiene cuando se coloca la madera en una estufa a 100 ó 102 °C, hasta que se obtiene un peso constante. Cuando el CH es modificado, existirán variaciones dimensionales, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera. El CH influye en la capacidad mecánica, es decir a menor CH bajo el punto de saturación de las fibras (PSF, que corresponde a la eliminación total del agua libre del interior de las células y las paredes celulares permanecen saturadas, 28-30% de CH), en general aumenta la capacidad mecánica, es decir se incrementa la resistencia de la madera, y a partir del PSF, un aumento en el CH no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

Los modelos existentes para determinar el CH son los métodos de, pesada, destilación y el empleo de medidores eléctricos. El método de secado en estufa o pesada, es el más exacto y confiable, excepto cuando se emplea algunas maderas que contienen un porcentaje de sustancias volátiles,

ya que en este caso se debe utilizar otro proceso. Este método tiene desventajas, puesto que es destructivo, teniendo que cortar la madera que se desea estudiar y la obtención de resultados no es inmediata, porque el tiempo mínimo requerido dependerá de la evaporación total de humedad de la madera (DÍAZ, 2005).

GRIGORIEV (1985), manifiesta que el CH tiene importancia en la utilización de la madera, ya que influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductibilidad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad. La madera esta constituida por los elementos anatómicos, cuyas paredes están formadas por un material absorbente, contiene agua bajo tres formas: como agua libre llenando la cavidad celular; como agua higroscópica, infiltrada en las paredes celulares y como agua de constitución, formando parte integral de la estructura molecular. El estado de la madera cuando se ha evaporado toda el agua libre y comienza a perder el agua higroscópica, se conoce como el punto de saturación de las fibras. El contenido de humedad de la madera por debajo de este estado influye en forma significativa en las propiedades físicas y mecánicas. La determinación del contenido de humedad en la madera se hace teniendo en cuenta solo los valores del agua libre y de saturación, es decir que comercialmente la madera estará seca o anhidra al 6% de humedad, que es el valor del agua de constitución química.

Según HERMINIO (2003), el agua en la madera es una de los factores más importantes en la industrialización de ésta, ya que afecta

básicamente a la mayoría de los procesos de transformación. Es por esto, que es necesario mantener una diferencia de contenido de humedad homogéneo entre las capas internas de la madera y superficie de la misma. Si en la madera no ocurre esto, se originan en la superficie de la madera tensiones de compresión y en las capas internas de la madera tensiones de tracción. Esta diferencia de humedad entre las capas internas y externas de la madera, es originada por una ejecución de un ciclo de secado en forma rápida. El resultado que trae esto, se pone de manifiesto, cuando una pieza de madera es re aserrada o cepillada, produciéndose en el momento de corte, la deformación de las piezas resultantes. Es importante también, cumplir con los contenidos de humedad finales debido al uso que tendrá la madera, en su lugar de servicio. Y además, por el peligro que trae transportar la madera con un alto contenido de humedad, ya que se corre el riesgo de que se desarrolle algún tipo de microorganismo destructor de la madera.

El agua contenida en la madera se encuentra bajo diferentes formas (agua libre, agua de saturación y agua de constitución), tal como se describe a continuación.

**a). Agua libre o capilar.-** Es la parte del agua presente en la madera que se encuentra relleno el interior de los lúmenes celulares. Su presencia se da cuando el CH es superior al 30%. Es la que da a la madera su condición de "verde" y es la que ocupa las cavidades celulares. La cantidad de agua libre que puede contener una madera está limitada por su volumen de poros. Al comenzar el proceso de secado, el agua libre se va perdiendo por

evaporación. Este proceso se produce fácilmente, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo. Al llegar a este punto, la madera estará en lo que se denomina “punto de saturación de las fibras”, que corresponde a un contenido de humedad variable entre el 21 y 32%. Cuando la madera ha alcanzado esta condición, sus paredes celulares están completamente saturadas de agua y sus cavidades vacías. Durante esta fase de secado, la madera no experimenta cambios dimensionales, ni alteraciones en sus propiedades mecánicas. Por tal razón, el punto de saturación de las fibras es muy importante desde el punto de vista físico-mecánico (ÁLVAREZ y FERNÁNDEZ, 1992).

**b). Agua ligada o de impregnación.-** Es el agua que impregna las paredes celulares, rellenando los espacios microscópicos y sub microscópicos de la pared celular (ÁLVAREZ y FERNÁNDEZ, 1992).

**c). Agua de constitución química.-** Forma parte de la materia orgánica, no puede eliminarse por el secado y su separación de la madera implica la destrucción, lo que se consigue por el fuego (GONZALES, 1996).

En las especies frondosas la humedad de la albura no varía y la humedad del duramen disminuyen por el tronco hacia arriba. En los árboles jóvenes la humedad es mas alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos. El contenido de agua en el árbol varía según la altura y el radio del tronco, así como de la temporada del año (KOLLMANN, 1970).

#### 2.6.4. Celulosa

La celulosa es un homo polisacárido cuya fórmula química general corresponde a  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Es el principal componente de la pared celular en gran parte de la planta, la sustancia más importante producida por este organismo vivo y representa entre un 42 a 46% en peso en madera de coníferas y entre un 43 a un 50% en madera de latifoliadas. Este compuesto originado a partir del proceso de fotosíntesis, constituye el esqueleto de la pared celular. Este es el resultado de la combinación de agua y dióxido de carbono, que en presencia de luz solar forman glucosa, unidad básica de la celulosa. Está constituida por moléculas de anhidro D-glucosa unidas por enlaces  $\beta$ -1,4 glucosídicos, por lo que se puede describir como un polímero lineal de glucanos, siendo el biopolímero más abundante en la biosfera. Dos unidades de glucosa se unen entre sí eliminando una molécula de agua entre los grupos hidroxilo del C1 y C4 de la unidad adyacente, formando la celobiosa. La unión de varias celobiosas conforma una molécula de celulosa (HIGUCHI, 1990).

El grado de polimerización es del orden de los 15.000, lo que equivale a una masa molar en el orden de los 2,3 millones. Debido al tipo de enlace ( $\beta$ -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 7,5  $\mu\text{m}$  y una longitud de varios  $\mu\text{m}$ . En ellas 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 (C3-C6) y (C2-C5), que aunque muy débiles individualmente, su elevado número hace de la fibra de celulosa una estructura muy firme y poco sensible a la degradación (GUARDIOLA Y AMPARO, 1995).

La celulosa presenta un alto grado de cristalinidad, pero no es 100% cristalina, y esto depende de la especie que se analice. La presencia de hemicelulosas en la madera parece causar disturbios en la cristalinidad de la celulosa. Además, cuanto más cristalina es la celulosa mayor es su densidad (BROWNING, 1967). La cristalinidad de la celulosa se encuentra en función de la gran cantidad de puentes de hidrógeno, hecho que además explica por qué la celulosa no es soluble en los sistemas de solventes usuales, es la responsable determinadas propiedades físicas y mecánicas de las maderas por constituir el material de sostén del árbol, confiriéndole resistencia y tenacidad (CORONEL, 1994). PEREIRA (1991) indica que en los componentes de la pared celular existe una ligera disminución con la altura del contenido de celulosa, corroborando los resultados alcanzados por (SARDINHAS, 1979).

ONA (1995) Este autor sugiere, que este comportamiento está relacionado con las condiciones climáticas en que las plantas crecen, así como las propias características genéticas de cada especie en particular.

### **2.6.5. Poliosas**

Las poliosas o hemicelulosas son heteropolisacáridos de alta masa molecular y es otro constituyente químico estructural presente en la madera, agrupando a todos los polisacáridos no celulósicos. Son compuestos de más fácil solubilidad y termo degradación que la celulosa y poseen diferente composición y distinto grado de polimeración. Constituyen cadenas cortas de heteropolisacáridos y están formados por pentosas (xilosa, arabinosa) y hexosas (glucosa, manosa, galactosa), junto con pectinas, constituidas por ácidos glucurónicos y galacturónicos. Se unen entre sí a través de enlaces glucosídicos 1-3, 1-4 y 1-6, formando estructuras ramificadas y en general amorfas. La gran mayoría son solubles en soluciones alcalinas y fácilmente hidrolizables en ácidos (PANSWIN Y DE-ZEEUW, 1970; HIGUCHI, 1990).

En general, son compuestos de mayor higroscopicidad que la celulosa, y se encuentran íntimamente ligados a la lignina y a las zonas más paracristalinas de las microfibrillas celulósicas (DIAZ-VAZ, 2003). La presencia de esta clase de heteropolisacáridos en las paredes de las células tiene una gran influencia en las propiedades físicas de la madera. Su presencia porcentual en las coníferas es de un 25 a un 30%, y de un 20 a 35% en las latifoliadas (PANSWIN Y DE-ZEEUW, 1970; HIGUCHI, 1990).

Las hemicelulosas se encuentran asociadas con la celulosa mediante fuertes interacciones polisacárido – polisacárido. El contenido de poliosas varía radialmente en la madera aumentando hacia el centro y cambiando en su composición de azúcares (FENGEL, 1984).

El tipo y contenido de hemicelulosas presentes en la madera varía con la especie, la edad, y parte del árbol, y en muchas especies su regularidad está relacionada con criterios taxonómicos. Las hemicelulosas de las coníferas no son las mismas que las de las latifoliadas, siendo las de las coníferas más complejas. También existen diferencias entre las hemicelulosas del tronco, de las ramas, de las raíces y de la corteza del propio árbol, así como diferencias en cuanto a contenido y composición entre la madera de compresión, tracción y normal (SJÖSTRÖM, 1981).

En las maderas de fibra corta o latifoliadas, sólo pueden separarse dos tipos de hemicelulosa en cantidades significativas y por extracción alcalina directamente de la madera, ellas son los xilanos y los arabinogalactanos (SJÖSTRÖM, 1981).

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, mas que la suficiente adhesión mutua que es fortalecida por los puentes de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waals (FULLER, 1996).

Las hemicelulosas son importantes en la fabricación de pulpa ya que aumentan el rendimiento del proceso y la resistencia del papel. Algunas, como los arabinogalactanos, después de separados pueden constituir un subproducto de la fabricación de celulosa, y ser utilizadas como tensio activos



en la industria de tintas (GUARDIOLA Y AMPARO, 1995; KOTTES - ANDREWS Y REINHARDT, 1996).

#### **2.6.6. Lignina**

La lignina es una macromolécula (Figura 3) con un elevado peso molecular, presente en un 25 a 31% en la madera de coníferas y en un 17 a 26% en la madera de latifoliadas. Es un biopolímero constituido por unidades fenilpropano, resultantes de la oxidación de tres alcoholes aromáticos: p-cumaril, coniferil y sinapil (los precursores fenilpropánicos de la lignina, Figura 4), que son incorporados al polímero como unidades H (parahidroxifenil), G (guayacil) y S (siringil). Las ligninas difieren en la proporción relativa de los tres monómeros y éstos por su grado de metoxilación (SJÖSTRÖM, 1993; HIGUCHI, 1990).

La lignina es, de entre los compuestos principales de la madera, el más resistente a la degradación térmica y a los solventes químicos, presentando la menor higroscopicidad.

Es un compuesto termoplástico, característica relevante para la fabricación de productos de madera tales como tableros y madera densificada (DIAZ-VAZ, 2003).

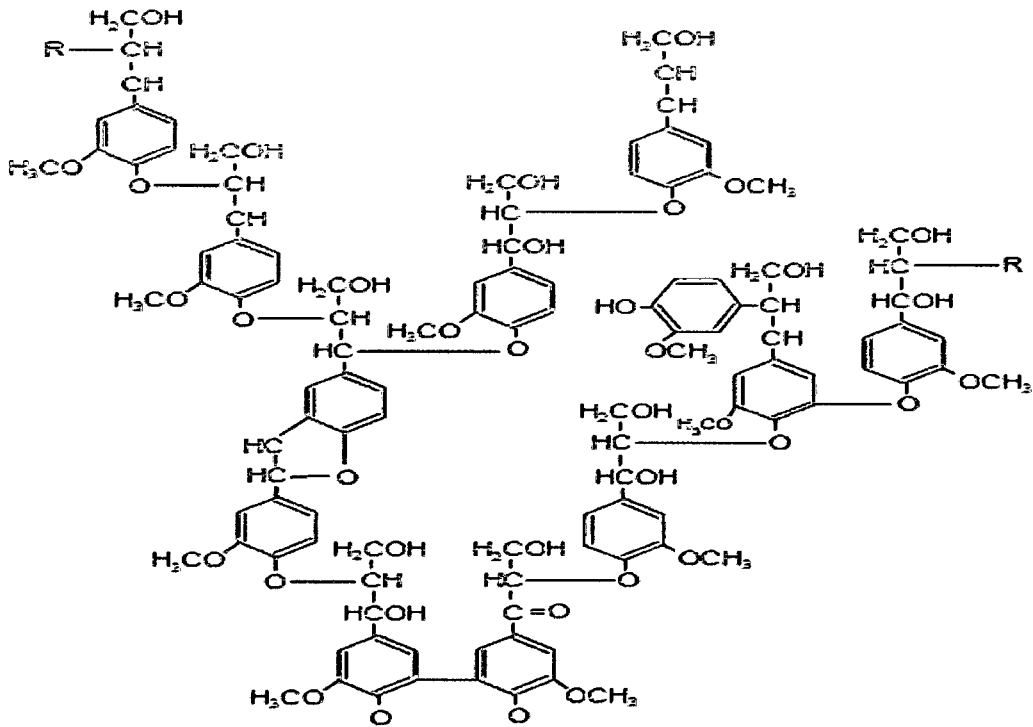


Figura 2. Representación esquemática parcial de la molécula de lignina de conífera, según (GOLD *et al.* 1989).

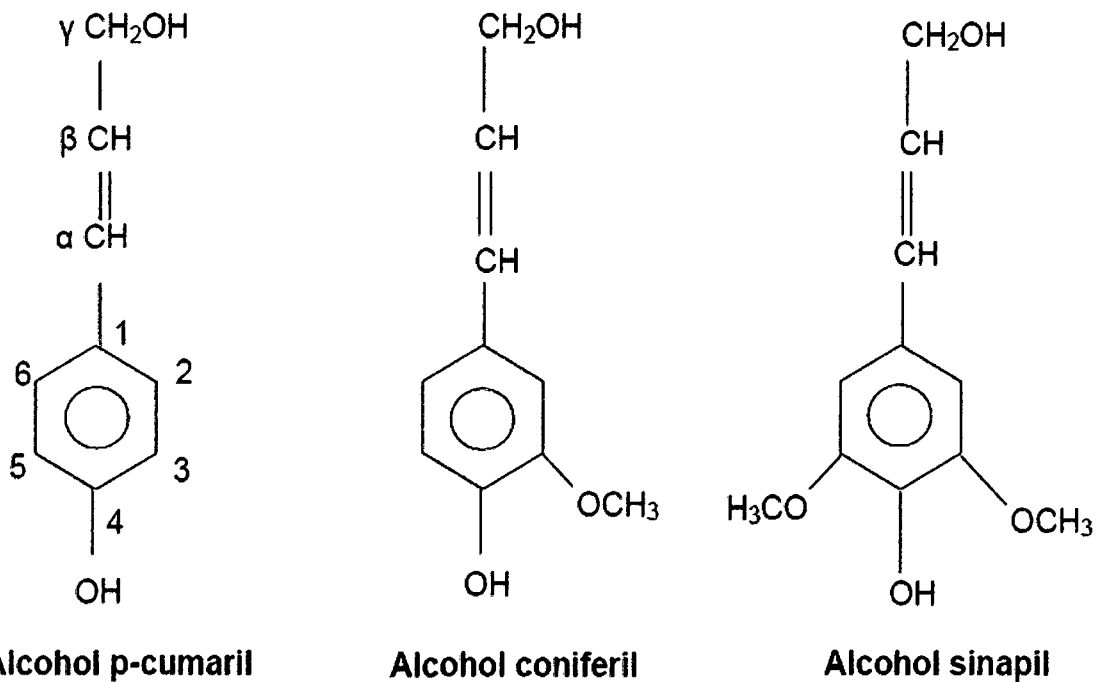


Figura 3. Monómeros fenilpropánicos precusores de la lignina, según (SJÖSTROM 1981).

Las ligninas son fracciones no carbohidratadas de la madera libres de extraíbles, extremadamente complejas y difíciles de caracterizar. Constituyen un polímero aromático, heterogéneo y ramificado, donde no existe ninguna unidad repetida definidamente. Las ligninas de la madera se clasifican en ligninas de coníferas y ligninas de latifoliadas (CARBALLO, 1990).

La madera de coníferas presenta ligninas del tipo G-H, con 85-90% de unidades aromáticas de guayacil, mientras que la madera de latifoliadas presenta ligninas del tipo G-S en razón de 1:5 aproximadamente (CARBALLO, 1990). Las ligninas 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. (BROWNING, 1967; CARBALLO, 1989).

Esta sustancia amorfa es localizada como componente de la lámina media y también en la pared secundaria. Durante el desarrollo de la célula, la lignina es incorporada como último componente de la pared celular interpenetrando las fibrillas y fortaleciendo la pared celular (FENGEL, 1984).

La lignina, cuya principal función en el árbol es mantener las fibras unidas, posee una estructura compleja que la hace poco deseable como constituyente de la pulpa, también confiere a la fibra un cierto grado de rigidez, dificultando algunos procesos (MELO Y PAZ, 1978).

### 2.6.7. Extraíbles

Los extraíbles representan un gran número de componentes orgánicos. El grupo más importante en términos de cantidad son los polifenoles y las resinas. Los polifenoles están presentes en angiospermas y gimnospermas, e incluyen a un gran número de componentes químicos orgánicos, entre estos los taninos. Estos materiales orgánicos están presentes en formas mezcladas (PANSIN Y DE-ZEEUW, 1970).

Distintas partes de un mismo árbol contienen distinta cantidad y composición química de extractivos. Los extractivos le dan a la madera color, olor, sabor y en algunos casos resistencia a la putrefacción. En general, se encuentran en una cantidad menor al 10% (SJÖSTRÖM, 1993).

Aproximadamente de 3-10 % de la madera seca está constituida por sustancias extraíbles. Para coníferas esta cifra oscila entre 5-8 % y para latifolias, entre 2-4 % (OTERO, 1988).

La extracción que se hace con una mezcla de dos partes de benceno y una parte de etanol. Con ella se extraen todas las sustancias de baja polaridad como resinas, ácidos grasos, hidrocarburos y parte de los taninos, en agua caliente se disuelve todos los extractivos que no son solubles en alcohol-benceno. Incluye el resto de los taninos, azúcares, aminoácidos, alcoholes, etc. Se considera que la suma de solubles en alcohol – benceno y agua caliente corresponde al total de extractivos que posee la madera (OTERO, 1988).

Los extraíbles pueden estar infiltrados completamente dentro de las paredes de las células, depositados en la superficie o tapando los lúmenes celulares, particularmente del duramen. En la madera se encuentran en proporciones muy bajas, que varían de 0,4 a 5,6% según la especie, aunque existen excepciones. Por ejemplo, se han reportado valores de entre un 20 a 25% de taninos en madera de quebracho *Schinopsis quebracho* colorado (PANSHIN Y DE-ZEEUW, 1970). A pesar de que la cantidad de extraíbles es muy baja, estos influyen en varias propiedades de la madera, como el olor y el color. Sin la presencia de los extraíbles, el reconocimiento macroscópico no sería posible, por lo que la madera se reconocería únicamente por un estudio anatómico microscópico (PANSHIN Y DE-ZEEUW, 1970).

Las maderas que poseen cantidades importantes de extraíbles, presentan cierto grado de resistencia natural al ataque de hongos e insectos, ya que los extraíbles incluyen compuestos tóxicos en su composición química que inhiben el ataque de estos. Además, influyen en la permeabilidad y en las propiedades físicas de la madera, como por ejemplo en la densidad básica, dureza y en la resistencia a la compresión (PANSHIN Y DE-ZEEUW, 1970). Los extraíbles se pueden agrupar de acuerdo al solvente utilizado para la extracción. Es así como se reconocen extracciones en agua fría, en agua caliente, en etanol-tolueno y en soda (DIAZ-VAZ, 2003).

La extracción en agua fría elimina las sales orgánicas presentes en los lúmenes celulares. Del mismo modo, se extraen los azúcares, gomas, galactanos, porciones de taninos y de pigmentos. Por otra parte, la extracción

en agua caliente incrementa los solubles con agua fría y además hidroliza algunos polisacáridos (DIAZ–VAZ, 2003). La extracción con alcohol-benceno elimina de la madera ceras, grasas, resinas, aceites, colorantes orgánicos, taninos, gomas e incluso materiales solubles en agua (DIAZ–VAZ, 2003). Los solubles en soda, esto es, hidróxido de sodio al 1%, corresponden a poliosas (pentosanos y hexosanos), productos de degradación de celulosa, de lignina y algo de resinas (DIAZ–VAZ, 2003).

En comparación con muchas otras especies, la madera de *Eucalyptus* tiene un alto contenido de extraíbles, que varía considerablemente según la especie. La cantidad de extraíbles fenólicos aumenta desde la médula hacia el exterior en el duramen, y disminuye en la albura. El mismo patrón de distribución se encuentra en todo el árbol, aún cuando los contenidos de extraíbles son menores en la parte superior (HILLIS, 1978).

La cantidad de extraíbles que posee el duramen es más del doble de la que posee la albura (RODRIGUES, 1974)

## **2.7. Duraminización**

La presencia de duramen es un tema que aun no tiene una explicación clara, existiendo interrogantes con respecto a su iniciación, periodicidad en su formación y fallas en la transformación de una parte de la albura. Debe hacerse notar que una parte de un determinado anillo de crecimiento puede estar en la albura y que otra puede estar presente en el duramen. Durante la diferenciación celular las células modifican sus

dimensiones y formas. En este proceso todas las células son modificadas, algunas en mayor medida que otras. La más notable es la muerte de las células parenquimáticas (DIAZ–VAZ, 2003).

En las maderas duraminizadas se produce una serie de modificaciones, aparte de la muerte de las células parenquimáticas. Estas dicen relación con: la durabilidad natural, la permeabilidad, la oclusión de las punteaduras en coníferas, la formación de tílides en latifoliadas, modificación de la composición de las sustancias volátiles y modificaciones en la composición y proporción de compuestos accesorios (DIAZ–VAZ, 2003). En el caso de los Eucaliptos ellos presentan un duramen mucho más ácido y resistente al ataque microbiológico que la albura, y su formación ocurre a temprana edad. Otro fenómeno a considerar en el duramen de estas especies es la presencia de tilosis en los vasos, lo que afecta el movimiento de líquidos dentro de la madera (PAZ Y PÉREZ, 1999). La duraminización y los cambios asociados a ella aparecen en aquellas células que ya tienen varios años de existencia. Los cambios comienzan en las células parenquimáticas.

En estas células, las sustancias de reservas que se han almacenado por un cierto tiempo son, en parte, responsables del inicio de la serie de transformaciones químicas, físicas y fisiológicas que caracterizan a este proceso de duraminización (DIAZ–VAZ, 2003).

En algunos casos, la presencia de duramen puede considerarse una respuesta a una alteración en alguna de las funciones metabólicas del

árbol, como por ejemplo cuando el vegetal es sometido a un factor de estrés. Así, la existencia de duramen congelado en algunos individuos debe su formación a un prolongado tiempo de exposición de este a bajas temperaturas. Según LARCHER (1983) luego de que el vegetal genera la respuesta al factor estresante vendría una fase de resistencia, en la cual la planta se adaptará al factor estresante, retornando la función metabólica a la normalidad. Si este factor de estrés continua presente por un largo tiempo, la planta llegará a un estado de agotamiento, en el cual su función puede modificarse nuevamente, o producir la muerte de ella en el caso que el factor estresante se mantenga.

### **2.7.1. Tipos de duramen**

Todas las especies inician la duraminización en algún momento de su desarrollo. Esto significa que todos los árboles pueden duraminizar, a pesar de que la duraminización no siempre signifique modificaciones perceptibles a simple vista o modificaciones en las propiedades de este material. A continuación se mencionan y caracterizan los principales tipos de duramen existentes (DIAZ-VAZ, 2003).

**Duramen coloreado:** Este tipo corresponde a una modificación notoria del color o tonalidad de la albura como resultado de la duraminización. Madera con este duramen es, por ejemplo, la de *Fitzroya cupressoides* (alerce), cuyo color café rojizo oscuro homogéneo contrasta notoriamente con el color amarillo claro que tiene la madera de albura. En algunas especies el duramen también puede tener una coloración heterogénea, con bandas irregulares de tono más oscuro como ocurre en algunos individuos de



*Nothofagus dombeyi* (coigüe).

**Duramen no coloreado:** Es este caso el duramen no presenta un cambio notorio de coloración luego de la duraminización. Este tipo de duramen se encuentra en *Araucaria araucana* (araucaria) y *Podocarpus sp.* (mañío), maderas que no tienen mayores diferencias de color entre duramen y albura.

**Duramen verdadero:** Se espera que con la duraminización la madera adquiera una serie de singularidades además de su coloración, entre las que se pueden mencionar una mayor durabilidad, reducción de la permeabilidad y diversos cambios físicos, químicos, anatómicos y fisiológicos. La presencia de estos cambios producen un duramen que permite denominarlo “duramen verdadero”.

**Duramen falso:** Contrario a lo anterior, algunas maderas muestran un tipo de duramen que, a pesar de presentar cambios en el color, no tiene las singularidades típicas que se esperan de un duramen verdadero, como por ejemplo mayor durabilidad y menor permeabilidad. A este tipo de duramen se le denomina “duramen falso”.

**Duramen obligatorio:** Otra forma de diferenciar los durámenes se relaciona con la presencia de ciertas características de la madera en los árboles, luego que estos alcanzan una cierta edad o diámetro. Al respecto, cuando todos los árboles de una especie a una edad o diámetro determinado presentan un duramen distinguible, se considera que tienen un duramen obligatorio. Este es el tipo de duramen que presenta la mayor parte de las

especies forestales chilenas.

**Duramen facultativo:** contrario a lo anterior, se le denomina árboles con duramen facultativo a aquellos en que, luego de cierta edad o diámetro, y en condiciones de crecimiento comparable, sólo algunos individuos de la especie presentan un duramen perceptible. La madera de *Laurelia philippiana* (tepa) puede catalogarse dentro de las que tienen este tipo de duramen.

**Duramen congelado:** es un duramen anormal e irregular formado en algunas especies de *Acer*, *Fagus sylvatica* y *Fraxinus excelsior* como una respuesta a los severos inviernos europeos de 1928-1929 y 1941-1942, cuando las temperaturas llegaron a ser inferiores a -30 °C (HILLIS, 1987).

**Duramen húmedo:** este último tipo de duramen se puede encontrar tanto en coníferas como en latifoliadas. El duramen húmedo se asocia a la presencia de bacterias que colonizan esta parte del árbol.

### 2.7.2. Diferenciación del tejido duraminizado

Poder distinguir el límite entre albura y duramen en especies de duramen coloreado es un trabajo fácil de realizar de manera visual, sin embargo, en algunas especies de duramen no coloreado, la albura y el duramen presentan el mismo color, por lo que no se distingue con facilidad el tejido duraminizado. En estos casos es necesario recurrir a tinciones diferenciales, las cuales intensifican las diferencias entre los dos tipos de

maderas, permitiendo así definir la frontera entre albura y duramen. Entre las tinciones conocidas se pueden mencionar: azul de bromo fenol, verde de bromo cresol, rojo de metilo, hematoxilina, tornasol, alizarina, rojo de clorofenol y rojo de fenol, entre otros (GIORDANO, 1971).

### **2.7.3. Variación del tamaño del duramen en los árboles**

El momento en que comienza la formación de duramen varía según la especie, en algunas se inicia a corta edad, mientras que en otras sólo se produce cuando se alcanzan edades mayores o diámetros de cierta envergadura. Tales diferencias también pueden presentarse dentro de individuos de una misma especie. Por otra parte, la variación del diámetro del duramen aumenta desde la base del árbol hacia el DAP, para luego decrecer con la altura en el fuste. No siempre es posible apreciar esta disminución a medida que se incrementa en altura. En madera de renovales de especies con duramen obligatorio y coloreado no se encontraron diferencias importantes del diámetro de duramen, entre las tres primeras trozas correspondientes a diferentes alturas en el fuste (DIAZ-VAZ, 2003). Además de la influencia de la edad y del diámetro, el duramen también es afectado por la posición sociológica de los árboles. En el caso de *Pinus radiata* (pino insigne) los diámetros de duramen en árboles dominantes son mayores, cualquiera sea la altura dentro del fuste, cuando se comparan con los diámetros de duramen en los árboles codominantes. Lo anterior podría asociarse a una mayor tasa de conversión de las sustancias que se transforman en la pared celular en el caso de los árboles dominantes, lo que incidiría en una más pronta aparición de duramen; en cambio, los codominantes transformarían menos y almacenarían

mayor cantidad de estas sustancias (DIAZ-VAZ, 2003).

## **2.8. Densidad básica**

La densidad básica o peso específico de la madera es el cociente entre el peso seco de una muestra de madera y su volumen verde o saturado (LIBBY, 1969) y depende de varios factores, muchos de ellos propios de cada especie y otros relacionados con el medio ambiente. Además, la densidad de la madera tiene relación con cada una de las propiedades físicas, mecánicas y químicas (PRADO Y BARROS, 1991).

MORALES, (1968) deduce que la madera más densa entrega mayor cantidad de material leñoso que la de menor densidad. La formación de madera tiene lugar durante los meses de primavera y verano. En zonas con clima templado, la razón principal de que aparezca el anillo de crecimiento está dada por la diferencia en el crecimiento entre las células formadas inicialmente y las constituidas al final del período de formación (DIAZ-VAZ, 1981).

La madera de primavera tiene densidad inferior a la madera de verano debido a que esta última posee fibras de paredes más gruesas y con un lumen más reducido (LIBBY, 1967). Una de las causas por las cuales la madera tiende a aumentar su densidad desde la médula hacia la periferia, es debido a la existencia de un corazón de madera inmaduro o juvenil presente en la parte central del árbol, donde la madera de primavera está presente en mayor cantidad, es decir, que existe un corazón de madera juvenil a todo el largo del árbol, y las características de esa madera se relacionan

estructuralmente con la edad (DANIEL *et al.*, 1982). El estudio de la densidad se hace importante cuando se relaciona estrechamente con el rendimiento por unidad de volumen que se puede obtener de una madera destinada como materia prima pulpable (CONSUEGRA, 1994).

La densidad de la madera presenta una gran influencia en muchas propiedades y procesos de conversión, incluyendo el aserrío, secado, encolado y en el rendimiento en la fabricación de pulpa y papel, siendo un buen indicador de la resistencia, dureza y durabilidad de la madera (PRADO Y BARROS, 1991).

### **2.8.1. Factores que determinan la densidad de la madera**

Existen algunos factores que inciden en la densidad de la madera, tales como la cantidad de madera de primavera y verano, tamaño de las fibras, espesor de pared, tipo y diámetro de células y contenido de extraíbles presentes en la madera. La presencia y cantidad relativa de estos últimos está a su vez influenciada por la edad de los árboles y su interacción con el medio ambiente (PRADO Y BARROS, 1991). Otros factores que también inciden en la densidad de la madera son el sitio y la heredabilidad; este último permite, además, un mejoramiento a través de la selección genética (PRADO Y BARROS, 1991).

### **2.8.2. Componentes minerales de las maderas**

Los componentes minerales generalmente son expresados como cenizas. Para el caso de las maderas de eucalipto, estos valores pueden

alcanzar desde 0,1% hasta 1,9%. DADSWELL, (1962), señala, que las variaciones en las sustancias minerales se pueden deber a la humedad no detectada en la madera y la fertilidad del suelo donde se desarrolla la planta.

La gran reabsorción de fósforo (P) y potasio (K), cuando la albura es transformada en duramen fue estudiada por Bamber, P.K., (1976) en el *E. grandis*, el contenido de fósforo fue entre 0,0103% y 0,0007% y el de potasio entre 0,1087% y 0,0238%. Cuando el duramen es formado en el *E. pelularis*, el fósforo puede variar de 0,0043% a 0,0005% y el de potasio entre 0,494% y 0,007%. Es conocido que la cantidad de sustancias inorgánicas en la madera depende del lugar de crecimiento del individuo, de la época de corte y de la posición de la muestra dentro del fuste, así como también las condiciones del suelo y la edad influyen en los contenidos de sustancias minerales según ROWELL, (1984) por eso los contenidos pueden variar considerablemente.

## **2.9. Investigaciones revisadas**

### **2.9.1. Análisis químico de maderas latifoliadas**

Los porcentajes estudiados están referidos a madera de masa constante; para los extractivos en alcohol benceno se ha encontrado un mínimo de 1.00 por ciento en Rosadillo y un máximo de 7.54 por ciento en especie desconocidas (Amberes); en extractivos en alcohol el mínimo corresponde a Rifari con 0.40 por ciento y el máximo de Yacushapana (*Buchenavia* sp.) con 2.72 por ciento; en extractivos en agua la Tangaran de altura tiene el mínimo, 1.40 por ciento. Sumado los contenidos de extractivos en alcohol – benceno y en agua el mayor porcentaje, 13.36 por ciento es el

Yacushapana (*Terminalia* sp.) y el mínimo, 2.85 por ciento el de Tangarana de altura blanca (BUENO *et al*, 1978).

El máximo porcentaje de celulosa se ha encontrado en Rosadillo, 56.43 por ciento, y el mínimo en Poroto Shimbillo, 44.22 por ciento. El mínimo de lignina corresponde a Huricapi, 20.33 por ciento y el máximo a Yacushapana (*Buchenavia* sp.) con 33.65 por ciento (BUENO *et al*, 1978).

En pentosanos el máximo porcentaje corresponde a Rifari con 18.18 por ciento, y el mínimo a Requia blanca con 9.40 por ciento. El mayor contenido de ceniza es de 2.83 por ciento en Chimucua y el mínimo es de 0.25 por ciento en Isma moena (BUENO *et al*. 1978).

### **2.9.2. Composición química de la *Tectona grandis***

Según ABARCA *et al.* (2005) caracterizó químicamente la especie *Tectona grandis* (Teca) de seis años de edad, proveniente de una plantación de Aguas Zarcas de San Carlos, Alajuela las muestras fueron molidas y tamizadas en una malla 40 mesh, recolectándose la fracción que pasó por ella y se realizaron los siguientes ensayos químicos: contenido de humedad, solubilidad en etanol al 95%, extractos totales, contenido de lignina, contenido de cenizas a 525 °C, solubilidad en NaOH al 1% y solubilidad en agua caliente y en agua fría. Además, se realizó un análisis químico elemental mediante espectroscopia de absorción atómica para determinar y cuantificar: N, P, Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn, Cr y S; y se determinó el contenido de sílice como SiO<sub>2</sub>.

*Tectona grandis* presentó contenidos en base seca de: 64,8 % de holocelulosa, 30,0 % de lignina, 1,0 % de cenizas y 4,3 % de extractos totales. Las solubilidades en agua caliente y fría fueron muy similares entre sí, de 1,6 % y 1,5 % respectivamente, mostrando un bajo contenido de almidones. El contenido de solubles en NaOH 1% fue de 11,0 %, siendo éstos en su mayoría hemicelulosa. Dentro de las sustancias extraíbles, la mayor cantidad de ellas fueron solubles en etanol al 95°, representando en promedio 3,4 % de la madera.

### **2.9.3. Variación de la composición química en albura, duramen y altura de madera pulpable de *Eucalyptus globulus* proveniente de monte alto y monte bajo.**

Para la realización de este estudio se emplearon rodajas de madera pulpable de *Eucalyptus globulus*, de 5 cm de espesor y diámetro que varió entre los 8 y 25 cm, a una distanciada 2,44 m. entre rodajas (longitud del metro ruma). Este procedimiento continuó hasta obtener una rodaja de 8 cm de diámetro, considerado éste como el mínimo diámetro comercial siendo el primero el mínimo diámetro comercial que utiliza Bosques Arauco, empresa que suministró el material para la investigación. Estas rodajas fueron extraídas de diez árboles provenientes de dos rodales, cada uno con diferente tipo de manejo; cinco individuos de monte alto y cinco de monte bajo. El presente trabajo consistió en caracterizar la composición química de madera pulpable de *Eucalyptus globulus*, de manera de establecer parámetros que faciliten el proceso de pulpaje. Se determinó además, la densidad básica y el porcentaje de duramen (BARAHONA 2005). Para llevar a cabo este estudio se utilizó madera proveniente de monte alto y de monte bajo, considerándose las



variables altura, albura y duramen. Los árboles fueron obtenidos de rodales ubicados en la provincia de Arauco, materia prima que emplea la empresa Bosques Arauco para el abastecimiento de la planta de celulosa (BARAHONA 2005).

En cuanto al procedimiento experimental, se trabajó con la norma NCh 176/2 para determinar la densidad básica. El volumen porcentual de duramen se obtuvo midiendo el volumen de duramen con respecto al volumen total del árbol, y la composición química de la madera se determinó de acuerdo a los procedimientos indicados en las normas TAPPI (Technical Association of Pulp and Paper Industry) (BARAHONA 2005).

Los resultados obtenidos indican que el contenido de  $\alpha$ -celulosa disminuye con la altura de la albura, tanto en monte alto como en monte bajo, encontrándose valores mayores de este componente en la albura que en el duramen. En relación al contenido de holocelulosa en monte alto, este no presenta variaciones importantes con la altura, ni en albura ni en duramen. En el caso de monte bajo sí se detectaron algunas diferencias en el contenido de holocelulosa con la altura en la albura, no así en el duramen. Si se analiza el contenido de lignina en monte alto al aumentar la altura, este no presenta diferencias en la albura, sin embargo, disminuye en el caso del duramen. Para monte bajo el contenido de lignina, en términos generales, es creciente con la altura. Además, el contenido de lignina es mayor en el duramen que en la albura, en ambos tipos de manejo (BARAHONA 2005).

El contenido de extraíbles al aumentar la altura es creciente en la albura de monte alto, y decreciente en la de monte bajo. En el duramen de ambos tipos de manejo los valores son, en general, decrecientes con la altura. Así también, el porcentaje de extraíbles es mayor en el duramen que en la albura, tanto en monte alto como en monte bajo (BARAHONA 2005). El volumen porcentual de duramen fue, en promedio, de 37,16% para monte alto y 45,84% para monte bajo. Además, no fue posible establecer una relación clara entre el volumen porcentual de duramen y la altura total del árbol. La densidad básica en monte alto fluctuó entre 0,418 g/cm<sup>3</sup> y 0,677 g/cm<sup>3</sup>. En monte bajo los valores oscilan entre 0,410 g/cm<sup>3</sup> y 0,734 g/cm<sup>3</sup>. En ambos tipos de manejo esta propiedad presenta valores crecientes, tanto de medula (duramen) a corteza (albura) como al aumentar en altura (BARAHONA 2005).

#### **2.9.4. Exploración básica de propiedades químicas como pH, cenizas y contenido de extraíbles de la madera de tres especies de eucalipto.**

Se estudiaron árboles de *E. citriodora*, *E. robusta* y *E. saligna* de siete años de edad. Se tomaron dos rodajas a diferentes alturas de árboles; los valores de porcentaje de contenido de cenizas fueron para la parte baja del árbol 0.33 en *Eucalyptus citriodora*, 0.28 para *E. robusta*, y 0.45 para *E. saligna* en albura, en duramen se obtuvieron valores de 0.50 en *E. citriodora*, 0.26 en *E. robusta* y 0.15 para *E. saligna*. Para la parte alta del árbol en albura se encontraron valores de 0.35 en *E. citriodora*, 0.27 en *E. robusta*, y 0.47 en *E. saligna*, el duramen reporto 0.43 para *E. citriodora*, 0.23 para *E. robusta* y 0.16 en *E. saligna* (RUTIAGA *et al.* 2005).

Se encontró que la especie con mayor porcentaje de cenizas es *Eucalyptus citriodora*, seguida de *E. saligna* y por último *E. robusta* con el menor porcentaje. Por otra parte el contenido de cenizas no presentó diferencia alguna con respecto a la altura de la cual se tomó la muestra. Para el caso de la zona de estudio como es la albura y el duramen el porcentaje mayor se encuentra en la albura teniendo diferencia significativa por encima del duramen (RUTIAGA *et al.* 2005).

#### **2.9.5. Densidad básica, longitud de fibras y composición química de la madera de una plantación de *Eucalyptus globulus* en la provincia de buenos aires, argentina**

Según MONTEOLIVA *et al.* (2005) el objetivo de la investigación fue desarrollar la etapa inicial de la caracterización de una plantación comercial de *Eucalyptus globulus spp. globulus* implantada en la provincia de Buenos Aires, Argentina, en términos de densidad básica, longitud de fibras, contenido de celulosa y de extractivos en alcohol benceno y agua caliente para su utilización como materia prima en el pulpado Kraft. Se realizó el muestreo destructivo de 10 árboles de una plantación de 7 años en el partido de Necochea, Provincia de Buenos Aires. Se cortaron cuatro rodajas sobre 5 alturas de muestreo en el fuste: la base (0,30 cm), la altura de pecho y el 30%, 50% y 75% de la altura máxima de muestreo. El valor promedio de la densidad para los 10 árboles involucrados fue de 0,549 Kg/dm<sup>3</sup> (+/- 0.033), con rangos entre 0,490 Kg/ dm<sup>3</sup> (+/- 0.036 ) y 0,608 Kg/dm<sup>3</sup> (+/- 0.046 ), siendo estas diferencias importantes para la industria consumidora.

Los resultados muestran como tendencia general un aumento de la densidad en función de la altura a la que se tomó la muestra, lo que es un patrón hallado en otros trabajos. La longitud de fibras registró un valor promedio de 863.79  $\mu\text{m}$  (+/- 230.1) con un rango entre 773.68  $\mu\text{m}$  (+/-181.3) y 907.32  $\mu\text{m}$  (+/- 168.2). Estas magnitudes son algo mayores que las esperadas para plantaciones de 7 años. La tendencia general de variación dentro del árbol muestra una disminución de la longitud de fibras desde la base hacia el ápice y un aumento desde posiciones radiales interiores (médula) hacia posiciones más externas (corteza), patrones similares a los hallados en la bibliografía. Los contenidos de celulosa oscilaron entre 40,9 y 45,5% sobre madera seca original. Se hallaron valores de solubilidad en alcohol benceno y agua caliente del orden de 1,6% a 2,5% y 0,4% a 3,0% respectivamente sobre madera seca.

En general los valores se hallan dentro de los rangos mencionados en la literatura. La variabilidad hallada entre árboles para todos los parámetros genera una alentadora perspectiva para el mejoramiento genético de la especie en la región buscando asegurar la provisión de una materia prima apropiada para la industria del papel.

El promedio general del total de extractivos de los diez árboles resultó de 4,16% sms (sobre madera seca), y un rango de 2,3 a 5,4 sms. Estos valores son corrientes para los *Eucalyptus* comerciales (38) (39)(40), aunque se encuentran valores menores (41) (42) (43). Los datos de variabilidad entre árboles son comparables a los hallados por Pereira & Sardinha para diez

individuos de *E. globulus* de diez años de edad implantados en Portugal (40) y por Miranda & Pereira para 37 procedencias de *E. globulus* (37) la variabilidad hallada entre árboles fue considerable teniendo en cuenta su uso papelerero, dado que en el caso de extractivos en agua caliente el valor mayor fue ocho veces el menor. Este amplio rango se debe principalmente al nivel muy bajo de extractivos en agua caliente, 0,4%, que mostró el árbol 12, aunque excluyéndolo del análisis, el rango siguió siendo importante. El valor de 0,4% es inusual en este tipo de sustancias. Su validación requirió una repetición que arrojó un valor semejante, observándose además que el extracto era mucho más claro que el de los árboles restantes

Los tenores de celulosa de los 10 árboles analizados, registraron valores entre 40,9% y 45,5%, con un promedio de 43,2 %, corregidos para madera original. Como en el caso de los extractivos, estos valores son normales para los *Eucalyptus* comerciales (38) (42) (40) (37) (12).

Se puede destacar que, hay una variabilidad importante entre los individuos, y este hecho, si bien en principio es desfavorable para la industria papelera, que busca una materia prima de propiedades constantes, puede ser de interés en el marco de un futuro mejoramiento genético del *E. globulus* a implantar en la región del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Resultarían selectos, desde el punto de vista de la composición química árboles como los números 12 y 17 que registraron bajos valores de extractivos y alto nivel de celulosa, a diferencia de los números 15 y 20 que mostraron en su composición la combinación contraria (MONTEOLIVA *et al.* 2005).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Lugar de extracción del material biológico

Se encuentra ubicado en la Cuenca del Río Aguaytía aguas abajo de la confluencia del antiguo delta del Río Yuracyacu y la desembocadura de la Microcuenca Cedruyo, formando parte del sistema hidrográfico de la cuenca del Amazonas, la ubicación más preciso a 1.7 Km. tierra adentro del margen derecho del Río Aguaytía a la altura de la carretera Federico Basadre (Anexo 7).

Departamento : Ucayali.  
Provincia : Padre Abad.  
Distrito : Padre Abad.

Cuadro 3. Ubicación de extracción del material biológico

UTM – Zona 18 wgs84			
A	B	C	D
Norte/Oeste	Norte/Este	Sur/Oeste	Sur/Este
445 650	446 180	445 650	446 195
9 002070	9 002100	9 001550	9 001630

#### 3.2. Lugar de Ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio

de Fitoquímica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables localizada en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

### **3.3. Materiales y Equipos**

#### **a). Material biológico**

Especie *Acrocarpus fraxinifolius* Arn. "Cedro Rosado"

#### **b). Material y equipos de Campo y Transformación**

Motosierra, wincha de 5 metros, cinta diamétrica, sogas de 50 metros, machetes, sierra disco, plumones indelebles, libreta de apuntes, GPS, cámara fotográfica.

#### **C. Material de Laboratorio**

Tamizadores de 40-60 de granulometría, molino de madera, balanza electrónica de precisión 0.0001, equipo Soxhlet, matraces, termómetro, espátulas, papel filtro, los reactivos usados son agua destilada, solución de NaOH al 0.0250 N., solución de HCl al 0.0250 N., ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), cloruro de sodio (NaCl) alcohol, benceno  $C_6H_6$ .

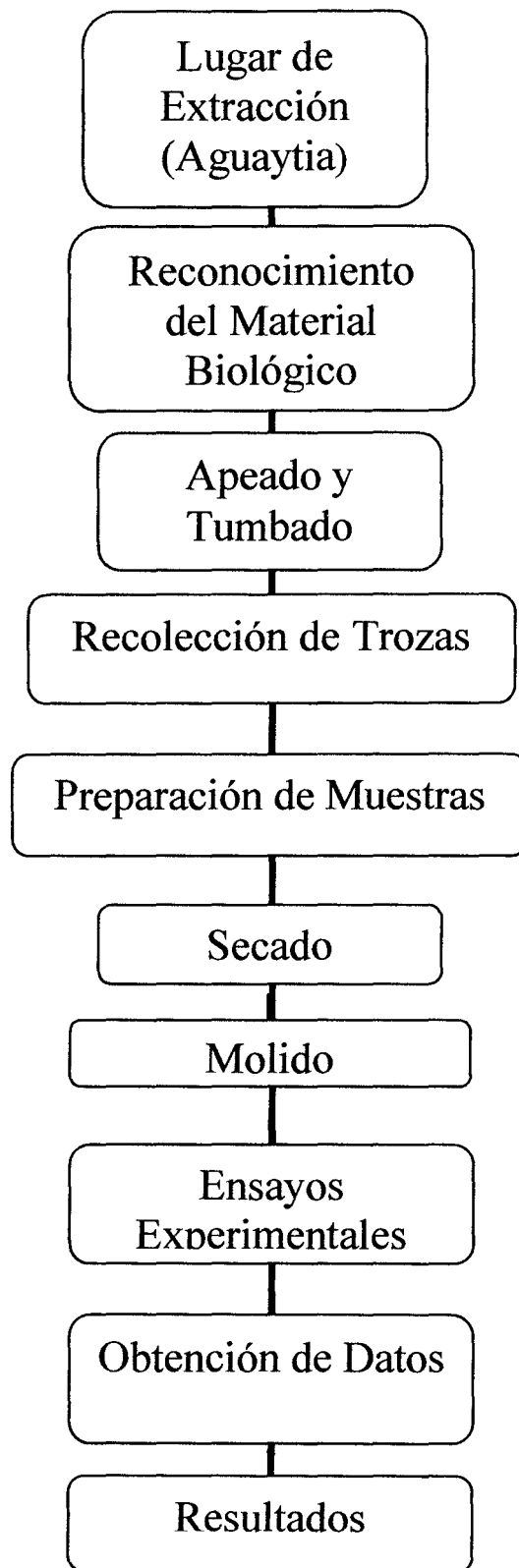


Figura 4. Flujograma de actividades.



### **3.4. Metodología.**

#### **3.4.1. Obtención de Muestras**

Las muestras de cada especie se han obtenido de la primera troza cortada a 30 cm del suelo y después seccionada a 2.60 m. de acuerdo con la norma TAPPI T 257-os 76, se cortaron 3 rodajas de 2 pulgadas de diámetro conforme especifica la norma. Las rodajas se cortó de la siguiente forma: una del centro y las otras dos aproximadamente a 15 cm de cada extremo cortado. Posteriormente, las rodajas se han descortezado. Se trabajaron con una mezcla de albura-duramen, se astilla, secándose después al aire libre. Una vez que las astillas estén secas, se muelen en un molino tipo Wiley y se pasa a través de una malla No. 40 y una malla No. 60

De acuerdo con la norma TAPPI T 12 os-75, la madera para la mayor parte de los análisis químicos debe estar libre de extractivos; por lo cual la madera molida se sometió a un proceso de extracción por 4 horas con una mezcla recién preparada de etanol-benceno (1:2 v/v), seguido de un lavado con etanol aplicando vacío y de otra extracción con etanol benceno al 95% durante 4 horas o hasta que la solución resulta incolora. Después se lava 5 veces con agua destilada por períodos de una hora y se deja secar al aire libre.

Siguiendo la misma norma, se determina el contenido de humedad de la madera libre de extractos. Tal determinación consistió en pesar 4 gramos de muestra en un crisol de peso conocido. Posteriormente la muestra se secó en un horno a  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$  – durante 2 horas, se deja enfriar en un desecador y

se vuelve a pesar. Se continúa secando en el horno por períodos de 1 hora hasta que se obtiene un peso constante.

### 3.4.2. Determinación de extractivos (Solubles en etanol-benceno)

La determinación de extractivos solubles en etanol-benceno es de acuerdo con la norma TAPPI 204 os-76. Aproximadamente 4 gr. de madera molida anhidra se deposita en un dedal de extracción. El dedal se colocó en un equipo de extracción tipo Soxhlet con 150 ml. de una mezcla de alcohol-benceno (1:2 v/v) y se ajusta el calentador de tal forma que la velocidad de evaporación reciclara el solvente 6 veces por hora. Después de 6 horas, el solvente se evaporó a un volumen de 20 a 25 ml. y se transfirió el extracto a un crisol de peso conocido, lavándose con pequeñas cantidades de solvente fresco. Después se seca por 1 hora a  $105 \pm 3$  C. Una determinación en blanco se lleva a cabo para conocer el peso del residuo del solvente. El porcentaje de extractivos se calcula:

$$(\%) \text{ de extractivos} = \frac{(M_{rs} - M_a)}{M_a} * 100$$

**Ma**

Ma = Masa anhidra de la muestra Mrs = Masa anhidro del residuo

### 3.4.3. Determinación de Celulosa

La determinación de celulosa se llevo a cabo de acuerdo a la norma TAPPI T 203 os-74. En la madera la celulosa se encuentra asociada a la lignina, ésta se comporta como una sustancia cementante el cual atrapa a la fibra de celulosa. Para aislar a la celulosa se procedió a disolver la lignina con

una mezcla nitro-alcoholica, esta mezcla transforma a la lignina en productos nitro fenolicos solubles en alcohol e insoluble en agua. El alcohol se utilizó para proteger a la celulosa de la acción del ácido nítrico.

Se procedió a pesar 5 gramos de nuestra madera en la balanza de precisión, se determinó la masa constante ( $k$ ), se colocó la muestra pesada en un balón de 250 ml. Con refrigerante a reflujo, en un vaso de precipitación, se tomó 25 ml. De ácido nítrico y se agrego 100 ml. De alcohol y se vertió al balón, se llevo a ebullición suave en baño de maría durante una hora.

Se pesó un crisol filtrante nº 2 se decantó el liquido sobrenadante con ayuda de una bomba de vacío, se agregó 125 ml. De la mezcla nitro alcoholica y luego de una hora de ebullición suave, se filtró con la bomba de vacío, nuevamente se repite el procedimiento por tercera vez, en esta ocasión se lava el residuo con agua desionizada y secó en la estufa a  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se procedió al pesado.

$$\% \text{ de celulosa} = \frac{(M_{cel} - M_{cen})}{M_a} * 100$$

**$M_a$**

$M_{cel}$  : Masa bruta de la celulosa ;  $M_{cen}$ : Masa de la ceniza;  $M_a$  : Masa anhidra de la muestra

#### **3.4.4. Determinación de Lignina**

Se utiliza la norma TAPPI T 222 os-74 para determinar el contenido de lignina. La lignina está ligada a la celulosa para separarla se

procedió primero a hincharla en una primera preparación del ácido sulfúrico cuya concentración es insuficiente para hidrolizar a la celulosa, para hidrolizarla se le agregó este ácido sulfúrico a mayor concentración.

Se tomó 5 gramos de muestra sin extractivos, se determinó la masa constante se introdujo en un vaso de 250 ml., se agregó 50 ml. del primer ácido mezclando con la muestra que quede de manera homogénea, se le enfrió en un recipiente con agua y hielo, se le agregó lentamente el ácido 2 la mezcla del título subió a 72% se le dejó en reposo de 24 horas a una temperatura de entre 5 °C a 21 °C luego se le pasó a un recipiente de 1000 ml. y se le agrega 450 ml. de agua destilada luego se le llevó a una ligera ebullición de 10 minutos recubierto de una luna de vidrio, se le enfrió y filtró sobre un embudo buchner provisto de dos filtros superpuestos después se le tara los pesa filtros y se les colocó en la estufa hasta el peso constante, una vez filtrado se les lavó varias veces hasta quitar el ácido, para eliminar por completo el anión sulfato se le aplicó cloruro de bario, luego se le introduce en el pesa filtro en temperatura de 102 °C +- 3 °C hasta masa constante.

$$\% \text{ Lignina} = \frac{(Mlg - MCen)}{Ma} * 100$$

**Ma**

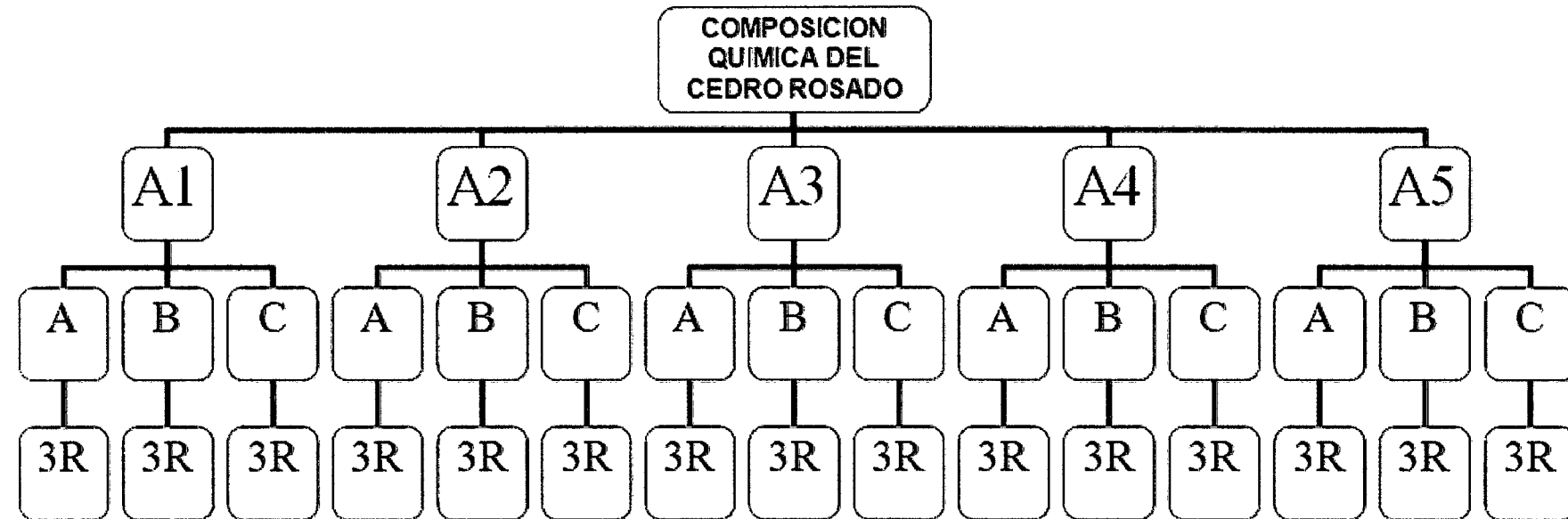
Mlg: Masa bruta de la lignina; Mcen: Masa de la ceniza; Ma: Masa anhidra de la muestra

### 3.4.5. Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se usó la norma TAPPI T 15 os-

58. Se toman 5 gr. de madera libre de extractos, colocándose en un crisol de peso conocido. La madera se seca hasta obtener un peso constante. Después se le quema directamente con una flama hasta que ésta desaparece y se introduce en una mufla a  $575 \pm 25$  °C durante un período de 3 horas ó hasta que todo el carbón hizo combustión, indicado por la desaparición de partículas negras. La muestra se deja enfriar en un desecador y se pesa. El porcentaje de cenizas se calcula en base al peso anhidro de la muestra.

## 3.5. DISEÑO INVESTIGACION

**Leyenda:**

A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup>, A<sup>4</sup>, A<sup>5</sup>, = nº de árboles

A, B y C = Altura del árbol (A = baja; B = media; C = alta)

3R = 3 repeticiones.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo es de la Composición Química del *Acrocarpus fraxinifolius*, “cedro rosado”; contenido de humedad, porcentaje de celulosa, porcentaje de lignina, porcentaje de ceniza. Los datos obtenidos de los cinco (5) árboles en el laboratorio fueron adecuadamente tabulados y procesados, se analizaron los promedios de las variables

### 4.1. Composición química del *Acrocarpus fraxinifolius* a diferentes niveles

En el cuadro 4, composición química del *Acrocarpus fraxinifolius* en diferentes niveles.

Cuadro 4. Composición química del *Acrocarpus fraxinifolius* a diferentes niveles.

Composición Química (%)	NIVELES		
	A	B	C
Contenido de Humedad.	10,1408	9,3200	9,9372
Extractivos	11,5495	10,5809	9,8141
Celulosa	57,4324	57,8501	58,0406
Lignina	26,8141	27,1510	27,1802
Ceniza	1,2096	1,2076	1,0217

#### **4.1.1. Contenido de humedad a diferentes niveles**

Se observó en los promedios de contenido de humedad, los niveles A, B y C existe poca variación, el promedio del Contenido de Humedad es: en la base (A) 10.1408 %, en el medio (B) 9.3200 %, y en el ápice 9.9372 % siendo A y C similares y B ligeramente diferente.

#### **4.1.2. Contenido de extractivos a diferentes niveles**

El promedio de extractivos es; en la base (A) 11,5495 % medio (B) 10,5809 % y el ápice (C) 9,8141 % es descendente de la base al ápice, según SJOSTROM (1993) menciona que a distintas partes de un mismo árbol contiene distintas cantidades y composición química de extractivos.

Con relación de los extractivos a la altura según PASNHINY, DE-ZEEUW (1970) menciona que los extraíbles pueden estar infiltrados completamente dentro de las paredes de la célula depositados en la superficie o tapando en los lúmenes celulares particularmente en el duramen y según HILLIS, (1978) que menciona que en la madera de eucalipto tiene un alto contenido de extractivos, la cantidad de extraíbles fenólicos es mayor en el duramen y disminuye hacia la albura y el mismo patrón de distribución se observa en el todo el árbol y disminuye en la altura lo que explica la disminución de extractivos es la reducción del duramen hacia el ápice según DIAZ – VAZ (2003) la variación del diámetro del duramen varia hacia DAP para luego decrecer con la altura del fuste, siendo el duramen el de mayor contenido de extractivos es lógica su disminución hacia el ápice(C).



#### **4.1.3. Contenido de celulosa a diferentes niveles**

Se observa los promedios de celulosa, base (A) 57,4324 %, medio (B) 57,8501 % y el ápice (C) 58,0406 %, existe una mínima variación en forma ascendente de la base hacia el ápice contradiciendo lo dicho por PEREIRA (1991) y SARDINHAS (1979) al estudiar la composición química del *E. globulus labill* en España menciona que los componentes de la pared celular existe una ligera disminución con respecto a la altura del contenido de celulosa, y coincide con BARAHONA (2005) que nos indica que la albura y el duramen disminuye con respecto a la altura y que la albura contiene mayor contenido de celulosa que el duramen, pero según ONA (1995) que el comportamiento es relacionado con las condiciones climáticas en donde crecen las plantas así como las propias características genéticas de la especie en particular; los resultados son variables a la especie, el medio donde se desarrollan y considerando que la variación a lo largo del fuste es casi nula, se considera la homogeneidad de la celulosa es el resultado .

#### **4.1.4. Contenido de lignina a diferentes niveles**

Se observa los promedios de lignina en la base (A) 26,8141 % en el medio (B) 27,1510 % y el ápice (C) 27,1802 %, teniendo un incremento mínimo ascendente que concuerda con BARAHONA (2005) al analizar el contenido de lignina en monte bajo, el contenido de lignina, en términos generales, es creciente con la altura. Además, el contenido de lignina es mayor en el duramen que en la albura; lo que implica un aumento de lignina en la albura de forma ascendente, pero al ser un incremento mínimo se puede

considerar que existe homogeneidad de lignina a lo largo del fuste.

#### 4.1.5. Contenido de ceniza a diferentes niveles

Se observa los promedios de ceniza en la base (A) 1,2096 medio (B) 1,2076 y en el ápice (C) 1,0217 en los niveles A y B se muestran similares y en el nivel C disminuye considerablemente, según RUTIAGA *al et.* (2006) en algunos casos presenta una disminución con la altura y en otros se mantiene, lo que representa la característica de cada especie que concuerda con lo mencionado por ROWELL (1984) la cantidad de sustancias inorgánicas en la madera depende del lugar de crecimiento del individuo la época de corte la posición de muestra dentro del fuste así como la condición de suelo y la edad. Siendo el ápice la parte más joven del árbol es la parte menos desarrollada o la que se desarrolla después de las demás partes del fuste.

#### 4.2. Composición química del *Acrocarpus fraxinifolius* por árbol

Cuadro 5. Variabilidad de la composición química del *Acrocarpus fraxinifolius*.

Composición Química (%)	NIVELES				
	A1	A2	A3	A4	A5
Contenido de Humedad.	10,1713	9,1573	10,4753	9,5747	9,6180
Extractivos	10,5562	11,0644	10,2391	10,7681	10,6129
Celulosa	56,5546	58,1233	57,1629	58,3433	58,6877
Lignina	26,4887	26,8239	27,5011	26,9475	27,4809
Ceniza	0,9980	1,0353	1,5512	1,0115	1,1355

#### **4.2.1. Variabilidad de la composición química del *Acrocarpus fraxinifolius*.**

En el cuadro 5 de la variabilidad de la composición química del *Acrocarpus fraxinifolius* "cedro rosado" se observa una variabilidad mínima, para el contenido de humedad, los valores oscilan de 9,1573 % a 10,4753 % para extractivos 10,2391 % a 11,0644 % para celulosa de 56,5546 % a 58,6877 % para lignina de 26,4887 % a 27,5011 % y para ceniza 0,9980 % a 1,5512 % , de los valores mencionados el de la ceniza es el valor que mas variabilidad presenta en el árbol N° 3.

Los valores obtenidos nos demuestra que la plantación de donde se extrajo la muestra, son árboles seleccionados por la homogeneidad de sus características lo que es contrario a un bosque natural donde la variabilidad es grande, Según HILLIS, (1978) que estudió 260 árboles plus de *Eucaliptus globulus* y el contenido de celulosa vario de 30 a 57 % con de 47%; pero según MONTEOLIVA, (2002) la variabilidad es desfavorable para la industria papeleras que buscan una materia prima de propiedades constante.

#### **4.3. Composición química del *Acrocarpus fraxinifolius* promedio total**

En el cuadro 6 de la composición química del *Acrocarpus fraxinifolius*, promedio total, se trabajó con los promedios generales.

Cuadro 6. Composición química del *Acrocarpus fraxinifolius* promedios total

Composición Química (%)	PROMEDIO TOTAL		
Contenido de Humedad.	9,7993		
Celulosa	57,7743		
Lignina	27,0484		
Ceniza	1,1463		
Extractivos	%E H <sub>2</sub> O	%E Al-Ben	Prom. Total
	3,7816	6,8660	10,6481

#### 4.3.1. Contenido de humedad total

En el cuadro 6 de promedios totales se observa el valor total del contenido de humedad es de 9,7993 % según Grigoriev manifiesta que el contenido de humedad en la madera se hace solo teniendo en cuenta los valores del agua libre y de saturación, es decir que comercialmente la madera esta anhidra al 6% de contenido de humedad de la madera.

#### 4.3.2. Contenido de extractivos total

En el cuadro 6 de promedios totales, se observa los valores, el contenido de extractivos con agua caliente (H<sub>2</sub>O) 3,7816, el contenido de extractivos con alcohol benceno 6,8666 y el contenido de extractivos totales; la extracción con agua caliente disuelve sales orgánicas, azúcares, gomas, galactanos, porciones de taninos y pigmentos e hidroliza algunos polisacáridos y la extracción con alcohol-benceno elimina de la madera ceras, grasas,

resinas, aceites, colorantes orgánicos, taninos, gomas e incluso materiales solubles en agua (DÍAZ-VAZ, 2003). La suma de estos dos procesos de extracción es 10,6481 %, según OTERO, (1988) se considera que la suma de solubles en alcohol – benceno y agua caliente corresponde al total de extractivos que posee la madera.

SJÖSTRÖM (1993) menciona las distintas partes de un mismo árbol contienen distinta cantidad y composición química de extractivos. Los extractivos le dan a la madera color, olor, sabor y en algunos casos resistencia a la putrefacción, se considera que el contenido de extractivos se encuentra por debajo de 10%. En este caso en particular se encuentra por encima del promedio y por lo mencionado por el citado autor se consideraría que es una madera moderadamente resistente a la putrefacción, según PASHIN Y DE-ZEEWN (1970) menciona que se encuentren valores de 20 a 25% de extractivos en quebracho "*Schinopsis quebracho*" que representa la mayor cantidad encontrada.

#### **4.3.3. Contenido de celulosa total**

El contenido de celulosa total en la madera de *Acrocarpus fraxinifolius* "cedro rosado", se encontró el valor de 57,7743 % siendo una especie de rápido crecimiento, joven, semillas seleccionadas y de tierras aluviales el valor es óptimo, superando los valores reportados por BUENO *et al*, (1978) entre 52 especies peruanas que se encontró un máximo de 56,43% en

la especie de rosadillo *Guateria sp.* el valor encontrado representa un gran potencial por su alto contenido de celulosa para la industria papelera.

ONA, (1995) sugiere que el contenido de celulosa está relacionado con las condiciones climáticas en que la plantación crecen así como su característica genética de la especie; las características idóneas han resultado favorables para obtener este valor.

#### **4.3.4. Contenido de lignina total**

En el porcentaje de lignina total de los análisis realizados, se observa un total de 27,0484 % según BROWNING (1967) Y CARBALLO (1989) su composición depende de muchos factores entre ellos el método utilizado para aislar, la especie que se estudie la edad, parte del árbol condiciones ambientales en que se desarrolla, según DIAZ-VAZ (2003) la lignina es, de entre los compuestos principales de la madera, el más resistente a la degradación térmica y a los solventes químicos, presentando la menor higroscopicidad. Es un compuesto termoplástico, característica relevante para la fabricación de productos de madera tales como tableros y madera densificada, lo que significa que un compuesto limitante para la industria pero el valor encontrado es moderado, según BUENO *et al* (1978) su característica se asemejan a la de Sacha casho "*Anacardium excelsun*" del 27,25 % de lignina de entre 52 especies peruanas.

Es un valor moderado, lo que dificultaría en cierto grado para su

aprovechamiento según MELO Y PAZ, (1978) la lignina, cuya principal función en el árbol es mantener las fibras unidas, posee una estructura compleja que la hace poco deseable como constituyente de la pulpa, también confiere a la fibra un cierto grado de rigidez, dificultando algunos procesos para la industria papelera.

#### 4.3.5. Contenido de ceniza total

En el porcentaje de ceniza total de los análisis realizados, se observa un total de 1,1463 %, según BUENO *et al* (1978) de 52 especies peruanas señalan valores de 0.25 a 2.83 estando dentro del promedio el resultados hallados según DAWELL (1962) , ROWELL (1984) los valores pueden alcanzar desde 0,1 hasta 1,9 en el Eucalipto, las variaciones en las sustancias minerales pueden deberse a la humedad no detectada en la madera y la fertilidad del suelo, variar por el lugar de crecimiento, la época de corte y la posición de la muestra en el árbol las condiciones del suelo, edad.

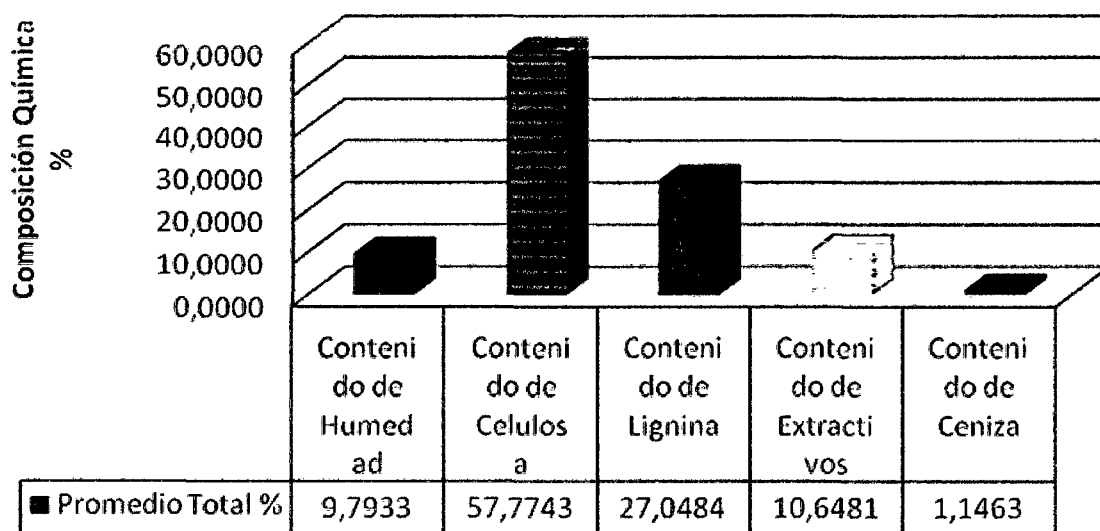


Figura 5. Composición química Total del *Acrocarpus fraxinifolius*

## V. CONCLUSIONES

1. El promedio total del contenido de celulosa encontrando en el *Acrocarpus fraxinifolius* "cedro rosado" es de 57,7743 %.
2. El promedio total del contenido de humedad encontrando en el *Acrocarpus fraxinifolius* "cedro rosado" es de 9,7933 %.
3. El promedio total del contenido de lignina encontrando en el *Acrocarpus fraxinifolius* "cedro rosado" es de 27,0784 %.
4. El promedio total del contenido de ceniza encontrando en el *Acrocarpus fraxinifolius* "cedro rosado" es de 1,1463%.
5. El promedio total del contenido de extractivos encontrando en el *Acrocarpus fraxinifolius* "cedro rosado" es de 10,6481 %.



## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar trabajos similares en diferentes especies de selva, a fin de poder generar información de nuestra foresta para el uso industrial, así mismo las investigaciones a nivel universitario deberían continuar la línea de investigación para contar con mayores resultados.
2. Equipar el laboratorio de fitoquímica vegetal de la Facultad para poder realizar los análisis adecuadamente.
3. Realizar los estudios faltantes como son de hemicelulosa, densidad básica, físico mecánico entre otros.
4. Difundir las potencialidades que presenta dicha especie para incentivar su uso.

## VII. ABSTRACT

This work was carried out in the city of Tingo Maria through the Universidad Nacional Agraria de la Selva, School of Renewable Natural Resources in the laboratory of plant phytochemistry, with the purpose of determining the chemical characteristics of the species *Acrocarpus fraxinifolius*, commonly called "Cedar Rose." In determining the chemical characteristics of the species, for statistical analysis included means, with three levels and five blocks, where the blocks are the five trees and logs levels are obtained from three sections of stem (base, middle and apex). In accordance with TAPPI T 257-I 76, the determination of cellulose was carried out according to TAPPI Standard T 203 os-74, to determine the lignin content was used TAPPI Standard T 222 os-74, for the determination of ash use the standard TAPPI T 15 os-58, for the determination of extractives soluble in ethanol-benzene according to TAPPI 204 os-76. The overall average results are: 9.7993% moisture content for extractive: 10.6481%, for cellulose: 57.7743% for lignin:27.0484%, and ash content: 1.1463%.

**KEY WORDS:** *Acrocarpus fraxinifolius*, chemical composition.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABARCA, R., BLANCO, L. 2005. Composición química de *Tectona grandis*  
Artículo científico, Universidad de Costa Rica.
2. AKIRA, M.; MENDES, L., TRUGILHO, M., GRAÇAS, C. 2003. "Use of wood  
of *Eucalyptus* sp and native in the storage of the sugarcane spirit".  
*Ciênc.Tecnol.Aliment.* vol.23, no.3.
3. BAMBER, R.K., CURTIN, R.A., 1974. "Some properties of wood in blackbutt  
trees of two ages", *Aust. For.* 36 p., 226-234.
4. BARAHONA, G. 2005. "Variación de la composición química en albura,  
duramen y altura de madera pulpable de *Eucalyptus globulus*  
proveniente de monte alto y monte bajo" Tesis, Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Forestales Escuela de Ciencias Forestales.
5. BEAUMONT, M.A. 1999. Detecting population expansion and decline using  
microsatellites. *Genetics* 153, 2013-2029.
6. BROWNING, B.L. 1967. *Methods of wood chemistry*, Intersci, Public. N.Y.,  
London, vol. 2, 800 p.
7. BUENO, J. 1978. Estudio de posibilidades industriales de maderas  
nacionales para la fabricación de pulpa para papel. Universidad

Nacional Agraria La Molina. Laboratorio de pulpa de papel. Lima 28-32.

8. CARBALLO, L.R. 1989. The influence of chemical composition and age of caribea pine Wood (*Pinus caribea*) on the physical and mechanical properties as well as on the yield of sulfite pulp". Report of Candidate Minimum Examination Faculty of wood Techplogy, University College of Foresty and wood Technology. Zvolen. Rep. Eslovaca.
9. CARBALLO, L.R. 1990. The influence of chemical composition and age of caribea pine Wood (*Pinus caribea*) on the physical and mechanical properties as well as on the yield of sulfite pulp. Faculty of wood Technology, University College of Foresty and wood Technology. Dissertatión Thesis of the degree of CSc Zvolen. Rep. Eslovaca.
10. CONSUEGRA, R. 1994. Caracterización del *Eucalyptus globulus* (Labill) como Materia Prima Pulpable. Memoria, Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 93 p.
11. CORONEL, E.O. 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Primera Parte. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Santiago del Estero, Argentina. 13-28 p.
12. DANIEL, P., HELMS, U., BAKER, F. 1982. Principios de silvicultura traducida de la segunda edición inglesa por Ramón Elizondo Mata. Mc Graw – Hill. México, D.F. 492 p.

13. DADSWELL, H.E., WARDROP, A.B., WATSON, A.J. 1962. "The morphology, Chemistry and pulp characteristics of reaction wood", *Fundamentals of Papermaking Fiber*, publ. Tech. Sect. Brit. Paper and Board Marker's Assoc. Inc, p.187-219.
14. DIAZ-VAZ, J.E. 1981. Delimitación de madera temprana- tardía y juvenil- madura en Pino Oregón. *Bosque*. 4 (1): 55-58 p.
15. DIAZ-VAZ, J.E. 2003. *Anatomía de Maderas*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia. Chile. 150 p.
16. ESCUDERO, A., IRIONDO, J.M., TORRES, M.E. 2003. spatial analysis of genetic diversity as a tool for plant conservation. *Biol conservation*. *Biol Conserv* 113, 351- 365.
17. FENGEL, D., WEGENER, G. 1984. *Wood Chemistry, Ultraestructure Reaction*, Walter de Gruyter, Berlín, 2-220p.
18. FUELLER, G., MCKEON, T., BILLS, D.D. 1996. *Agricultural Materials as Renervable Resources*. ACS Symposium, Series 647, p.12-15.
19. GIORDANO, G. 1971. *Tecnología del Leno, 1 La Materia Prima Unione* Tipograficoeditrice, Torinese. 1096 p.
20. GRIGORIEV, M. A. 1985. estudio de materiales para ebanistas y carpinteros. Argentina. 26-27 p
21. GUARDIOLA, J.L., AMPARO, G.L. 1995. *Fisiología Vegetal, Nutrición y Transporte*, Editora Síntesis, Valencia, España, .27-63 p.

22. GUTMANN, P., PISTONO, L., BLUHM, E. 1971. Serie de investigación. Publicación N° 3, Análisis Químico de la Madera de Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) creciendo en Chile. Instituto Forestal. Chile. 29 p.
23. GOLD, M., WARIISHI, H., VALLI, K. 1989. Extracellular peroxidases involved in lignin degradation by the white rot basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium* en: Biocatalist in agricultural biotechnology. Whitaker JR y Sonnet PE. (eds). American Chemical Society. Washington. 127- 140 p.
24. HAMRICK, J.L., GODT, M.J.W., SHERMAN-BROYLES, S.L. 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. *New Forest* 6, 95.
25. HAMRICK, J.L., MURAWSKI, D.A. 1990. the breeding structure of tropical tree populations *Plant spec biol* 5, 157-166.
26. HEILFUS, F. 1987. El árbol al servicio del Agricultor. Principios y Técnicas. 2ª Edición Vol. 1. México. 14p.
27. HEWITT, G.M. 1996. Some genetic consequence of ice ags and their role in divergence and speciation. *Biol J Linn Soc* 58, 247.
28. HIGUCHI, T. 1990. Lignin biochemistry, biosynthesis and biodegradation. *Wood Sci.Technol.* 24: 23-63 p.

29. HILLIS, W. E. 1978. Wood Quality and Utilization in: W.E. Hillis and A.G. Brown (editors) *Eucalyptus for wood production* CSIRO Australia. 434 p.
30. HILLIS, W. E. 1987. *Heartwood and tree exudates*, springer verlag. Berlin. Germany. 268 p.
31. KOTTES- ANDREWS, B. A., REINHARDT, R. M. 1996. *Enhanced cotton textiles from utilization research.*, ACS, Series.
32. LARCHER, W. 1983. *Physiological plant ecology*. 2nd edition. springer verlag, Berlin. Germany. 303 p.
33. LIBBY, C. 1969. *Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel*. 2ª Edición Vol. 2. México. 514p.
34. MELO, R., PAZ, J. 1978. *Procesos de obtención de Celulosa a partir de madera de Eucalyptus globulus (Labill)*. Parte V. *Proceso al Sulfito Neutro*. Universidad de Concepción. Chile. 46 p.
35. MONTEOLIVA, L., NUÑEZ, H., IGARTÚA, L. 2002. "Densidad basica, longitud de fibras y composicion quimica de la madera de una plantación de *Eucalyptus globulus* en la provincia de Buenos Aires, Argentina" Congreso Iberoamericano de investigación en Celulosa y Papel. Buenos Aires Argentina.

36. MORALES, R. 1968. Variación del Peso Específico y largo de traqueida según edad y sitio en plantaciones de *Pinus radiata* (D. Don). Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
37. ONA, T., COL, L 1995. "Small-scale method to determine the contents of wood components samples", Tappi Journal, Vol.78, N°3, p.121-126,
38. PANSHIN, A.J., DE-ZEEUW, C. 1970. Textbook of wood technology, vol. 1, third edition, Structure, Identification, Uses and Properties of the Commercial Woods of the United States and Canada. Mc. Graw Hill Series in Foresta Fesources. E.E.U.U. 652p.
39. PAZ, J., PÉREZ, L. 1999. Análisis comparativo de las propiedades microscópicas y macroscópica de la madera de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*. en: Silvotecnica XII. Realidad potencial del Eucalyptus en Chile: Cultivo Silvícola y su uso industrial, Parque Jorge Alessandri, 26-28 de Agosto 1999. Concepción, Chile. 292-319 p.
40. PEREIRA, H., MIRANDA, I. 1991 "The chemical composition of wood and bark of fast-grow eucalyptus globulus L. trees during the first 3 years", Dpto de Engenharia Florestal, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.
41. PEREIRA, H., SARDINHAS, R. 1984. Chemical composition of *Eucalyptus globulus* Labill", Appita, Vol.37, N° 8, 661-664p.



42. PRADO, J., BARROS, S. 1991. *Eucalyptus: Principio de Silvicultura y Manejo*. Instituto Forestal. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago. Chile. 199p.
43. ROWELL R. 1984, *The Chemistry of Solid Wood* American Chemical Society, Washington, D. C. U.S.A.
44. RUTIAGA-QUIÑONES, L., DOMRATCHEVA, I., COELLO D. 2006. "Exploración básica de propiedades químicas como pH, cenizas y contenido de extraíbles de la madera de tres especies de eucalipto". 2º fórum académico nacional de ingenierías y arquitecturas, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera DES Ingenierías Arquitectura, UMSNH, Morelia, Michoacán, México.
45. SARDINHAS, R., MELO, J.R., MORAIS, M.H.A., (1979) "Anais Instituto Superior de Agronomía" Lisboa, Vol. XXXVIII, p.91,.
46. SCURLOCK, J., LONG, S., HALL, D., COOMBS, J. 1987. Introducción a las técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. En técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad (eds. Coombs, J., Hall, D. Long, S. y J. Scurlock). Editorial Futura. México. 2a edición.
47. SJÖSTRÖM, E. 1981. *Wood chemistry fundamentals and applications*. New York, Academic Press. 98-103, 223p.
48. STROZ, J.F., Beaumont, M.A. 2002. Testing for genetic evidence of population, 25 p.

49. WRIGHT, S. 1943 Isolation by distance. *Genetics* 28, 114p.
50. YOUNG, A.G., BOYLE, T., BROWN, A.H.D. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends Ecol Evol* 11, 418p.

**IX. ANEXOS**

Cuadro 7. Contenido de extractivos

<b>Porcentaje Extractivos del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i></b>							
<b>Cod.</b>	<b>Wpf</b>	<b>Wm</b>	<b>Wms(al-ben)</b>	<b>%wms(al-ben)</b>	<b>w ms(h20)</b>	<b>%Wms(h20)</b>	<b>% E</b>
1a1	1,4531	5,0000	4,1170	82,3400	3,9525	79,0500	12,3621
1a2	1,5225	5,0000	4,1633	83,2650	4,0310	80,6200	10,6215
1a3	1,4334	5,0000	4,1635	83,2700	4,0038	80,0750	11,2257
1b1	1,3206	5,0000	4,1708	83,4150	3,9908	79,8150	11,5140
1b2	1,2991	5,0000	4,1723	83,4450	3,9845	79,6900	11,6526
1b3	1,3054	5,0000	4,1460	82,9200	3,9613	79,2250	12,1681
1c1	1,3700	5,0000	4,1690	83,3800	4,0940	81,8800	9,2247
1c2	1,3202	5,0000	4,2243	84,4850	4,1268	82,5350	8,4985
1c3	1,3366	5,0000	4,1723	83,4450	4,1610	83,2200	7,7391
2a1	1,3455	5,0000	4,1723	83,4450	3,9655	79,3100	12,0739
2a2	1,3368	5,0000	4,1103	82,2050	3,9693	79,3850	11,9907
2a3	1,3272	5,0000	4,1670	83,3400	3,9533	79,0650	12,3455
2b1	1,3583	5,0000	4,1268	82,5350	3,9733	79,4650	11,9020
2b2	1,3418	5,0000	4,2330	84,6600	4,0645	81,2900	9,8787
2b3	1,3343	5,0000	4,1638	83,2750	3,9855	79,7100	11,6304
2c1	1,3496	5,0000	4,1645	83,2900	4,0635	81,2700	9,9009
2c2	1,3409	5,0000	4,1928	83,8550	4,0603	81,2050	9,9730
2c3	1,2985	5,0000	4,2010	84,0200	4,0643	81,2850	9,8843
3a1	1,0432	5,0000	4,1903	83,8050	4,0518	81,0350	10,1615
3a2	1,0318	5,0000	4,2380	84,7600	4,1028	82,0550	9,0306
3a3	0,9840	5,0000	4,1945	83,8900	4,0745	81,4900	9,6570
3b1	1,0120	5,0000	4,2050	84,1000	4,0445	80,8900	10,3222
3b2	1,0446	5,0000	4,2285	84,5700	4,0185	80,3700	10,8987
3b3	0,9700	5,0000	4,2385	84,7700	4,0675	81,3500	9,8122
3c1	0,9660	5,0000	4,2180	84,3600	4,0475	80,9500	10,2557
3c2	0,9974	5,0000	4,2038	84,0750	4,0453	80,9050	10,3056
3c3	1,3220	5,0000	4,0773	81,5450	3,9820	79,6400	11,7080
4a1	1,3720	5,0000	3,9573	79,1450	3,7948	75,8950	15,8599
4a2	1,3132	5,0000	4,1018	82,0350	3,9060	78,1200	13,3931
4a3	1,0398	5,0000	4,1928	83,8550	4,0030	80,0600	11,2424
4b1	0,9942	5,0000	4,3320	86,6400	4,1638	83,2750	7,6781
4b2	1,0422	5,0000	4,2970	85,9400	4,0885	81,7700	9,3466
4b3	1,0108	5,0000	4,3035	86,0700	4,1203	82,4050	8,6426
4c1	1,0327	5,0000	4,2420	84,8400	4,0425	80,8500	10,3665
4c2	1,0146	5,0000	4,2420	84,8400	4,0510	81,0200	10,1781
4c3	1,0180	5,0000	4,2223	84,4450	4,0498	80,9950	10,2058
5a1	0,9954	5,0000	4,2008	84,0150	4,0313	80,6250	10,6160
5a2	0,9938	5,0000	4,1968	83,9350	4,0180	80,3600	10,9098
5a3	1,1023	5,0000	4,1340	82,6800	3,9800	79,6000	11,7523
5b1	1,0418	5,0000	4,2403	84,8050	3,9833	79,6650	11,6803
5b2	0,9742	5,0000	4,2753	85,5050	4,0100	80,2000	11,0872
5b3	1,0417	5,0000	4,2488	84,9750	4,0365	80,7300	10,4996
5c1	0,9870	5,0000	4,3255	86,5100	4,0478	80,9550	10,2501
5c2	0,9964	5,0000	4,3185	86,3700	4,0788	81,5750	9,5628
5c3	0,9651	5,0000	4,3623	87,2450	4,0970	81,9400	9,1581
				84,0070		80,5960	10,6481

Cuadro 8. Contenido de celulosa

<b>Porcentaje de Celulosa del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i></b>									
<b>Cod.</b>	<b>Wc</b>	<b>W pf</b>	<b>Wmh</b>	<b>Wc+Wpf+Wmh</b>	<b>Wc+Wpf+Wms</b>	<b>Wms</b>	<b>Wce</b>	<b>K</b>	<b>% Cel</b>
1a1	51,9346	1,4531	5,0000	58,3877	55,9634	2,5757	0,0635	0,9020	55,7023
1a2	33,8800	1,5225	5,0000	40,4025	37,9632	2,5607	0,0635	0,9020	55,3684
1a3	23,7350	1,4334	5,0000	30,1684	27,7565	2,5881	0,0635	0,9020	55,9769
1b1	30,8658	1,3206	5,0000	37,1864	34,7898	2,6034	0,0635	0,9020	56,3162
1b2	25,0214	1,2991	5,0000	31,3205	28,9902	2,6697	0,0635	0,9020	57,7866
1b3	24,3800	1,3054	5,0000	30,6854	28,2961	2,6107	0,0635	0,9020	56,4776
1c1	48,9083	1,3700	5,0000	55,2783	52,9718	2,6935	0,0635	0,9020	58,3135
1c2	15,1684	1,3202	5,0000	21,4886	19,1281	2,6395	0,0635	0,9020	57,1151
1c3	18,6855	1,3366	5,0000	25,0221	22,6083	2,5862	0,0635	0,9020	55,9349
2a1	19,0287	1,3455	5,0000	25,3742	23,0404	2,6662	0,0635	0,9020	57,7082
2a2	23,7350	1,3368	5,0000	30,0718	27,7345	2,6627	0,0635	0,9020	57,6306
2a3	21,2389	1,3272	5,0000	27,5661	25,2550	2,6889	0,0635	0,9020	58,2104
2b1	15,8423	1,3583	5,0000	22,2006	19,8451	2,6445	0,0635	0,9020	57,2259
2b2	15,6616	1,3418	5,0000	22,0034	19,6773	2,6739	0,0635	0,9020	57,8789
2b3	15,1790	1,3343	5,0000	21,5133	19,2310	2,7177	0,0635	0,9020	58,8501
2c1	18,6855	1,3496	5,0000	25,0351	22,7328	2,6977	0,0635	0,9020	58,4066
2c2	19,0287	1,3409	5,0000	25,3696	23,1031	2,7335	0,0635	0,9020	59,1993
2c3	23,7350	1,2985	5,0000	30,0335	27,7129	2,6794	0,0635	0,9020	57,9998
3a1	21,2389	1,0432	5,0000	27,2821	24,8877	2,6056	0,0635	0,9020	56,3638
3a2	15,8423	1,0318	5,0000	21,8741	19,5740	2,6999	0,0635	0,9020	58,4543
3a3	24,3800	0,9840	5,0000	30,3640	27,9806	2,6166	0,0635	0,9020	56,6084
3b1	48,9083	1,0120	5,0000	54,9203	52,5903	2,6700	0,0635	0,9020	57,7924
3b2	15,1684	1,0446	5,0000	21,2130	18,8130	2,6000	0,0635	0,9020	56,2392
3b3	18,6855	0,9700	5,0000	24,6555	22,4055	2,7500	0,0635	0,9020	59,5663
3c1	19,0287	0,9660	5,0000	24,9947	22,6059	2,6112	0,0635	0,9020	56,4895
3c2	23,7350	0,9974	5,0000	29,7324	27,3594	2,6270	0,0635	0,9020	56,8389
3c3	21,2389	1,3220	5,0000	27,5609	25,1552	2,5943	0,0635	0,9020	56,1133
4a1	15,8423	1,3720	5,0000	22,2143	19,8921	2,6778	0,0635	0,9020	57,9643
4a2	15,6616	1,3132	5,0000	21,9748	19,6372	2,6624	0,0635	0,9020	57,6228
4a3	15,1790	1,0398	5,0000	21,2188	18,8482	2,6294	0,0635	0,9020	56,8931
4b1	18,6855	0,9942	5,0000	24,6797	22,4420	2,7623	0,0635	0,9020	59,8385
4b2	19,0287	1,0422	5,0000	25,0709	22,6798	2,6089	0,0635	0,9020	56,4387
4b3	23,7350	1,0108	5,0000	29,7458	27,4580	2,7122	0,0635	0,9020	58,7286
4c1	21,2389	1,0327	5,0000	27,2716	24,9893	2,7177	0,0635	0,9020	58,8501
4c2	15,8423	1,0146	5,0000	21,8569	19,5775	2,7206	0,0635	0,9020	58,9147
4c3	24,3800	1,0180	5,0000	30,3980	28,1603	2,7623	0,0635	0,9020	59,8385
5a1	48,9083	0,9954	5,0000	54,9037	52,6536	2,7499	0,0635	0,9020	59,5646
5a2	15,1684	0,9938	5,0000	21,1622	18,8220	2,6598	0,0635	0,9020	57,5663
5a3	18,6855	1,1023	5,0000	24,7878	22,5507	2,7629	0,0635	0,9020	59,8512
5b1	19,0287	1,0418	5,0000	25,0705	22,8362	2,7657	0,0635	0,9020	59,9149
5b2	23,7350	0,9742	5,0000	29,7092	27,3370	2,6278	0,0635	0,9020	56,8556
5b3	21,2389	1,0417	5,0000	27,2806	24,9528	2,6722	0,0635	0,9020	57,8420
5c1	15,8423	0,9870	5,0000	21,8293	19,4626	2,6333	0,0635	0,9020	56,9787
5c2	15,6616	0,9964	5,0000	21,6580	19,4241	2,7661	0,0635	0,9020	59,9226
5c3	15,1790	0,9651	5,0000	21,1441	18,8998	2,7557	0,0635	0,9020	59,6932
			5,0000			2,6692	0,0635	0,9020	<b>57,7743</b>

Cuadro 9. Contenido de lignina

<b>Porcentaje de Lignina del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i></b>									
<b>Cod.</b>	<b>Wc</b>	<b>W pf</b>	<b>Wmh</b>	<b>Wc+Wpf+Wmh</b>	<b>Wc+Wpf+Wms</b>	<b>Wms</b>	<b>Wce</b>	<b>K</b>	<b>% Lig</b>
1a4	51,9346	1,2580	5,0000	58,1926	54,3937	1,2011	0,0573	0,9020	25,3609
1a5	33,8800	1,1275	5,0000	40,0075	36,1669	1,1594	0,0573	0,9020	24,4352
1a6	23,7350	1,3278	5,0000	30,0628	26,3967	1,3339	0,0573	0,9020	28,3064
1b4	30,8658	1,3152	5,0000	37,1810	33,4527	1,2717	0,0573	0,9020	26,9263
1b5	25,0214	1,3840	5,0000	31,4054	27,7594	1,3540	0,0573	0,9020	28,7511
1b6	24,3800	1,3939	5,0000	30,7739	26,9829	1,2090	0,0573	0,9020	25,5361
1c4	48,9083	1,3188	5,0000	55,2271	51,4500	1,2229	0,0573	0,9020	25,8443
1c5	15,1684	1,3202	5,0000	21,4886	17,7437	1,2551	0,0573	0,9020	26,5585
1c6	18,6855	1,2972	5,0000	24,9827	21,2433	1,2606	0,0573	0,9020	26,6792
2a4	19,0287	1,3189	5,0000	25,3476	21,5893	1,2417	0,0573	0,9020	26,2612
2a5	23,7350	1,3256	5,0000	30,0606	26,2700	1,2094	0,0573	0,9020	25,5443
2a6	21,2389	1,3377	5,0000	27,5766	23,7473	1,1707	0,0573	0,9020	24,6874
2b4	15,8423	1,3343	5,0000	22,1766	18,4866	1,3100	0,0573	0,9020	27,7744
2b5	15,6616	1,3420	5,0000	22,0036	18,2028	1,1992	0,0573	0,9020	25,3188
2b6	15,1790	1,3390	5,0000	21,5180	17,8019	1,2839	0,0573	0,9020	27,1974
2c4	18,6855	1,3066	5,0000	24,9921	21,3182	1,3261	0,0573	0,9020	28,1318
2c5	19,0287	1,3483	5,0000	25,3770	21,6871	1,3101	0,0573	0,9020	27,7778
2c6	23,7350	1,3317	5,0000	30,0667	26,4194	1,3527	0,0573	0,9020	28,7224
3a4	21,2389	1,0148	5,0000	27,2537	23,6143	1,3606	0,0573	0,9020	28,8979
3a5	15,8423	1,0553	5,0000	21,8976	18,2449	1,3473	0,0573	0,9020	28,6021
3a6	24,3800	1,0394	5,0000	30,4194	26,6231	1,2037	0,0573	0,9020	25,4185
3b4	48,9083	0,9525	5,0000	54,8608	51,2215	1,3607	0,0573	0,9020	28,9005
3b5	15,1684	0,9690	5,0000	21,1374	17,3397	1,2023	0,0573	0,9020	25,3866
3b6	18,6855	0,9892	5,0000	24,6747	20,9846	1,3099	0,0573	0,9020	27,7733
3c4	19,0287	1,3214	5,0000	25,3501	21,6978	1,3477	0,0573	0,9020	28,6114
3c5	23,7350	1,3175	5,0000	30,0525	26,2952	1,2427	0,0573	0,9020	26,2833
3c6	21,2389	1,2960	5,0000	27,5349	23,8386	1,3037	0,0573	0,9020	27,6364
4a4	15,8423	1,0398	5,0000	21,8821	18,1995	1,3174	0,0573	0,9020	27,9394
4a5	15,6616	1,0123	5,0000	21,6739	18,0276	1,3537	0,0573	0,9020	28,7450
4a6	15,1790	1,0472	5,0000	21,2262	17,4150	1,1888	0,0573	0,9020	25,0875
4b4	18,6855	0,9905	5,0000	24,6760	20,9808	1,3048	0,0573	0,9020	27,6607
4b5	19,0287	0,9864	5,0000	25,0151	21,3390	1,3239	0,0573	0,9020	28,0847
4b6	23,7350	1,0107	5,0000	29,7457	25,9546	1,2089	0,0573	0,9020	25,5343
4c4	21,2389	1,0048	5,0000	27,2437	23,5160	1,2723	0,0573	0,9020	26,9385
4c5	15,8423	0,9715	5,0000	21,8138	18,0311	1,2173	0,0573	0,9020	25,7197
4c6	24,3800	0,9516	5,0000	30,3316	26,5984	1,2668	0,0573	0,9020	26,8182
5a4	48,9083	1,0570	5,0000	54,9653	51,2441	1,2788	0,0573	0,9020	27,0836
5a5	15,1684	1,0352	5,0000	21,2036	17,5260	1,3224	0,0573	0,9020	28,0500
5a6	18,6855	1,0496	5,0000	24,7351	21,0458	1,3107	0,0573	0,9020	27,7913
5b4	19,0287	1,0218	5,0000	25,0505	21,2333	1,1828	0,0573	0,9020	24,9555
5b5	23,7350	1,0640	5,0000	29,7990	26,1516	1,3526	0,0573	0,9020	28,7205
5b6	21,2389	0,9956	5,0000	27,2345	23,5882	1,3537	0,0573	0,9020	28,7450
5c4	15,8423	1,0046	5,0000	21,8469	18,1461	1,2992	0,0573	0,9020	27,5362
5c5	15,6616	1,0360	5,0000	21,6976	18,0577	1,3601	0,0573	0,9020	28,8868
5c6	15,1790	0,9730	5,0000	21,1520	17,3621	1,2101	0,0573	0,9020	25,5596
			5,0000			1,2772	0,0573	0,9020	<b>27,0484</b>

Cuadro 10. Contenido de Humedad

<b>Contenido de Humedad (gr.) del <i>Acrocarpus fraxinifolius</i></b>							
<b>Cod.</b>	<b>WI</b>	<b>Wm</b>	<b>WI+Wm</b>	<b>Wms (WI+Wms)</b>	<b>Wms</b>	<b>K</b>	<b>CH</b>
1a	53,2537	5,0000	58,2537	57,7500	4,4963	0,8993	10,0740
1b	48,6727	5,0000	53,6727	53,1754	4,5027	0,9005	9,9460
1c	51,3572	5,0000	56,3572	55,8325	4,4753	0,8951	10,4940
2a	50,0948	5,0000	55,0948	54,6292	4,5344	0,9069	9,3120
2b	48,3130	5,0000	53,3130	52,8903	4,5773	0,9155	8,4540
2c	63,7428	5,0000	68,7428	68,2575	4,5147	0,9029	9,7060
3a	64,6295	5,0000	69,6295	69,1059	4,4764	0,8953	10,4720
3b	63,7109	5,0000	68,7109	68,1892	4,4783	0,8957	10,4340
3c	64,8220	5,0000	69,8220	69,2960	4,4740	0,8948	10,5200
4a	35,9499	5,0000	40,9499	40,4258	4,4759	0,8952	10,4820
4b	36,7041	5,0000	41,7041	41,2792	4,5751	0,9150	8,4980
4c	36,7076	5,0000	41,7076	41,2204	4,5128	0,9026	9,7440
5a	35,9512	5,0000	40,9512	40,4330	4,4818	0,8964	10,3640
5b	63,0324	5,0000	68,0324	67,5690	4,5366	0,9073	9,2680
5c	63,3629	5,0000	68,3629	67,9018	4,5389	0,9078	9,2220
						<b>0,9020</b>	<b>9,7993</b>

Cuadro 11. Composición química de 52 especies peruanas

Nombre Común	Nombre Científico	% Al- Be	% Alcohol	% Agua	% Celulosa	% Lignina	% Pentosano	% Ceniza
APARACHARAMA	Licania elata pilger.	1,41	1,75	3,15	51,88	29,22	12,14	2,75
APARACHARAMA	Protium sp.	2,28	0,8	6,22	49,6	31,08	14,18	2,28
AZUFRE CASPI	Symphonia globuliflora L.	6,13	1,04	2,14	51,69	24,24	18,96	0,61
BALLATA GOMOSA	Manilkara sp.	1,71	0,48	1,92	53,08	27,25	13,83	0,54
BELLACO CASPI	Hymathantus sucuba.	3,18	1,01	5,27	50,88	24,85	15,07	0,51
CAPINURIA DE ALTURA	Clarisia sp.	2,99	1,9	3,43	50,15	31,29	13,32	1,21
CARAHUASCA	Guateria modesta Diels.	2,26	0,82	2,83	50,62	28,46	11,34	0,78
CARAHUASCA MARRON	Oxandra sp.	1,58	1,45	2,17	51,86	29,8	12,49	0,61
CAUPURI	Virola elongata .	2,99	1,09	3,03	49,52	28,44	13,68	0,54
CEPANCHINA	Sloanea sp.	1,75	0,56	2,51	51,16	29,16	14,76	0,71
COPAL	Protium llewelni Macbr.	3,84	1,25	2,19	48,22	24,18	16,68	1,04
CUMALA BLANCA	Virola rufula Warb.	3,49	1,77	2,77	50,25	24,74	14	0,44
CUMALA COLORADA	Iryanthera tessamannii Markg.	4,88	1,26	4,96	50,19	22,06	12,55	0,53
CHIMICUA	Perebea chemicua Macbr.	3,02	1,62	3,98	48,17	31,19	14,71	2,83
DESCONOCIDO	Ladenbergia sp.	7,54	2,67	3,54	49,82	29,16	10,06	0,34
ESPINTANA	Oxandra sp.	1,59	0,67	3,41	54,62	26,6	12,3	0,77
GUABILLA	Inga sp.	1,4	0,61	3,5	55,9	28,55	11,57	0,78
HUAMANSAMANA	Jacaranda Copaia (Avbl)D.Don	2,12	0,67	3,64	52,98	28,72	11,78	0,67
HUARMI CASPI	Sterculia sp.	2,01	0,73	3,65	53,22	25,16	13,1	0,81
HUIRACASPI	Xantoxylon sp.	4,21	1	4,95	50,07	20,38	16,62	0,99
ISMA MOENA	Endlicheria wiliansii.	2,52	1,41	3,72	51,89	30,37	13,87	0,25
JARABE HUAYO	Macoubea guianensis Aublet.	3,72	1	6,25	48,24	22,41	15,44	0,72
LECHE CASPI	Couma macrocarpa Bab.	2,33	1,13	2,26	46,7	29,25	13,39	0,33
MACHIMANGO	Schewelera sp.	3,75	1,4	7,29	48,66	26,43	13,6	0,85
MACHIMANGO COLORADO	Schewelera equitoensis Kunt.	2,12	0,84	5,88	51,05	29,92	12,13	1,02
MARUPA	Simarcuba amara Avbl.	4,67	0,9	2,9	49,9	28,32	12,58	0,71
MOENA AMARILLA	Aniba amazonica (Meiz)Mez.	4,77	1,21	3,48	50,03	28,09	14,5	0,55
PAPELILLO CASPI	Cariniana sp.	3,68	1,17	5,6	52,96	29,86	12,38	1,05
PALO SANGRE	Pterocarpus sp.	3,73	2,21	3,78	51,39	28,86	13,66	0,49
PICHIRINA	Vismia sp.	1,66	1,61	2,19	52,22	27,48	11,84	0,62



POROTO SHIMBILLO	<i>Inga brachyrachis</i> Arms.	5,45	1,63	7,38	44,22	31,21	12,06	0,3
PUCUNA CASPI	<i>Iryanthera laevis</i> Mrkg.	4,57	2,16	3,67	46,86	32,37	13,29	0,32
QUILLO SISA	<i>Vochysia lomatophylla</i> Stand.	3,44	1,7	5,06	52,63	26,27	17,13	1,52
REQUIA BLANCA	<i>Trichilia sexantera</i> C.D.C.	3,2	0,86	4,48	48,29	30,68	9,49	0,57
REQUIA COLORADA	<i>Guarea trichilioide</i> L.	2,93	1,24	3,36	49,31	29,76	9,82	0,27
RIFARI	<i>Miconia poeppigii</i> Triana.	2,37	0,4	3,22	54,37	26,4	18,18	0,64
ROSADILLO	<i>Guateria</i> sp.	1	1,59	2,96	56,43	25,92	11,66	1,01
SACHA ANONA	<i>Rollinia</i> sp.	1,48	0,35	3,69	53,4	26,75	11,34	1,17
SACHA CAOBA	<i>Huberodendron swietenoides</i> (Gleason) Ducke.	1,28	1,04	3,41	52,7	32,74	12,55	0,73
SACHA CASHO	<i>Anacardium excelsun</i> (Bert y Bald).	3,01	1,54	5,77	48,32	26,75	11,34	1,17
SACHA UVILLA	<i>Caussapoa villosa</i> Poepp y Endl.	2,59	0,99	2,22	53,8	27,78	12,64	0,41
SHAMBOQUIRO	<i>Croton</i> sp.	1,96	0,84	3,59	51,03	30,87	14,91	0,47
SHIARI	<i>Cecropia leucocoma</i> Mig.mart.	3,84	0,82	2,82	52	24,42	13,14	0,71
SHIRINGA MASHA	<i>Micranta spruceana</i> (Baill) R.E. Schult.	1,79	0,84	4,2	53,97	27,8	14,83	0,59
TANGARANA DE ALTURA	<i>Sclerolobium paniculata</i> Avbl.	3,85	1,79	2,2	49,65	27,86	14,01	0,81
TANGARANA DE ALTURA BLANCA	<i>Sclerolobium</i> sp.	1,45	1,43	1,4	50,51	25,44	14,74	0,66
TORNILLO	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke.	3,61	1,26	4,26	54,07	29,73	11,69	0,95
YACUSHAPANA	<i>Buchenavia</i> sp.	5,53	2,72	6,22	46,61	33,65	10,51	0,44
YACUSHAPANA	<i>Terminalia</i> sp.	7,23	3,01	6,13	45,89	33,06	10,84	0,88
YAHUAR HUACHO	<i>Macoubea sprucei</i> (M.Arg).	2,76	0,96	4,5	48,09	23,78	13,94	0,55
YANAVARA	<i>Oliganthes</i> sp.	1,97	0,52	1,46	52,33	29,18	14,74	0,51
YANCHAMA	<i>Perebea chimiena</i> Macbr.	2,08	0,66	4,73	51,75	29,89	13,93	0,96

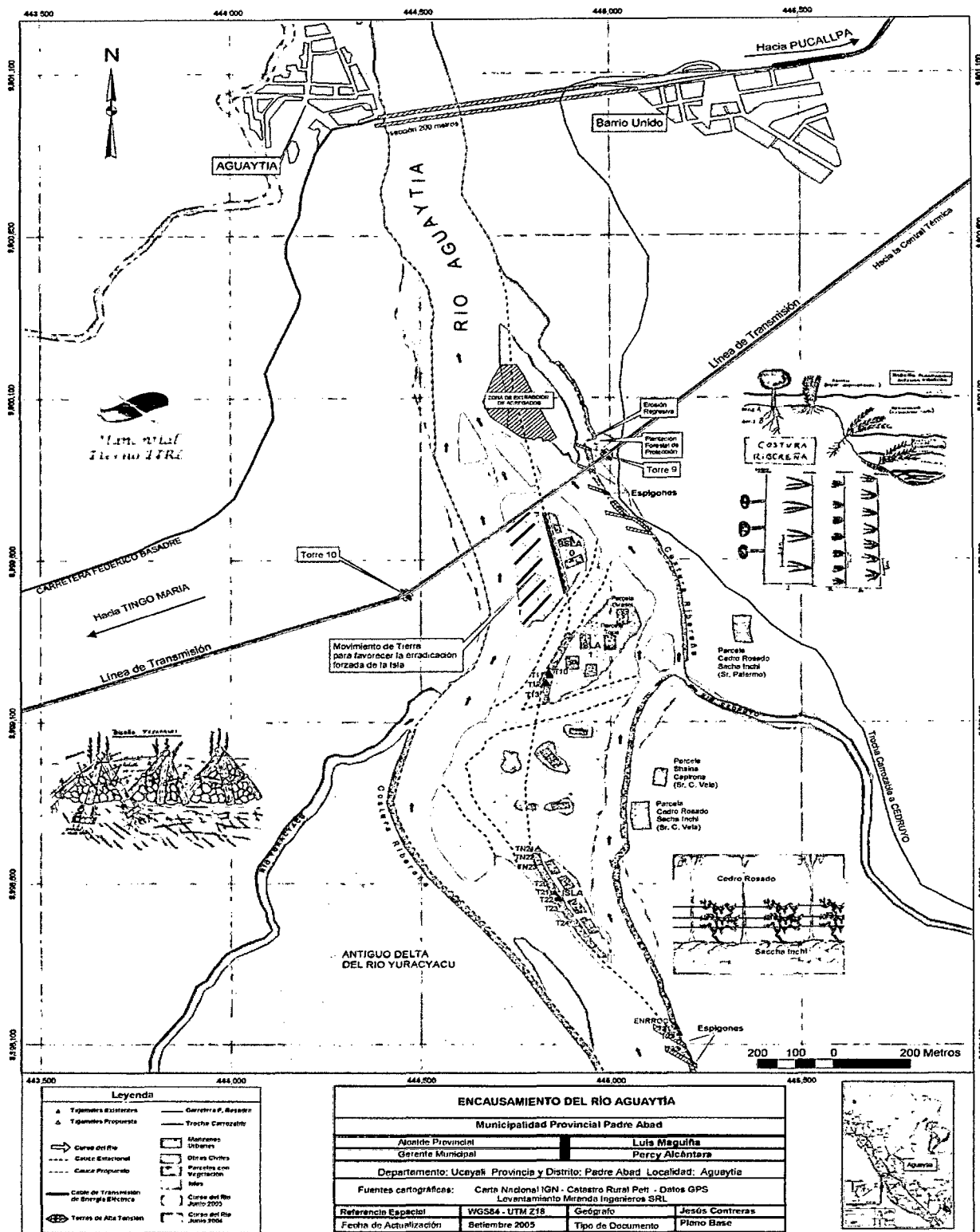


Figura 7. Mapa de ubicación del área de extracción de Cedro Rosado



Figura 8. Medición de la altura de corte



Figura 9. Trozado del árbol



Figura 9. Rodajas de diferentes alturas

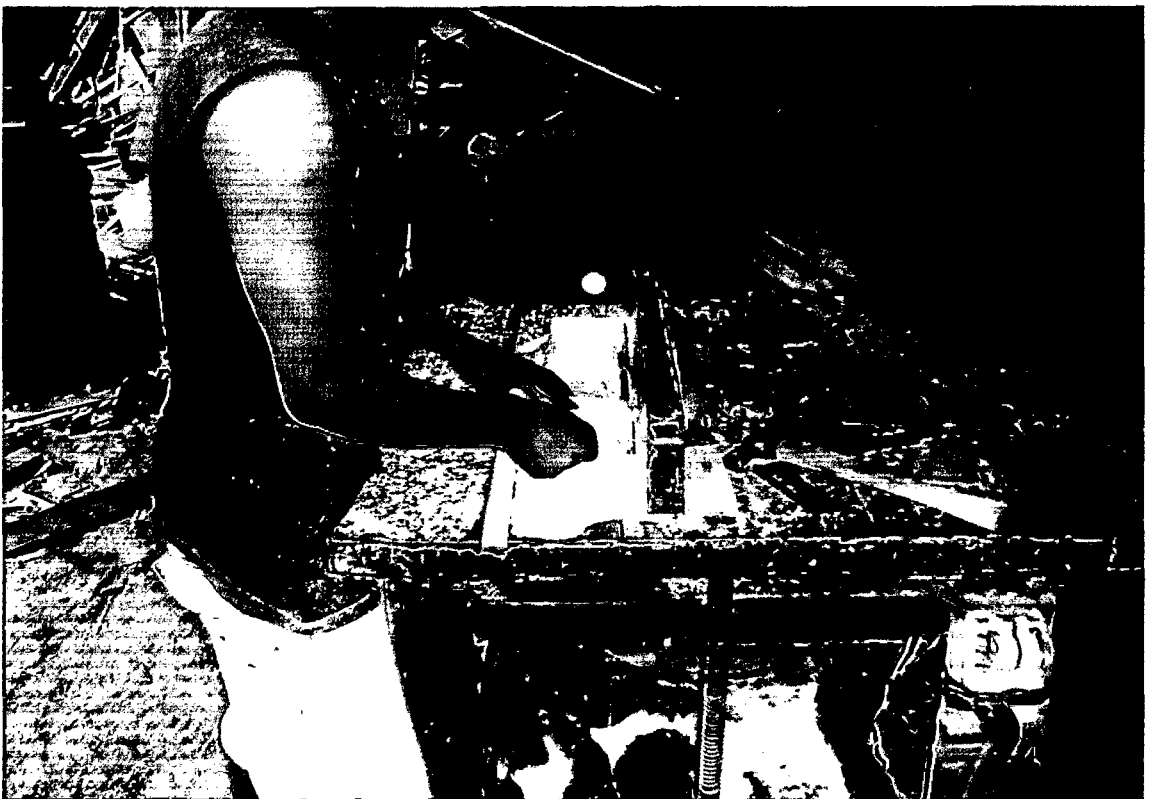


Figura 10. Rodajas convertidas en viruta

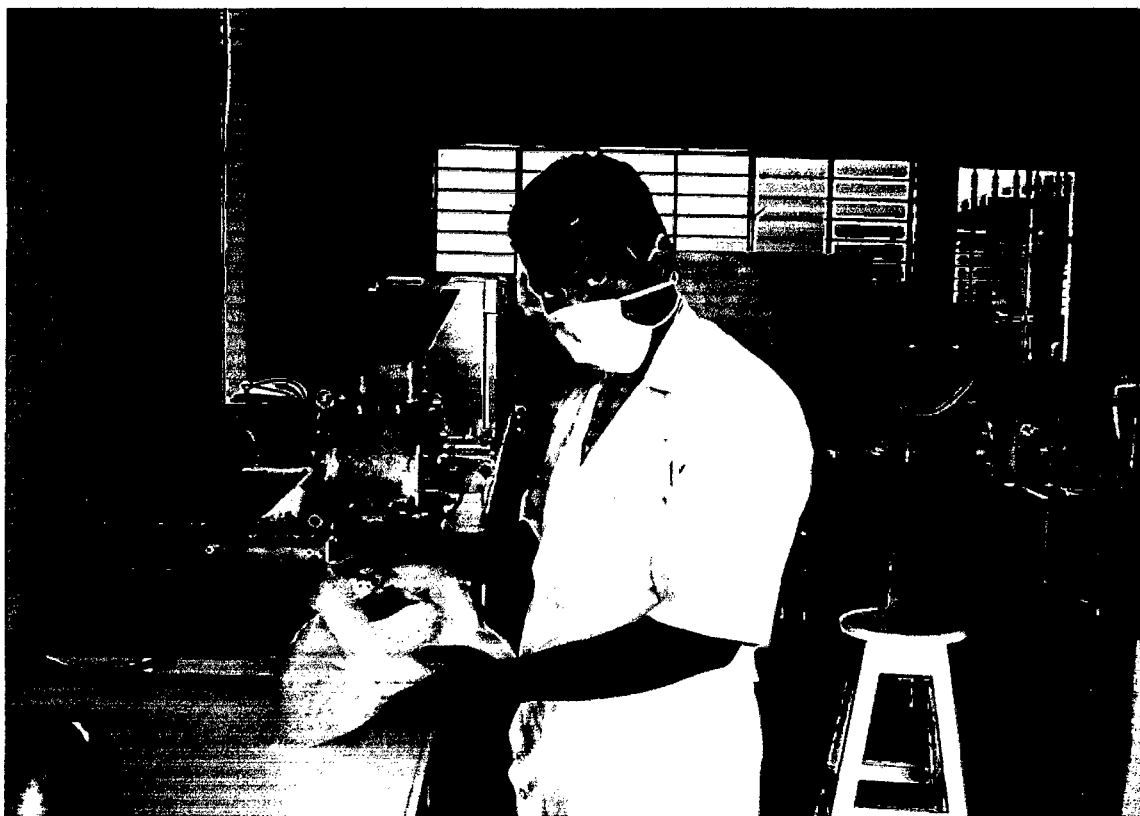


Figura 11. Virutas a pulverizar



Figura 12. Cernido en tamiz n° 40 y 60



Figura 13. Clasificación del material biológico

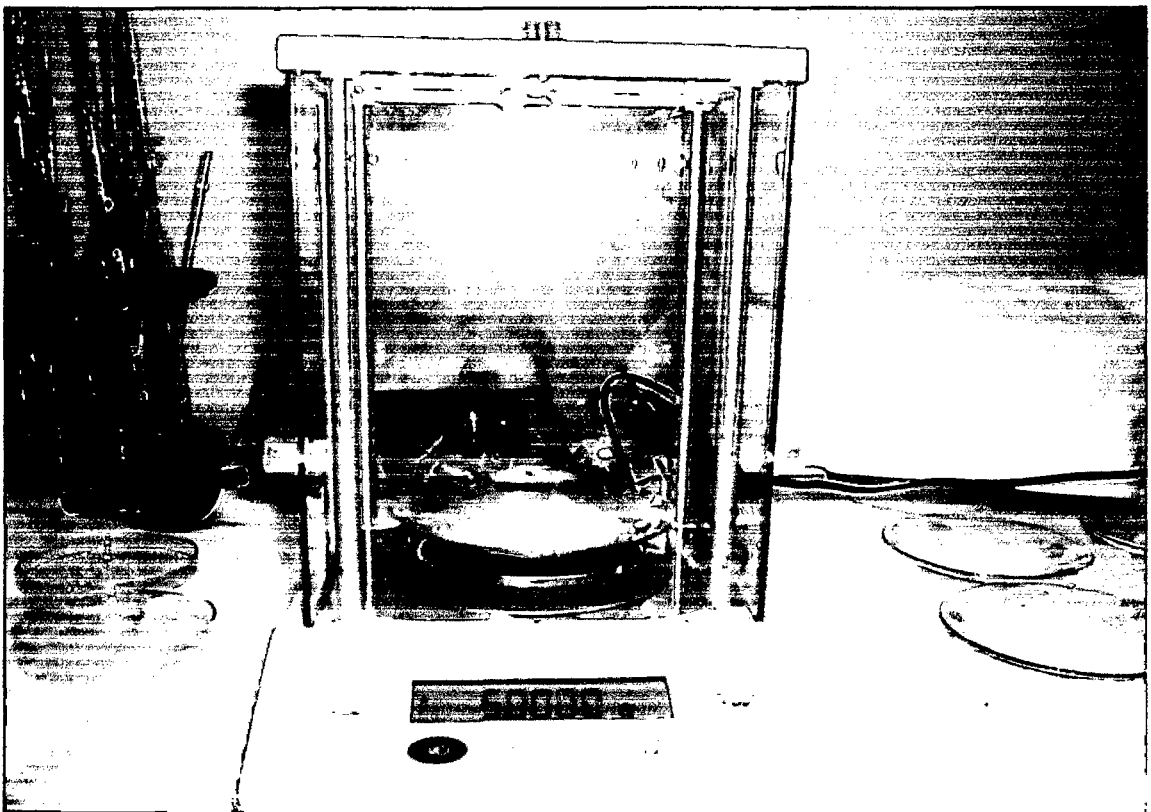


Figura 14. Pesado del material biológico



Figura 15. Secado del material biológico

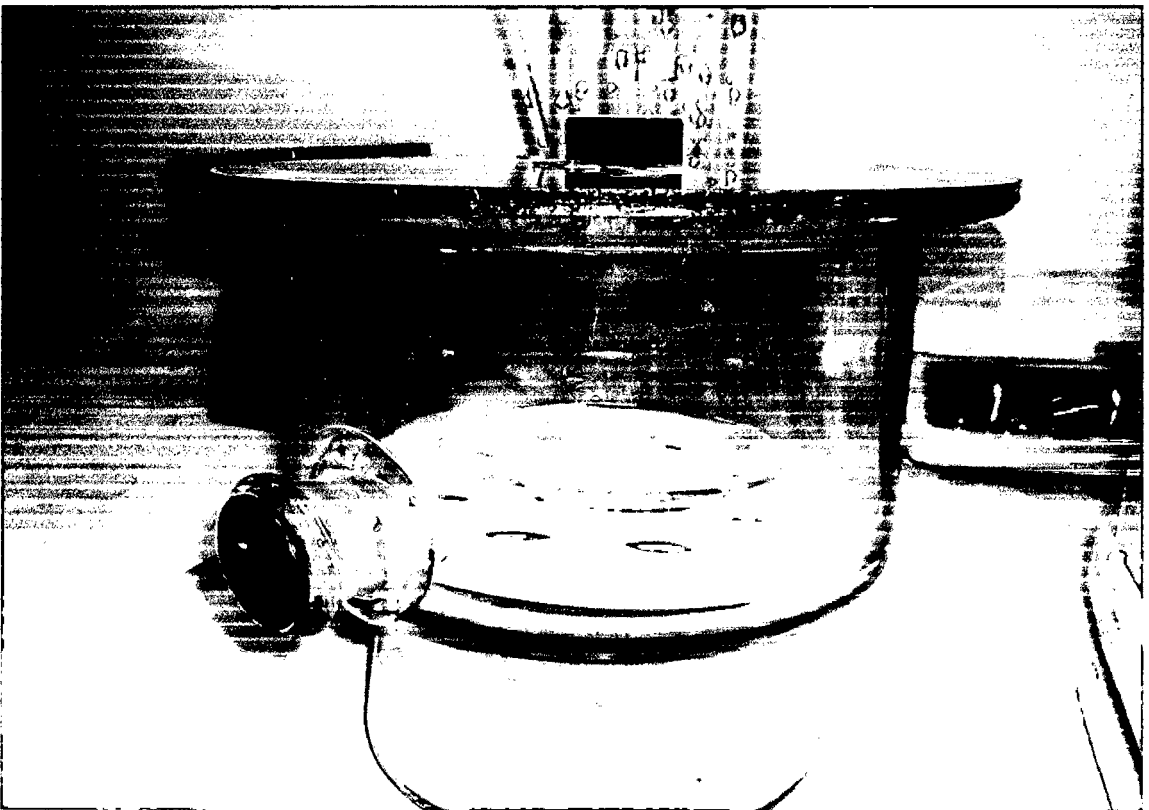


Figura 16. Enfriado del material biológico

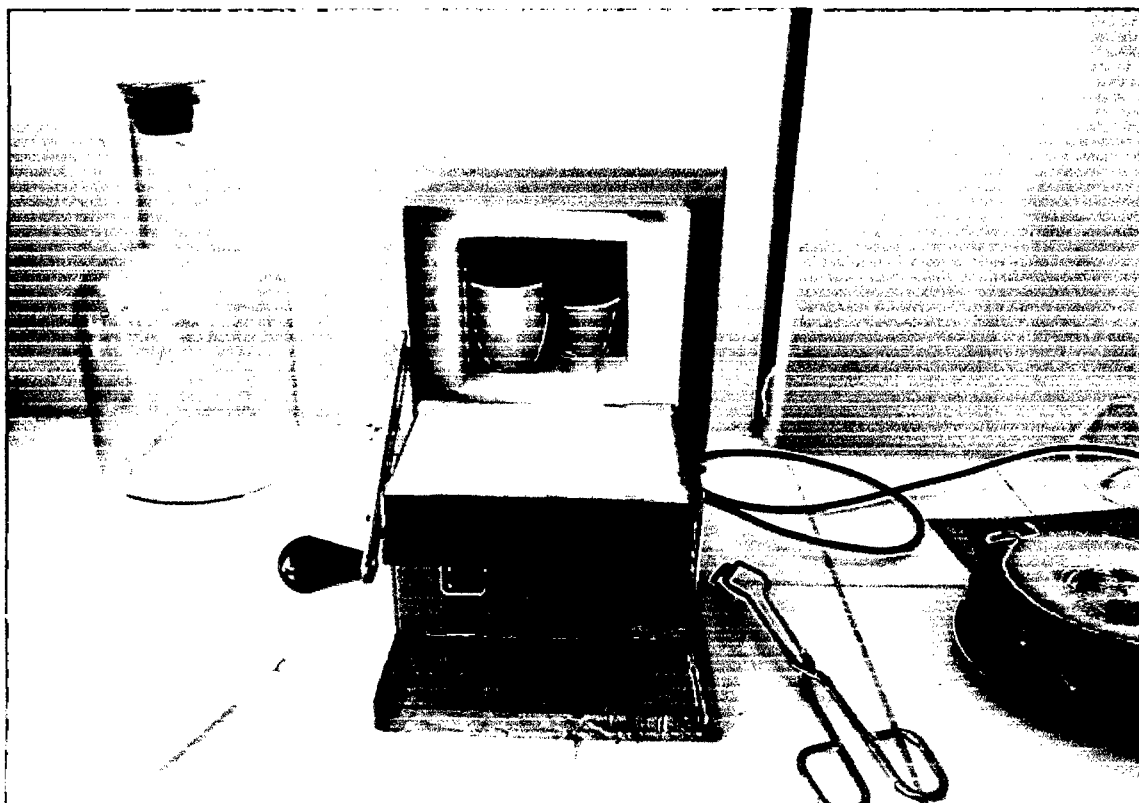


Figura 17. Contenido de ceniza

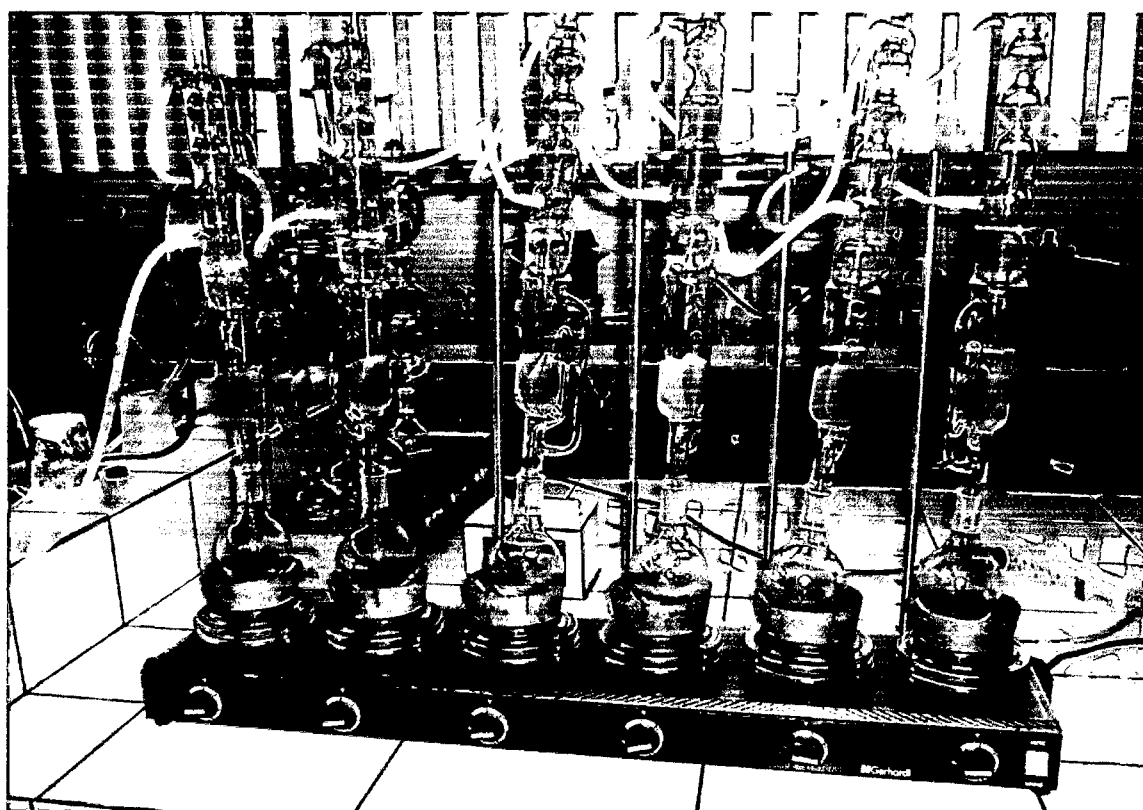


Figura 18. Contenido de extractivos



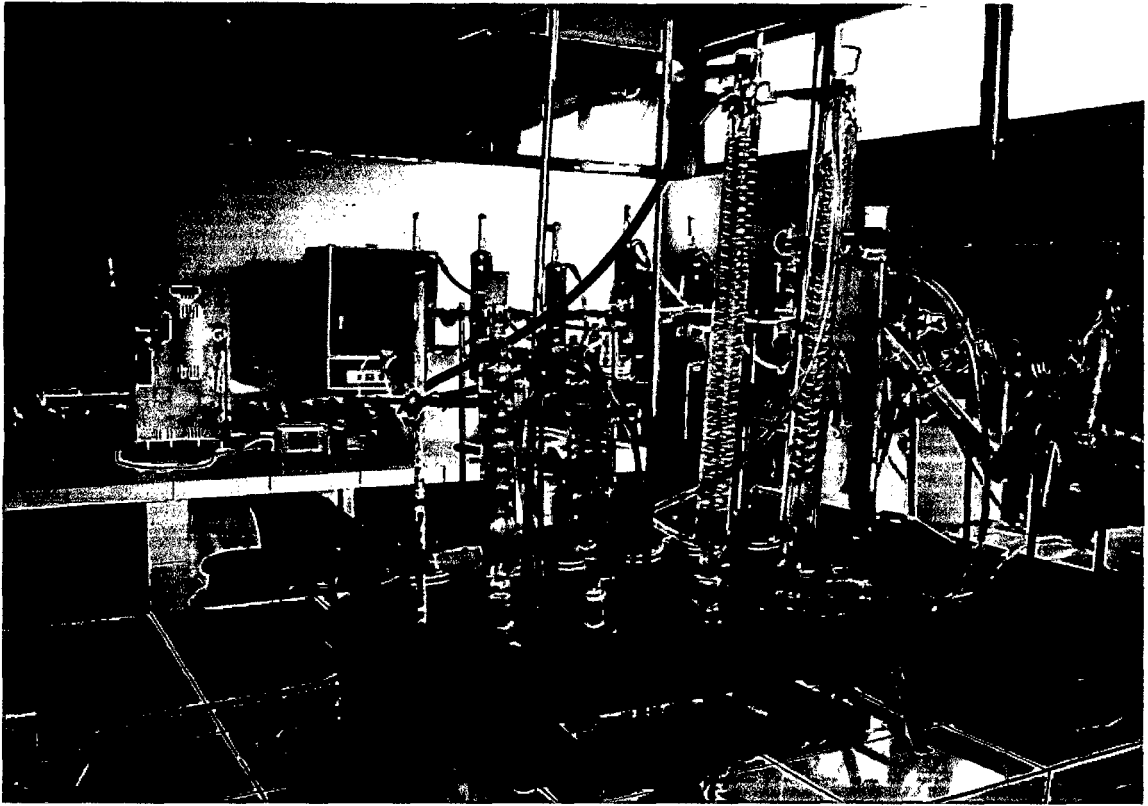


Figura 19. Contenido de celulosa



Figura 20. Celulosa húmeda