

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

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



**DETERMINACIÓN COMPARATIVA DE CENIZA, EXTRACTIVO, CELULOSA Y  
LIGNINA EN LAS ESPECIES DE BAMBÚ PROCEDENTE DEL BOSQUE  
RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN FORESTALES**

**YAQUELINE CABALLERO DULCE**

**PROMOCIÓN 2007 - I**

**Tingo Maria - Peru**

**2010**

F60

C13

Caballero Dulce, Yaqueline

Determinación Comparativa de Ceniza, Extractivo, Celulosa y Lignina en las Especies de Bambú Procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, 2010

61 h.; 11 cuadros; 4 fgrs.; 26 ref.; 30 cm.

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

**1. DETERMINACION COMPARATIVA 2. ANALISIS PROXIMAL 3. CENIZA  
4. EXTRATIVO 5. CELULOSA 6. BAMBU 7. BRUNAS 8. PERU.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 26 de Agosto de 2010, a horas 4:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la tesis titulada:

## “DETERMINACIÓN COMPARATIVA DE CENIZA, EXTRACTIVO, CELULOSA Y LIGNINA EN LAS ESPECIES DE BAMBÚ PROCEDENTE DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA”

Presentado por la Bachiller: **YAQUELINE CABALLERO DULCE**, 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, 13 de Julio de 2011

Ing. MANUEL BRAVO MORALES  
Presidente

Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO  
Vocal

Ing. MSc. LADISLAO RUIZ RENGIFO  
Vocal



Ing. MSc. RICARDO OCHOA CUYA  
Asesor

## DEDICATORIA

A ti Dios, por llenar mi vida de bendiciones, dame la sabiduría para enfrentar las adversidades, por regalarme una familia tan maravillosa y permitirme vivir momentos de tanta alegría.

Este trabajo de tesis está enteramente dedicada a mis queridos padres Ceferina Dulce Corales y Santos Caballero Enriquez, gracias por confiar en mí, por enseñarme con su ejemplo a conseguir lo que uno se traza en la vida, por brindarme su apoyo y amor incondicionalmente. Es obvio que sin ustedes este sueño nunca hubiera podido ser completado. Sencillamente ustedes son la base de mi vida profesional y mi inspiración les estaré agradecida eternamente, realmente no hay palabras que logren expresar lo mucho que los amo.

A mis queridas hermanas: Katty, Yessenia y Marisela por ser mis tres grandes amores, gracias por estar siempre conmigo y por hacer de mí la hermana más dichosa de este mundo por tenerlas.

A mis queridos amigos : Ángel Agüero Huerta, Franz Calero Ríos, Raúl Vásquez Alegría, Oscar del Águila Ruiz, Gerardo Zelada Delgado, Alexander Huamán Lévano, Percy Cárdenas Tavera, Wellington Ortiz Córdova, Alida Pérez Rengifo, Lynn Camasca Ríos, Deborah Estelo Mays, Indira Alvares Naveros, Viviana Malpartida Issac, Melisa León Barbaran, Jessie Hidalgo Rengifo, que siempre estuvieron conmigo en los momentos difíciles que a veces pasamos en nuestras vidas, por su amistad y por compartir los momentos más inolvidables de mi vida. Gracias a ellos por existir.

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta tesis, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citare.

A mi Asesor Ing. M.Sc. Ricardo Ochoa Cuya.

Al Ing. M.Sc. Robert Pecho de la Cruz, por su apoyo y amistad.

Al Ing. M.Sc. David Guarda Sotelo, colaborador en el cálculo de los análisis estadísticos.

Al Ing. Jorge Luis Vergara Palomino, por su apoyo, amistad, y sabios consejos.

A los Ing. Warren Ríos García, Carlos Arévalo Ramírez por su apoyo en la identificación de las especies de los culmos de bambúes.

Al señor Mario Sosa Shapiama técnico del laboratorio taller de aprovechamiento y maquinaria forestal quien me brindó su apoyo en la extracción de los culmos y muestras de bambú.

A la señora Glelia Ríos Saldaña técnica del laboratorio de nutrición animal, quien me brindó su apoyo en cada momento de la ejecución de la tesis.

Al señor Michelson Cárdenas Shupingahua técnico del Laboratorio de Fitoquímica, quien me brindó su apoyo en cada momento del presente trabajo de investigación.

A la Ing. Carla Viviana Malpartida Issac, por sus alcances en el presente trabajo de investigación.

A la Ing. M.Sc. Tania Elizabet Guerrero Vejarano, por sus consejos y aporte para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Ángel Ovidio Agüero Huertas, por sus consejos y alcances para la realización del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página.</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Descripción general del bambú.....	4
2.2. Distribución geográfica del bambú.....	5
2.3. El bambú como recurso.....	6
2.4. Utilización integral del bambú.....	7
2.5. Importancia del bambú.....	8
2.6. Contenido de cenizas en el bambú.....	9
2.7. Constituyentes químicos del bambú.....	10
2.7.1. Componentes extraíbles en el bambú.....	10
2.7.2. Componentes de la pared celular del bambú.....	13
2.8. Análisis químico proximal.....	16
2.9. Descripción taxonómica de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.....	17
2.9.1. Descripción botánica de <i>G. angustifolia</i> Kunth.....	17
2.9.2. Distribución geográfica de <i>G. angustifolia</i> Kunth.....	18
2.9.3. Características ecológicas de <i>G. angustifolia</i> Kunth...	19
2.9.4. Usos generales de <i>G. angustifolia</i> Kunth.....	20
2.10. Descripción taxonómica de <i>Bambusa tulda</i> Roxb.....	21
2.10.1. Descripción botánica de <i>B. tulda</i> Roxb.....	22
2.10.2. Distribución geográfica de <i>B. tulda</i> Roxb.....	23

2.10.3. Características ecológicas de <i>B. tulda</i> Roxb.....	23
2.10.4. Usos generales de <i>B. tulda</i> Roxb.....	23
2.11. Descripción taxonómica de <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult.)	
Backer.....	24
2.11.1. Descripción botánica de <i>D. asper</i> (Schult.) Backer....	25
2.11.2. Distribución geográfica de <i>D. asper</i> (Schult.) Backer..	27
2.11.3. Características ecológicas de <i>D. asper</i> (Schult.)	
Backer.....	27
2.11.4. Usos generales de <i>D. asper</i> (Schult.) Backer.....	27
2.12. Descripción taxonómica de <i>Gigantochloa apus</i> (Schultes)	
Kurz.....	28
2.12.1. Descripción botánica de <i>G. apus</i> (Schultes) Kurz....	28
2.12.2. Distribución geográfica de <i>G. apus</i> (Schultes) Kurz...	29
2.12.3. Características ecológicas de <i>G. apus</i> (Schultes)	
Kurz.....	30
2.12.4. Usos generales de <i>G. apus</i> (Schultes) Kurz.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. Localización del experimento.....	31
3.2. Materiales y métodos.....	31
3.2.1. Materiales.....	31
3.2.2. Equipos.....	32
3.2.3. Reactivos.....	32
3.2.4. Especies en estudio.....	32
3.3. Metodología.....	32
3.3.1. Identificación y selección de la mata.....	32

3.3.2. Transporte de culmos.....	33
3.3.3. Secado de los culmos y muestras.....	33
3.3.4. Extracción de la muestras.....	34
3.3.5. Análisis proximal de las muestras de cuatro especies de bambúes <i>G.angustifolia</i> Kunt., <i>B. tulda</i> Roxb., <i>D.</i> <i>asper</i> (Schult.) Backer y <i>G. apus</i> (Schultes) Kurz....	34
3.3.5.1. Determinación del análisis porcentual de ceniza....	34
3.3.5.2. Determinación del análisis porcentual de extractivo.	35
3.3.5.3. Determinación del análisis porcentual de celulosa...	36
3.3.5.4. Determinar del análisis porcentual de lignina.....	38
3.3.6. Diseño experimental.....	39
3.3.7. Análisis estadístico.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. ABSTRACT.....	56
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
IX. ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página.</b>
1.	Composición química.....	16
2.	Ubicación de las matas de bambúes.....	33
3.	Análisis de varianza para un DCA.....	40
4.	ANVA de cenizas de <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	41
5.	Prueba Tukey de ceniza de <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	42
6.	ANVA de extractivos de <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	44
7.	Prueba Tukey de extractivos de <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	45
8.	ANVA de celulosa de <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	47
9.	Prueba Tukey de celulosa de <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	48
10.	ANVA de lignina de <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	50
11.	Prueba Tukey de lignina en las especies de <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página.</b>
1.	Distribución porcentual de ceniza de las especies <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	43
2.	Distribución porcentual de extractivo de las especies <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	45
3.	Distribución porcentual de celulosa de las especies <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	49
4.	Distribución porcentual de lignina de las especies <i>G. angustifolia</i> , <i>B. tulda</i> , <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i> .....	52

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el análisis porcentual interespecifico de ceniza, extractivo, celulosa y lignina de las especies *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb, *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer. y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.

Para la determinación de ceniza se utilizó la norma ISO R 1762, para extractivo la norma TAPPI T6 – os - 59, para celulosa el método de Kurscher y Hoffner, y para lignina el método del ácido sulfúrico o Willstater; luego se realizó el análisis de varianza (ANVA) sobre las variables evaluadas; y como análisis de tratamientos se procedió a realizar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), comparando así la diferencia estadística a un nivel de confianza del 95 y 99%.

Se concluyó que el mayor porcentaje de ceniza fue para la especie *Guadua angustifolia* Kunth con 4.36%, con respecto al porcentaje de extractivo fue para la especie de *Guadua angustifolia* Kunth con 9.58%, con respecto al porcentaje de celulosa el mayor porcentaje fue para la especie de *Guadua angustifolia* Kunth con 43.35%, con respecto al porcentaje de lignina el mayor porcentaje fue para la especie de *Guadua angustifolia* Kunth con 23.71%

## **I. INTRODUCCIÓN**

A nivel nacional, el problema de la deforestación conlleva a la sobre utilización del patrimonio forestal y la depreciación del potencial biológico con la extinción de especies de flora y fauna silvestre, fomentando el desequilibrio de la mayoría de los complejos eco sistémicos. Debido a que el comportamiento de las especies forestales maderables cuyo crecimiento es lento, se debe orientar, planes alternos con especies de rápido crecimiento incorporando al ecosistema, especies como el bambú que reúne muchas cualidades y beneficios en temas forestales y ambientales descubriendo la versatilidad del bambú que puede convertirlo en un óptimo recurso para un desarrollo sostenible.

Ante el agotamiento de los bosques y una incipiente industria maderera peruana nace la inquietud de determinar los compuestos químicos del bambú, muy abundante en nuestra región amazónica, que tiene un amplio crecimiento en los suelos degradados ya que puede ser una alternativa en la industria forestal en nuestro país. Para conocer qué tipo de sustancias químicas tiene el bambú es necesario realizar un análisis porcentual de ésta especie, no obstante, la composición química no puede ser definida con precisión para un grupo de especies o cierta especie, dado que ésta varía

dependiendo de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento.

Sin embargo, la información existente en el país, sobre su ubicación, acceso, volumen explotable, propiedades mecánicas, físicas, químicas y anatómicas, son totalmente insuficientes, para iniciar un programa de aprovechamiento sostenible, que permita generar información técnica-científica suficiente y necesaria para su manejo sostenible, transformación e industrialización. Bajo este contexto del poco interés que se le brinda al bambú en nuestro país y en nuestra provincia hace que el presente trabajo de investigación tome una mayor importancia, el propósito de esta investigación es analizar y caracterizar la naturaleza del bambú y su capacidad potencial para sustituir el empleo de la madera en el uso de pulpa para papel, es por este motivo que se determinó y comparo el análisis porcentual del bambú en cuatro especies diferentes extraídos del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) , con ello se pretende contribuir al conocimiento desde el punto de vista químico y que pueda usarse como materia prima para la obtención de productos industriales.

Una de las hipótesis que se plantea en este trabajo de investigación es determinar cuál de las cuatro especies de bambú procedentes del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva presenta mayor porcentaje de ceniza, extractivo, celulosa y lignina

Bajo este contexto se plantea los siguientes objetivos:

- Determinar el análisis porcentual interespecifico de ceniza en *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.
- Determinar el análisis porcentual interespecifico de extractivo en *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.
- Determinar el análisis porcentual interespecifico de celulosa en *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.
- Determinar el análisis porcentual interespecifico de lignina en *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Descripción general del bambú**

La subfamilia BAMBUSOIDEAE (GRAMINEAE - POACEAE) cuenta aproximadamente con 120 géneros y 1200 especies, los bambúes son leñosos (lignificados) de gran interés por sus múltiples usos, rápido crecimiento y elevada capacidad de regeneración, pueden agruparse en trepadoras o recostados, arbustivos y arborescentes (MARÍN, 2004).

WENYUE (1987) manifiesta que el bambú es una especie que tiene ciertas características y propiedades especiales para su utilización, tales como: fácil propagación, regeneración vigorosa, crecimiento rápido, producción elevada y maduración rápida.

Las cañas de bambú además de ser derechas, ligeras, fuertes, duras, con un gran contenido de fibra y fácil de trabajar, son ideales para las diversas aplicaciones técnicas. Debido a su adaptabilidad y la diversidad de ecosistemas existentes en el Perú, los bambúes se encuentran distribuidos prácticamente en todo el territorio nacional, existiendo numerosas especies a ser identificadas, especialmente los que se desarrollan en forma natural en los bosques húmedos de montaña de los andes tropicales (LONDOÑO, 2001).

La iniciación de los culmos, bajo condiciones naturales, se presenta durante el verano o el otoño o al comienzo de la estación lluviosa después del periodo seco. Los géneros *Bambusa*, *Dendrocalamus*, y *Gigantochloa* son de tipo simpodial corresponden en su mayoría a especies tropicales y no toleran climas fríos, se caracterizan por formar plantones muy densos con culmos muy juntos cuando los cuellos de los rizomas son cortos. En la especie *Guadua angustifolia* los cuellos de los rizomas son largos y dan lugar a plantones menos densos y culmos más holgados. El crecimiento de los culmos de los bambúes es tan rápido, que no existe planta arbórea en la naturaleza que lo iguale, en forma natural el bambú está distribuido en el mundo, en diversos tipos de hábitat (BÁRBARO, 1997).

## **2.2. Distribución geográfica del bambú**

El bambú es un grupo de plantas que son irregularmente distribuidos en muchas zonas del trópico y sub trópico húmedo del mundo se encuentra de manera abundante en el trópico de Asia y América, constituye un recurso natural importante donde juega un rol en la subsistencia de las poblaciones rurales y en la industria rural. La mayor cantidad de especies en el mundo se concentra en la costa sudeste de Asia e islas adyacentes, esta región se extiende desde la India hasta la China en el continente y desde Japón hasta Java entre las islas (PORRAS, 1985).

El bambú se distribuye altitudinalmente desde el nivel del mar hasta los 3,900 m.s.n.m, crece en lugares donde existen condiciones

ecológicas favorables. Su distribución natural es bastante desuniforme, tanto en abundancia como en variedades, pero actualmente debido a la intervención humana se ha ampliado su distribución de algunas especies. En la estación experimental de Tingo María (Huánuco), se establecen las primeras plantaciones experimentales de bambú en el año (1953) introducidos con mil cepas de 15 especies diferentes procedentes de Puerto Rico y Georgia Estados Unidos, de los cuales se ha obtenido resultados importantes para beneficios de la región (ARÉVALO y RUIZ , 2008).

### **2.3. El bambú como recurso**

MARÍN (2004) menciona que el bambú es un recurso natural renovable que cultivado en forma sistemática, con una tecnología simple y de bajo costo, llega a conformar en un tiempo relativamente breve plantaciones forestales perennes, sujetas a pocos riesgos y cuya producción puede colectarse y habilitarse con facilidad y sin grandes gastos para colocarla en el mercado.

Su composición orgánica y estructura morfológica, así como la calidad leñosa de sus tejidos, confieren al bambú capacidades que lo sitúan entre las especies más útiles y de mayor rendimiento comercial, capaz de suplir a la madera arbórea eficazmente en varias aplicaciones. Las características que ubican favorablemente a otras especies forestales son que: se reproduce y prospera fácilmente con cuidados y a bajo costo.

## 2.4. Utilización integral del bambú

PERSANTES (1985) hace referencia que el bambú es una especie eminentemente valiosa porque tiene múltiples usos tales como en artesanía, en construcción, alimentación, producción de celulosa, papel, y hasta en la preparación de productos farmacéuticos. El bambú es muy usado en las partes de una casa: vigas, estructuras, paredes, tabiques, techos, esteras de bambú, puertas y ventanas, también se puede construir puentes de bambú, balsas, escaleras, muebles, instrumentos musicales, materiales de deporte, arcos, flechas, caña de pesca, mango de herramienta, cercas, vigas, postes, soleras artesanías, etc.

CASTAÑO (1983) clasifica los usos y aplicaciones de mayor significancia del bambú en:

- **Manufacturas artesanales o semi-industriales:** Con los tallos y diversos cortes de éstos en forma de tabletas, varillas y tiras, la fabricación de muebles, cestería, esteras, persianas y cortinas; enseres diversos, utilitarios y decorativos; juguetes, vasijas, empaques y otros tipos de contenedores, etc.
- **Material para la construcción:** En el campo, como acotamientos, barreras rompe vientos y sombríos; en obras de protección y control de tierras y aguas; para el manejo de cultivos, constituyendo estacas, apoyos, respaldos y puntales; en la construcción de viviendas, cercas, corrales, cobertizos, graneros, depósitos para materiales, máquinas y

herramientas; establos, puentes, embalses, barreras de contención, etc. En la realización de obras civiles y arquitectónicas, para soportar y apuntalar cerramientos y entresuelos, troquelar cimbras, entibar muros, ademar excavaciones, hacer andamios, formar casetones, etc. Formando parte integral de las construcciones en estructuras, entramados, pisos, viguerías, techos; utilizado como columnas, postes, balaustres, barrotes o pasamanos; constituyendo muros, recubrimientos y acabados.

- **Productos industriales:** Tableros rígidos, contrachapados y aglomerados; parquets, puertas, closets, y componentes arquitectónicos prefabricados modulares.
- **Alimentación:** Brotes o cogollos de bambú procesados y empacados para la exportación.
- **Industria del papel:** En la obtención de etanol, celulosa y pulpa para la fabricación de papel.

## **2.5. Importancia del bambú**

Al representar una alternativa económica en el futuro se puede utilizar como fuente de energía y el reemplazo de maderas en extinción. La importancia económica del bambú es potencial para el país por su destacada contribución, principalmente, en la sustitución de la madera y en la producción de pulpa de papel con miras al consumo nacional e importación, su potencialidad en el mercado de exportación; el impulso a la creación de nuevas actividades artesanales e industriales y su conveniencia ecobiológica desplazamiento en el uso de la madera, la conservación de suelos, y la

sustracción de elementos contaminantes de la atmósfera. Al representar una alternativa económica en el futuro se puede utilizar como fuente de energía y reemplazo de maderas en extinción. El bambú tiene aplicaciones en la alimentación, vivienda, agricultura, transporte, caza, música, y usos industriales, lo que demuestra la gran importancia que puede llegar a tener esta especie, aún poco conocida este genera ingresos por 7 billones de dólares anuales en el comercio internacional.

Actualmente, en el ámbito mundial, los países que exportan las mayores cantidades de pulpa de bambú para la fabricación de papel son los que realizan los cultivos más importantes como: Bangladesh, Brasil, China, India, Tailandia y Vietnam (MARÍN y JIMÉNEZ, 2004).

## **2.6. Contenido de cenizas en el bambú**

Los componentes inorgánicos o sustancias minerales, varían en el árbol en dependencia de la parte que se estudie, altos contenidos pueden encontrarse en las hojas, ramas, corteza, raíces, por lo que es común encontrar diferencias entre las maderas suaves y duras; diferencias que existen entre la madera joven y la tardía. Las condiciones del suelo y la edad influyen en los contenidos de sustancias minerales (ALVAREZ, 2005).

PALACIOS (2006) menciona que la ceniza es el residuo inorgánica de una muestra incinerada, su cuantificación es el inicio para determinación de

los elementos minerales, los cuales actúan en el organismo (Coenzimas, equilibrio ácido base, estructura, hormonas y vitaminas).

La determinación de ceniza carece de significación para la apreciación del contenido específico de las sustancias minerales. Sin embargo es el punto de partida para la cuantificación, el porcentaje de ceniza varia de 1.2 a 4.19% en el bambú (MUÑOZ, 1990). MARTÍNEZ (1982) menciona que el contenido de ceniza del bambú es de 1.63%.

## **2.7. Constituyentes químicos del bambú**

Para hacer un aprovechamiento óptimo del bambú desde el punto de vista químico es necesario conocer su composición química la que se compone de forma general en 2 grupos de sustancias: extraíbles y los componentes de la pared celular que comprende la celulosa, lignina y hemicelulosa. Los componentes químicos aquí presentes son de diferentes clases y pueden ser divididos a su vez, y de forma más simple en componentes orgánicos y componentes inorgánicos, siendo estos últimos en los que se puede encontrar ciertos iones metálicos que son esenciales para el normal desarrollo del bambú (BRITO, 1990).

### **2.7.1. Componentes extraíbles en el bambú**

Los extractivos son sustancias que acompañan al material celulósico y lignina del bambú, se encuentra en pequeñas cantidades y se pueden extraer con solventes orgánicos neutros como el etanol, el benceno,

acetona, cloroformo, dicloro metano y agua. Existen numerosos compuestos que pueden tener gran influencia en las propiedades y calidad del bambú, aunque ellos contribuyan sólo en algún porcentaje en la masa total.

A este grupo de compuestos se les denomina comúnmente sustancias extraíbles tenemos compuestos alifáticos, aromáticos, alcoholes y varios tipos de ácidos, esterres, y compuestos fenólicos taninos, aceites esenciales, resinas, ceras y algunos alcaloides. Se incluye además a los componentes inorgánicos y a los carbohidratos solubles en agua, los extraíbles están distribuidos en el lumen de la célula en los canales resiníferos, en las células parenquimáticas radicales y en menor cantidad en la lámina media, espacios intercelulares y pared celular de traqueídas y fibras libriformes. Es importante destacar que los extractivos a pesar de dar propiedades especiales tales como color, olor, y durabilidad no forman parte de la madera (DIAZ-VAZ, 2003).

Existe una considerable variación en la distribución de los extraíbles en los bambúes; La cantidad y composición de los extractivos depende de la especie, la época del año, las condiciones de crecimiento y otros factores. La determinación de extractivos solubles en alcohol – benceno es debido a la diversidad de sustancias que no conforman parte de la pared celular que se presentan en la madera, ningún solvente aislado es tan eficaz. Entre los solventes que se utilizan para la solubilidad de los extractivos se tiene la mezcla de alcohol – benceno, aprovechando la afinidad con algunas

sustancias presentes en la madera que no conforman parte de la pared celular, son captadas por dichas mezclas, entre las sustancias que se extraen. Para poder realizar otros análisis químicos en la madera, es necesario que la madera esté libre de extractivos, para así poder evitar posibles errores e interferencias en los resultados (PALACIOS, 2006).

El MINISTERIO DE AGRICULTURA (2008) menciona que el porcentaje de extractivos para los bambúes es de 5.34%, de otro lado MARTÍNEZ (1982), señala que los porcentajes son de 8.27%, y según AGAPITO (2003), presentan variación de 3.6%, 5.10% y 9.1%, respectivamente en porcentajes de los culmos del bambú.

Las especies de bambú que crecen en zonas templadas se presentan en cantidades promedio de 5% y en especies de zonas tropicales representan un 10%. Los extractivos se ubican preferentemente en el duramen, pero existe una pequeña cantidad en la albura que alcanza un promedio de 3 a 8%, respecto al peso seco del bambú. Es importante destacar que los extractivos (extraíbles) a pesar de dar propiedades especiales tales como color, olor y durabilidad, no forman parte de la estructura de la madera. La cantidad de extractivos decrece gradualmente en el tronco de un árbol desde el nivel del suelo hacia la copa (TAKAHASHI, 2006).

## **2.7.2. Componentes de la pared celular del bambú**

### **- Celulosa**

La celulosa es un homopolisacárido, que presenta una estructura básica de las células de las plantas y la sustancia más importante producida por este organismo vivo, siendo el principal componente de la pared celular. La celulosa es el principal componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas. Es una fibra vegetal que al ser observada en el microscopio, el contenido de celulosa varía según el tipo de árbol o planta que se considere y representa alrededor del 50% del peso seco de la madera (una vez extraída el agua). Debido a que las uniones entre las moléculas de glucosa son tan firmes, las moléculas de celulosa son muy resistentes y por esa misma razón, el bambú también es resistente y las uniones laterales entre las moléculas de celulosa también son muy fuertes, lo que hace que ellas se agrupen para formar filamentos, los cuales a su vez forman estructuras más gruesas, similares a una cuerda, llamadas microfibrillas (MATTE, 2009).

La fracción fibrosa del bambú es similar a la de las maderas suaves, dado que la estructura fina del bambú es similar a la de otras fibras periféricas y a la de pulpas suaves, con una pared primaria y tres capas diferentes de paredes secundarias (BAUSARE, 2005). La determinación de celulosa que se encuentra en el bambú es de 40 a 50%; la cual se encuentra asociada a la lignina, esta se comporta como una sustancia segmentada, el cual tiene atrapadas a las fibras de celulosa si se quiere aislar a la celulosa, se

tiene que disolver a la lignina ya sea por métodos físicos, químicos o enzimáticos (PALACIOS, 2006).

La composición química de la madera no puede ser definida con precisión para un grupo de especies o cierta especie, dado que ésta varía dependiendo de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento (BRITO, 1990).

#### - **Lignina**

Es un polímero está formado por tres unidades diferentes de la familia del fenilo-propano y la proporción de estos compuestos da como resultado diferentes tipos de lignina. Es insoluble en agua y la arquitectura así como a complejidad química de la lignina dificultan no sólo su aislamiento como también su plastificación por procesos económicos. La lignina ha sido utilizada para la generación de energía en varios procesos industriales, como es el caso de la producción de papel y celulosa (BAUSARE, 2005).

La lignina constituye parte de la pared celular y de la lámina media; es una sustancia amorfa, aromática, que contiene entre otros, grupos metoxilos e hidroxilos que le confieren un color pardo oscuro variable dependiendo de la especie que se trate. Un 60 a 70% de lignina es depositada en una lámina media cumpliendo una función cementante, mientras que un 30% se ubica rodeando a la celulosa y hemicelulosa en la pared secundaria. Esta determinación es importante las maderas suaves siendo comparadas con el

bambú presentan de 16 a 35% de lignina más variable, esto toma importancia para la industria papelera puesto que el porcentaje presente en cada especie determina las cantidades de productos blanqueadores a utilizar durante el proceso de pulpado (MACHADO, 2007).

La lignina, es un producto químico complejo, totalmente diferente de la celulosa, constituye entre el 15 a 30%, la cual se concentra principalmente en las paredes de las células, ayudando a pegar las microfibrillas entre sí. La lignina es un polímero tridimensional, cuya estructura exacta aún no es totalmente conocida. Además de otorgar resistencia mecánica a las paredes de las células, la lignina juega un rol crucial en la conducción del agua a través del xilema permite la formación de vasos que transportan el agua eficientemente (MATTE, 2009). La lignina representa el 30% de los componentes del vegetal. Si se eliminan las celulosas, los carbohidratos, los azúcares, las sales inorgánicas y las proteínas, solo resta esa sustancia péptica que será preciso separar por medio de procesos químicos para obtener la pulpa. Industrialmente el desarrollo de nuevas técnicas de pulpeo ha generado un marcado interés por la investigación de la lignina y sus relaciones es necesario quitar la lignina de la madera para hacer el papel u otros productos derivados (BAUSARE, 2005). Las maderas suaves presenta de 16 a 35% de lignina más variable, esto significa que el bambú es similar a las maderas suaves y entonces toma importancia para la industria papelera puesto que el porcentaje presente en cada especie determinará las

cantidades de productos blanqueadores a utilizar durante el proceso de pulpado (RIVAS, 2006).

## 2.8. Análisis químico proximal

BRITO (1990) manifiesta que las características básicas del análisis químico que se le hace a los tejidos vegetales lignificados con el objetivo del conocimiento de su calidad, incluye al bambú dado el carácter de materiales naturales, poseen frecuentemente variaciones considerables de composición química de acuerdo al sitio del tallo que se considere, su antigüedad, su procedencia y su historia, es decir en las condiciones externas en las que la planta ha crecido. El conocimiento de las propiedades químicas de un material lignocelulosico permite concebir en forma más rápida y certera el mejor, más adecuado y eficiente uso que se le puede dar al material.

MUÑOZ (1990) señala que el análisis proximal es un procedimiento clásico que permite la caracterización y la valorización de los materiales a estudiar.

Cuadro 1. Composición química

Material	Ceniza (%)	Extractivo (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)
Madera (eucalipto)	3.2	6.95	69.6	27.9
Bambú Promedio	4.02	8.75	40	30.2

Fuente: Antonio Luis Barros Salgado y Anisio Azzini del Instituto Agronómico de Campinas, Brasil. 1992

## 2.9. Descripción taxonómica de *Guadua angustifolia* Kunth.

Según CRONQUIST (1981) tiene la siguiente clasificación:

Reino	:	PLANTAE
División	:	MAGNOLIOPHYTA
Clase	:	MONOCOTILEDONEAS
Sub Clase	:	COMMELINIDAES
Orden	:	Poales
Familia	:	GRAMÍNEA
Género	:	Guadua
Especie	:	Angustifolia
N. común	:	guadua, marona.

### 2.9.1. Descripción botánica de *G. angustifolia* Kunth.

ARÉVALO y RUÍZ (2008) mencionan que crece sin formar densas agrupaciones, los culmos o cañas son de color verde oscuro, rectas de 18 a 25 m de altura, de 12 a 16 cm de diámetro, arqueado apicalmente, entre nudos huecos. Presentan abundantes ramas alternas, laterales en la parte basal y ramas caedizas en la zona apical, con espinas grandes y curvadas ubicadas solamente en los nudos de las ramas primarias (2 espinas de 2.5 cm de largo promedio) y ramas secundarias (3 a 4 espinas de 0.5 a 1.5 cm de largo). La pared de la caña tiene un espesor de 2 a 3 cm, siendo aproximadamente 11.5 cm el diámetro promedio del orificio del culmo. Presenta un rizoma paquimorfo, simpodial, no hace mata muy compacta o tupida por lo que se deja extraer las cañas fácilmente. Aproximadamente crece de 5 a 10 culmos por metro

cuadrado, los nudos con una sola yema, consistente de una banda de 3 a 4.5 cm de ancho bien notoria, de color blanco - beige que rodea todo el nudo del culmo haciendo contraste con el color verde de las cañas, especialmente en los culmos jóvenes; pero menos conspicuo cuando estas se maduran. La distancia entre los nudos es de 15 a 25 cm en la base de la caña aumentando esta distancia en los entrenudos superiores. Hojas deciduas, alternas de 15 a 24 cm de longitud y de 2 a 3.5 cm de ancho en la parte media, con presencia de 4 a 10 indumentos finos 4 a 1.0 mm de color blanquecino ubicados en la base del peciolo de las hojas.

Brácteas poco durables o persisten en las cañas, de 50 a 80 cm de longitud y 32 a 40 cm de ancho en la base, con abundante indumento de color marrón oscuro en la parte externa e interna, siendo más denso en la parte superior de la bráctea. Los brotes con hojas caulinares de color marrón pardo, abundantes pelos hirsutos muy pequeños en la parte externa que se adhieren al cuerpo cuando hacemos contacto. La parte interna es lisa, brillos y glabra; crece en promedio 7.6 cm/día.

### **2.9.2. Distribución geográfica de *G. angustifolia* Kunth.**

La especie *G. angustifolia* se considera como nativa de Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y México, específicamente los del género *Guadua* son comunes en las regiones bajas de América Latina. También ha sido introducida a México y varios países centroamericanos, Isla del Caribe, Hawái y Asia, aproximadamente 30 especies distribuidas desde México hasta la

Argentina, las cuales se pueden encontrar en diferentes altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,200 m.s.n.m.

*G. angustifolia* es la especie con mayor distribución continental, se encuentra desde el norte de Perú, a través de Ecuador, Colombia y América Central hasta el sur de México, es conspicuamente ausente en la mayor parte de Nicaragua y en todo Costa Rica; en Panamá y sobre la frontera oeste colombiana no hay colecciones. En contraste alcanza su clima ecológico en Colombia y Ecuador en las llanuras húmedas tropicales, bosque tropical montano bajo, bosque semideciduo y en las sabanas (LONDOÑO, 1998). Su distribución natural es bastante variable, tanto en abundancia como en variedades, pero actualmente debido a la intervención humana se ha ampliado la distribución de algunas especies. La mayor cantidad de especies en el mundo se concentra en la costa sudeste de Asia e islas adyacentes. Esta región se extiende desde la India hasta la China en el continente y desde Japón hasta Java (PORRAS, 1985).

### **2.9.3. Características ecológicas de *G. angustifolia* Kunth.**

La mayor parte de las *G. angustifolia* se encuentran en suelos areno-limosos y arcillo-limosos conformados de aluviones de los ríos o frecuentemente de subes tractos. Los colores de los suelos en que más frecuentemente se encuentran son: amarillo castaño, amarillo rojizo claro. El subsuelo varía de rojo claro a amarillo y gris azulado. Usualmente prefiere suelos bien drenados pero también se encuentra en lechos cenagosos o

húmedos. No se conoce que se desarrollen en suelos salinos. En las zonas tropicales las formaciones naturales de guadua se encuentran más en suelos negros y aluviales.

Las *G. angustifolia* crecen bien en pendientes empinadas pero no gustan de los fuertes rayos solares. Generalmente los lugares orientados hacia el occidente reciben los fuertes rayos solares y no se recomiendan. La humedad relativa se dice que es uno de los factores determinantes en la distribución de la especie, estos se encuentran en zonas de humedad relativa que varía del 80% hacia arriba. La mayoría se desarrollan en temperaturas que varían entre los 9 y 36°C sin embargo, existen especies que crecen en alturas mayores como es el caso de algunas especies en la india a 3,050 m en algunos lugares de Latinoamérica, existen especies a 3,650 m o aun en regiones donde la nieve y las heladas. El promedio mínimo de precipitación anual requerido es de 762 mm el promedio máximo no se conoce, pero hay guadas que se encuentran en zonas donde la precipitación es mayor de 6,350 mm la variación más común es entre 1,270 y 4,050 mm (LONDOÑO 1998).

#### **2.9.4. Usos generales de *G. angustifolia* Kunth.**

La *G. angustifolia*, a diferencia de los árboles, adquiere su máximo desarrollo en menos de un año, después de haber brotado del suelo. Terminado su desarrollo se inicia su maduración que en la mayoría de las guadas alcanza su máximo grado entre los 3 y los 6 años. Es el bambú más sobresaliente de todos los nativos de América, tiene una resistencia

relativamente alta, tanto a los hongos como a los insectos xilófagos. Tiene además, capacidades reguladoras y protectoras de suelos, agua y fauna. La raíz que forma un sistema entretejido, y su follaje tupido y liviano le permiten coadyuvar a la conservación de suelos y aguas evitando la erosión.

La primera utilización que se le da al bambú es como alimento, con este propósito se utilizan brotes o cogollos de 10 o 15 días de edad. Cuando no se utiliza como alimento, se aprovechan industrialmente en las últimas décadas dadas sus posibilidades de sustituir a la madera en la construcción la *G. angustifolia* dado a los diferentes grados de dureza, flexibilidad y resistencia que este bambú va adquiriendo a medida que transcurre la primera etapa de su maduración entre los tres, cinco o seis años, aproximadamente, el bambú adquiere su máxima resistencia por lo cual se aprovecha durante este periodo en la construcción o en la fabricación de productos que requieren un material más duro y resistente, después de los 6 años. La resistencia de la *G. angustifolia* comienza a declinar a medida que el tallo se va secando, y su rizoma se vuelve improductivo, es muy importante en la en artesanía y en la producción de pulpa para papel (LONDOÑO, 1998).

#### **2.10. Descripción taxonómica de *Bambusa tulda* Roxb.**

Según CRONQUIST (1981) tiene la siguiente clasificación:

Reyno : PLANTAE  
División : MAGNOLIOPHYTA  
Clase : MONOCOTILEDONEAS

Sub Clase	: COMMELINIDAES
Orden	: POALES
FAMILIA	: GRAMÍNEA
Género	: Bambusa
Especie	: Tulda
N. Común	: Bambusa

### **2.10.1. Descripción botánica de *B. tulda* Roxb.**

ARÉVALO y RUÍZ (2008) manifiestan que son poblaciones densas con rizoma de tipo simpodial, se caracterizan por formar plantones muy densos con culmos muy juntos cuando los cuellos de los rizomas son cortos. Los culmos o cañas de color verde oscuro, observándose en conjunto de un color oscuro, por lo que comúnmente le denomina también bambú negro, de 12 a 16 m de altura y de 7 a 9 cm de diámetro, presenta una pared o espesor de 2 cm lo que hace que los culmos sean bastante pesadas por el poco orificio que presentan, presencia de ramas más o menos abundantes en la pared basal y apical del culmo. Los nudos no son muy notorios porque tienen el mismo color de las cañas, la distancia promedio de los primeros 7 entre nudos basales es de 32 cm, es decir esta distancia fluctúa desde 20 cm que corresponde al entrenudo 1 hasta 48 cm que corresponde al entre nudo 7; con tendencia a que esta distancia de los entre nudos se incremente hacia la parte superior de los culmos. Las hojas de forma lanceolada y muy erecta de 12 a 20 cm de longitud y de 2 a 3 cm de ancho, sin presencia de indumento; brácteas más o menos persistentes de 25 a 30 cm de longitud, con abundante indumento de color

pardo oscuro en toda el área de la bráctea; los brotes son glabros, tienen hojas caulinares de color verde claro a amarillento, a excepción de la parte apical que tiene un color más o menos lila claro.

#### **2.10.2. Distribución geográfica de *B. tulda* Roxb.**

Es una especie introducida, originaria de la India, Bangladesh y Burnma, la especie se cultiva extensamente en las colinas bajas de Centroamérica, introducida a Cuba actualmente se encuentra mezclada con otras especies (PORRAS, 1985).

#### **2.10.3. Características ecológicas de *B. tulda* Roxb.**

Se presentan en forma de manchas compactas o abiertas, o de pies aislados pero de ordinario forman el piso inferior de bosques siempre verdes, semi perennifolios, mesofíticos, xerofíticos y caducifolios de las zonas tropicales. Se desarrollan en terrenos variables entre suelo franco arenoso y suelo franco arcilloso, formados por depósitos de aluvi3n o lo que es frecuente, por la desintegraci3n de la roca subyacente. Los colores del suelo m3s frecuentes son amarillo, amarillo pardusco o amarillo rojizo claro. Tambi3n se encuentran en terrenos planos aluviales y arenosos a lo largo de los cursos de agua, crece a una altitud de 1,500 msnm (PORRAS, 1985).

#### **2.10.4. Usos generales de *B. tulda* Roxb.**

Esta especie se utiliza para construcci3n de viviendas, andamios, cajas, tejas, art3culos de artesan3a, los brotes tiernos se utilizan para hacer

encurtidos excelentes es conveniente para la fabricación de embalaje, y como materia prima para la fabricación de papel.

Utilizado en tripura para hacer los juguetes, alfombras, pantallas, placas de pared, colgantes de pared, sombreros, cestos, contenedores de cereales alimentarios, etc. Desde hace tiempo se exportan a Europa y los Estados Unidos de América en el marco de culmos para la industria de pulpa y papel, es una de las cinco especies de crecimiento rápido de bambús. Puede ser utilizado como refuerzo en el hormigón de cemento, los vástagos jóvenes sirven como alimento como suculentos encurtidos, son ricos en fitoesteroles y los brotes fermentados puede ser utilizado para la producción de drogas de esteroles (TAKAHASHI, 2006).

#### **2.11. Descripción taxonómica de *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer.**

Según CRONQUIST (1981) tiene la siguiente clasificación:

Reyno	: PLANTAE
División	: MAGNOLIOPHYTA
Clase	: LILIOPSIDA
Sub Clase	: COMMELINIDAES
Orden	: POALES
FAMILIA	: POACEAE (GRAMÍNEA)
Género	: <i>Dendrocalamus</i>
Especie	: <i>Asper</i>
N. Común	: Bambú

### 2.11.1. Descripción botánica *D. asper* (Schult.) Backer.

ARÉVALO y RUÍZ (2008) mencionan que *Dendrocalamus asper* (del griego: dendron: árbol; calamus: caña; asper: áspero), poblaciones densas con gruesos rizomas del tipo simpodial, se caracterizan por formar plantones muy densos con culmos muy juntos los cuellos de los rizomas son cortos. Los culmos son erectos de 20 a 30 m de alto y 10 a 20 cm de diámetro, son verdes, pubescentes, con ramificación extra vaginal desde la mitad del culmo (solo una rama dominante); nudos inferiores con raíces aéreas; entrenudos huecos de 30 a 50 cm de largo, los inferiores de 10 a 20 cm. Estructuralmente, está constituido por un sistema de ejes vegetativos o tallos segmentados por nudos (anillos a lo largo del tallo), entrenudos (espacio entre los nudos), y de un rizoma (raíz) que se extiende libre y agresivamente por el subsuelo.

El rizoma es el órgano que fija y soporta a la planta en el suelo; es el que absorbe, almacena y dosifica los líquidos nutrientes al organismo vegetal y es el que actúa como elemento de propagación asexual del bambú. El tallo tiene forma cilíndrica y espacios huecos separados transversalmente por tabiques o nudos que le dan una gran rigidez y al mismo tiempo, flexibilidad y resistencia. Los tallos, llamados comúnmente culmos, difieren en altura, diámetro y forma de crecimiento, según las características agroecológicas del lugar del cultivo. El culmo brota del suelo con el diámetro máximo y final que tendrá hasta su madurez, desarrolla su longitud completa durante el periodo invernal, luego brotan las ramas y las hojas en un tiempo de hasta 6 años, llamado periodo de maduración o sazónamiento, en el que adquiere las

características físico mecánicas del bambú. Los beneficios que aporta el cultivo de bambú gigante son innumerables, entre ellos se destacan los siguientes:

- Recuperación de tierras desoladas o baldías, sin uso aparente.
- Protección de pendientes, de riveras de ríos y quebradas, con la ayuda de sus sistema radicular, formando redes gigantescas de raíces debajo de la superficie de los suelos, reteniéndolos o sosteniéndolos a los mismos, evitando además, la erosión.
- Protección de las fuentes de agua contra la evaporación gracias a la sombra que proporciona el follaje. Únicamente sembríos en riveras de ríos.
- Mantiene la humedad de los suelos almacenando gran cantidad de agua en sus tallos durante invierno, regresándola al suelo, a través de las raíces, en verano.
- Lugar de vida y fuente de alimento para varias especies animales, especialmente aves.
- La explotación de este producto, permite proteger bosques primarios con otras especies maderables, que demoran hasta cincuenta años en crecer, mientras que el *Dendrocalamus asper*, se puede cosechar a partir del quinto año, sin que la mata deje de producir.
- Aporta de 2 a 4 toneladas de biomasa por hectárea al año.
- Aporta 35% más de oxígeno que otras especies forestales.
- Captura de 12 toneladas de anhídrido carbónico por hectárea.

### **2.11.2. Distribución geográfica *D. asper* (Schult.) Backer.**

Es una especie introducida, nativa de la India, Birmania y Tailandia, cultivado en muchas partes del sureste de Asia su clima templado como en China y el este de Asia. Vive en regiones tropicales debido a que allí se encuentran extensos cultivos de este bambú gigante (TAKAHASHI, 2006).

### **2.11.3. Características ecológicas *D. asper* (Schult.) Backer.**

Crece a altitudes altas y por lo que puede resistir algunos grados bajo cero. Se presenta en elevaciones entre el nivel del mar, pero se desarrolla mejor entre 400 a 500 m, se le encuentra sobre pequeñas y altas montañas de hasta 1,500 m con alta pluviosidad. Se adapta a suelos secos y húmedos, creciendo mejor en suelos ricos; además tolera bajas temperaturas de hasta menos 3 °C (CASTAÑO, 1993).

### **2.11.4. Usos generales *D. asper* (Schult.) Backer.**

Es uno de los bambúes de mayor valor económico, las paredes de sus culmos son muy fuertes y duraderas. Es un excelente material para la construcción de viviendas, puentes, fabricación de muebles, artesanías, postes, parquet, farmacéutica, en la industrial de pulpa para papel y otros.

En ocasiones son empleados para conducir agua por gravedad y sus secciones como recipientes para recoger agua, en Tailandia se exportan los brotes de *D. asper* que son comestibles (ECOBAMBÚ, 2006).

## 2.12. Descripción taxonómica de *Gigantochloa apus* (Schultes) Kurz.

Según CRONQUIST (1981) tiene la siguiente clasificación:

Reyno	: PLANTAE
División	: MAGNOLIOPHYTA
Clase	: LILIOPSIDA
Sub Clase	: COMMELINIDAES
Orden	: POALES
Familia	: POACEAE (GRAMÍNEA)
Género	: <i>Gigantochloa</i>
Especie	: <i>Apus</i>
N. Común	: Bambú

### 2.12.1. Descripción de botánica *G. apus* (Schultes) Kurz.

ARÉVALO y RUÍZ (2008) manifiestan que son poblaciones abiertas con rizoma del tipo simpodico con culmos o cañas erectas o inclinadas, flexibles de color verde oscuro, rectas y a veces arqueadas principalmente los culmos laterales de la mata por el poco soporte que tienen entre ellos, de 20 a 35 m de altura, de 7 a 9 cm de diámetro. Presentan pocas o falsas ramas pequeñas en la base, pero si ramas con follaje denso desde la parte tercio superior de la caña. La pared tiene un espesor de 1.5 cm y un orificio promedio de 7 cm hace una mata o macollo compacto el cual genera dificultades para su aprovechamiento cuando es selectivo y las cañas maduras por lo general están en la parte interna de la mata. Por la persistencia de las brácteas en los culmos el cual presentan abundantes pelos hirsutos de color negro en la parte externa

y en los bordes de la parte interna, éstas se impregnan en las cañas generando escozor cuando se hace contacto al aprovechar, mientras que las ramas laterales y terminales son glabras. Nudos con una sola yema, de color crema a amarillo. La distancia promedio de las primeras 7 secciones de los entrenudos basales es de 36.5 cm, es decir esta distancia fluctúa desde 23 cm que corresponde al entrenudo de 1 hasta 48 cm que corresponde al entrenudo 7; existe la tendencia de aumento de esta distancia hasta los 50 cm donde se estabiliza en la parte media de la caña y con tendencia a reducirse hacia la parte apical.

Hojas deciduas alternas, haz de color verde oscuro mientras que existe una cierta diferencia con el envés que es de un color verde más claro, de 15 a 30 cm de largo y de 3 a 4 cm de ancho. Brácteas es persistente en las cañas, hasta incluso su madurez, tiene una longitud de 25 a 45 cm y un ancho de 26 a 36 cm, con abundante indumento de color marrón oscuro a negruzco en la parte externa que crea un escozor cuando hay contacto directo. Brotes de color negruzco con hojas caulinares que protegen al brote, por lo mismo tiene abundante indumento hirsuto, nacen en las zonas laterales de las matas o macollo, por lo que es simpodial y crece en promedio de 15.3 cm/día.

#### **2.12.2. Distribución geográfica de *G. apus* (Schultes) Kurz.**

Especie introducida, nativa de Burma y Taylandia crece en regiones tropicales y húmedas, también se le encuentra en montañas de hasta 1,500 m de altitud, se encuentra preferentemente a orillas de los ríos (ECOBAMBÚ, 2006).

### **2.12.3. Características ecológicas de *G. apus* (Schultes) Kurz.**

Requiere de suelos húmedos, capaz de habitar en montañas de hasta 1,500 m de altitud. El gran problema con este género es su escasa resistencia a las bajas temperaturas, solamente podemos cultivarlo en regiones tropicales o semitropicales (MOTIEL, 2006).

### **2.12.4. Usos generales *G. apus* (Schultes) Kurz.**

Es de gran importancia para la economía rural, ya que se utiliza mayormente en labores de artesanía, se usan en la construcción, son muy apetecibles como productos comestibles y como fuente de materia prima en la industria papelera,

Sus culmos pueden ser utilizados para la construcción rural de viviendas, puentes y cualquier clase de artesanías al horno y también en la fabricación de muebles, decoraciones, enchapados, en artesanía, como linderos vivos, entre otros (INRENA, 2005).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del experimento**

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia, laboratorio taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal y el laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, que se encuentran dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, ubicado a una altitud de 660 msnm, con coordenadas geográficas de 09° 09' 00" de latitud sur y 75° 59' 00" de longitud oeste.

#### **3.2. Materiales y métodos**

##### **3.2.1. Materiales**

Se utilizó vasos de forma alta de 250 mL y 1,000 mL (NF – B35-001), pipetas de presión de 50 mL (NF – B35-024), crisoles de porcelana de 30 mL de capacidad, papel de filtración rápida, papel filtro sin ceniza de filtración lenta redondos de 110 mm o de 90 mm de diámetro según la cantidad de insoluble recogido, embudo buchner de dimensión apropiada a las del papel

filtro, vasos de precipitación, balón de cuello esmerilado de 100 mL, capsula de porcelana, crisol filtrante N° 2, probeta de 50 mL, tamizadores 40/60.

### **3.2.2. Equipos**

Balanza analítica, mufla, estufa, refrigerante a reflujo, equipo de extracción soxhlet, calentador eléctrico, desecador, bomba de vacío, baño maría, sierra circular, motosierra, machete, cámara digital y GPS Garmin 12 Etrex.

### **3.2.3. Reactivos**

Agua destilada y desionizada, ácido sulfúrico  $d_{20} = 1.48 \pm 0.005$  y  $1.77 \pm 0.005$ , ácido nítrico de 40 °Brne, alcohol etílico de 90°, alcohol de 96° y Benceno.

### **3.2.4. Especies en estudio**

*Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.

## **3.3. Metodología**

La metodología propuesta en el presente trabajo de investigación se esquematiza en una serie de pasos descritos a continuación.

### **3.3.1. Identificación y selección de la mata**

En el presente trabajo se utilizaron matas de bambúes del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, que se ubicaron con

salidas al campo donde se seleccionaron matas en buenas condiciones para así poder extraer los culmos seleccionados, esta identificación estuvo a cargo de un profesional colegiado y habilitado (Anexo 1) y posteriormente se procedió a tomar puntos de las diferentes especies de bambú ya seleccionados con la ayuda de un GPS (Anexo 15) para mayor precisión, estos corresponden:

Cuadro 2. Ubicación de las matas de bambúes

Nº	ESTE	NORTE	ESPECIE
1	390631	8670407	<i>Bambusa tulda</i>
2	390534	8970535	<i>Gigantochloa apus</i>
3	390744	8970445	<i>Dendrocalamus asper</i>
4	390682	8970635	<i>Guadua angustifolia</i>

### 3.3.2. Transporte de culmos

Se realizó el traslado de los culmos de los bambúes seleccionados que presentaron uniformidad para ser llevados al laboratorio taller de aprovechamiento y maquinaria forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables.

### 3.3.3. Secado de los culmos y muestras

Se procedió a secar los culmos de los bambúes poniéndoles parados por un tiempo de 15 días en el laboratorio taller de aprovechamiento y maquinaria forestal para el secado a la intemperie el aire es el agente secante, su temperatura, humedad relativa y velocidad de los vientos, son los elementos

determinantes en el proceso de secado, el ritmo del secado depende del clima local y de su variabilidad para así obtener las muestras (aserrín). Luego las muestras extraídas se secaron por un periodo de 20 días poniéndolos al sol para así poder trabajar en base seca y luego fue llevado al laboratorio para los análisis respectivos.

#### **3.3.4. Extracción de muestras**

Se realizó la extracción de la muestras (aserrín) de cada especie, de las cuales se extrajeron 3 culmos por mata y 4 muestras por culmo, donde posteriormente se codificaron para ayudar a la diferenciación de las especies (Anexo 3).

#### **3.3.5. Análisis proximal de las muestras de bambúes *Guadua angustifolia* kunth., *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer. y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.**

Se extrajo 500 g de muestra (aserrín) de cada culmo de bambú de las cuatro especies diferentes para los análisis respectivos a realizar en el laboratorio.

##### **3.3.5.1. Determinación del análisis porcentual de ceniza**

###### **- Método de incineración**

1. Se tamizó la muestra (aserrín) en una malla de 40/60 para obtener uniformidad.
2. Se colocó el crisol limpio en estufa a 100 °C durante 1 hora.

3. Este se dejó enfriar en el desecador durante 30 minutos.
4. Luego se pesó 5 g de muestra de cada especie y se colocó en el crisol con peso conocido, luego se llevó al horno incinerador (mufla) a una temperatura de 600 °C por 16 horas.
5. Se determinó la masa constante (K).
6. Posteriormente se dejó enfriar el crisol conteniendo las cenizas en un desecador durante 45 minutos y se pesó el crisol con las cenizas (McC).
7. Luego se calculó por diferencia de peso la ceniza, utilizando la fórmula:

$$\% \text{ Ceniza} = \left( \frac{\text{MC}}{\text{Mm (K)}} \right) \times 100$$

Donde:

MC: Masa del crisol con cenizas (McC) – Masa del crisol (Mc)

Mm: Masa del crisol con la muestra (Mcm) – Masa del crisol (Mc)

K : Masa constante

### 3.3.5.2. Determinación del análisis porcentual de extractivo

#### - Método de solubilidad en alcohol – benceno

Para la determinación de la solubilidad de la madera en alcohol - benceno se utilizó la norma TAPPI 204 os-76.

1. Se llevó a la estufa por 24 horas el papel filtro, luego se pesó (Mp).
2. Se determinó el contenido de humedad (K), para ello se pesó 5 g de la muestra, se anotó el peso y se llevó a la estufa por 72 horas y se pesó.
3. Se pesó en el papel 2 g de la muestra (Mpm), y se anotó el peso de la muestra (Mm).

4. La muestra envuelta con el papel se extrajo en un sistema soxhlet por 5 horas, con un reciclado de solvente de 6 veces por hora, utilizando 90 mL de una mezcla de alcohol - benceno en una proporción 1:2 (v/v).
5. Luego se retiró la muestra y se puso a secar al ambiente por espacio de 5 horas.
6. De ahí se llevo a las muestras a la estufa a  $105 \pm 3$  °C por 72 horas.
7. Finalmente se dejó enfriar en un desecador por 20 minutos y se pesó (Mprs) con una precisión de 0.0001 g.

Para determinar el porcentaje de extractivo de la mezcla alcohol – benceno en las muestras de bambúes se usó la siguiente fórmula:

- Cálculo del porcentaje de extraíbles sin considerar el papel

$$\% \text{ Extractivo} = \left( \frac{Mm \times K - Mrs}{Mm (K)} \right) \times 100$$

Donde:

% E : Porcentaje de extraíbles

Mm : Masa de la muestra

Mrs : Peso del residuo seco (sin extraíbles)

K : Masa constante

### 3.3.5.3. Determinación del análisis porcentual de celulosa

- **Método de Kurscher y Hoffner**

La determinación de celulosa se llevó a cabo de acuerdo al método Kurscher y Hoffner, la fracción de muestra tamizada entre las mallas 40/60

previamente libre de extractivo en alcohol benceno de acuerdo a la norma TAPPI T os – 59.

1. Se tomaron dos gramos de muestra (Mm).
2. Se colocaron las muestras en balones de 250 mL con refrigerante a reflujo, agregando una mezcla de 10 mL de ácido nítrico y 40 mL de alcohol.
3. llevando luego a una ebullición suave en baño maría por una hora.
4. Posteriormente se decantó el líquido sobrenadante sobre un crisol filtrante N° 2 (porosidad media) de peso conocido con ayuda de una bomba de vacío.
5. Luego se agregó nuevamente a la muestra 50 mL de la mezcla nitro alcohólica y se procedió como el caso anterior.
6. Este procedimiento se repitió por tercera vez y en este último ataque nitro alcohólico lo que quedo en el balón se filtró al vacío sobre el crisol filtrante.
7. Para luego ser lavado el residuo con agua destilada, se secó a la estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
8. Se anotó el peso del crisol filtrante con la celulosa (WcCel).
9. Finalmente la muestra de celulosa se colocó en un crisol de porcelana con peso conocido, para luego ser llevado a la mufla hasta llevarlo a cenizas y se anotó el peso de cenizas (MC).

$$\% \text{ Celulosa} = \left( \frac{\text{McCel} - \text{Mc} - \text{MC}}{\text{Mm} \times \text{K}} \right) \times 100$$

Dónde:

McCel : Masa del crisol con la celulosa

Mc : Masa del crisol

MC : Masa de las cenizas

Mm : Masa de la muestra = 2 g

K : fracción de la masa seca

#### **3.3.5.4. Determinación del análisis porcentual de lignina**

##### **- Método del ácido sulfúrico**

La determinación de lignina se llevó a cabo de acuerdo al método del ácido sulfúrico la fracción de muestra tamizada entre las mallas 40/60 previamente libre de extractivos en alcohol benceno.

1. Se determinó la fracción de la masa constante (K).
2. Se introdujo la muestra en un vaso de 250 mL y se le agregó 20 mL del ácido (1), dispersando cuidadosamente con ayuda de un agitador hasta que se obtuvo una mezcla homogénea durante media hora.
3. Se enfrió inmediatamente colocando el vaso con la muestra en un envase con agua y hielo, se agregó entonces lentamente 20 mL del ácido (2).
4. Se dejó en reposo por 24 horas a una temperatura entre 5° y 21°C.
5. Luego de ello la mezcla se trasladó a un vaso de 1,000 mL que contenía 450 mL de agua destilada y se enjuagó el vaso inicial con 50 mL más de agua destilada.
6. Se llevó a una ligera ebullición por 10 minutos.

7. Se dejó enfriar y se filtro sobre un embudo Buchner provisto de un papel filtro superpuesto de peso conocido.
8. Se lavó muy abundantemente con cloruro de bario al 5 % interrumpiendo al vacío varias veces.
9. Luego los papeles y las muestras se pusieron en una luna de reloj las cuales fueron llevadas a la estufa a  $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta una masa constante (MLp).
10. Se incineró enseguida los papeles filtro en un crisol de porcelana tarado y se pesó las cenizas (MC).

Para calcular el porcentaje de lignina insoluble en la muestra del ensayo se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Lignina} = \left( \frac{\text{MLp} - \text{Mp} - \text{MC}}{\text{Mm} \times \text{K}} \right) \times 100$$

Donde:

- MLp : La masa constante en gramos, del insoluble bruto seco (lignina bruta con cenizas y papel).
- Mp : Masa del papel
- MC : La masa de las cenizas expresada en gramos.
- Mm : Masa de la muestra
- K : Fracción de masa seca.

### 3.3.6. Diseño experimental

Para el análisis proximal de cuatro especies de bambú *Guadua angustifolia* kunth., *Bambusa tulda* roxb., *Dendrocalamus asper* (schult.)

backer. y *Gigantochloa apus* (schultes) kurz. , extraídos del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), se empleó el diseño completamente al azar (DCA), con 4 unidades experimentales de 3 culmos por unidad experimental, haciendo uso del software SPSS 17.00 en español.

### 3.3.7. Análisis estadístico

Se realizó una prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con el objetivo de determinar las categorías estadísticas en la comparación o mínima diferencia estadística entre las medias de cada tratamiento a un nivel de significancia de 5%, para realizar las comparaciones entre las especies investigadas.

#### - Esquema del ANVA

Para el diseño completamente al azar, se realizó el análisis de varianza como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza para un DCA.

Fuente	GL	SC	MC	F
Tratamientos	t -1	SCT	CMT	F <sub>c</sub>
Error experimental	(t x r)-t-2	SCE	CME	
Total	(t x r)-1	SCT		

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Análisis porcentual interespecifico de ceniza en *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.

Luego de realizar el análisis de varianza (ANVA); prueba que permitió medir la variación de las respuestas estadísticas numéricas como valores de evaluación de diferentes tratamientos. En el Cuadro 4 de análisis de varianza nos indica que existe significancia entre las especies de bambú, esto implica que las especies presentan porcentajes de ceniza con medias no comunes (especies difieren entre sí) y difieren en forma significativa. Sin embargo, no indica cuál de ellos es mejor y como difieren unos de otros.

Cuadro 4. ANVA de ceniza de *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* y *G. apus*.

Fuente de Variación	G.L	S. C	C. M	F.c	Sig. <sup>1</sup>
Especies de bambú	3	63.714	21.238	50.321	**
Error experimental	44	18.570	0.422		
Total	47	82.285			

CV = 23.47 %

La diferencia estadística que existe entre las especies, se debe posiblemente a la naturaleza de cada especie, es decir a la fisiología propia de cada una de ellas (CASTAÑO, 1983 y ÁLVAREZ, 2005), y también se debe a la distribución geográfica (MARÍN, 2004).

#### 4.1.1 Porcentaje de ceniza

En el Cuadro 5 y Figura 1, observamos que entre los porcentajes de ceniza, *G. angustifolia* (4.36%) estadísticamente difiere significativamente frente a las demás especies, *B. tulda* (3.34%), *G. apus* (1.91%) y *D. asper* (1.46%); existe significancia estadística entre la especie *B. tulda* 3.34% y *G. apus* 1.91%, *D. asper* 1.46 %. Estas dos especies no presentan significancia estadística de ceniza.

Cuadro 5. Prueba Tukey de ceniza de *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* *G. apus*.

Especies	Cenizas (%)	Significación <sup>1</sup> ( $\alpha = 0,05$ )
<i>G. angustifolia</i>	4.36	A
<i>B. tulda</i>	3.34	B
<i>G. apus</i>	1.91	c
<i>D. asper</i>	1.46	c

<sup>1</sup> Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

En las muestras obtenidas a diferencia con lo obtenido por MARTINEZ (1982) que menciona que el contenido de ceniza de los culmos de bambú es 1.63 %, esta diferencia puede deberse a la composición química de

los suelos, que va ligada a la capacidad de absorción de minerales por las plantas.

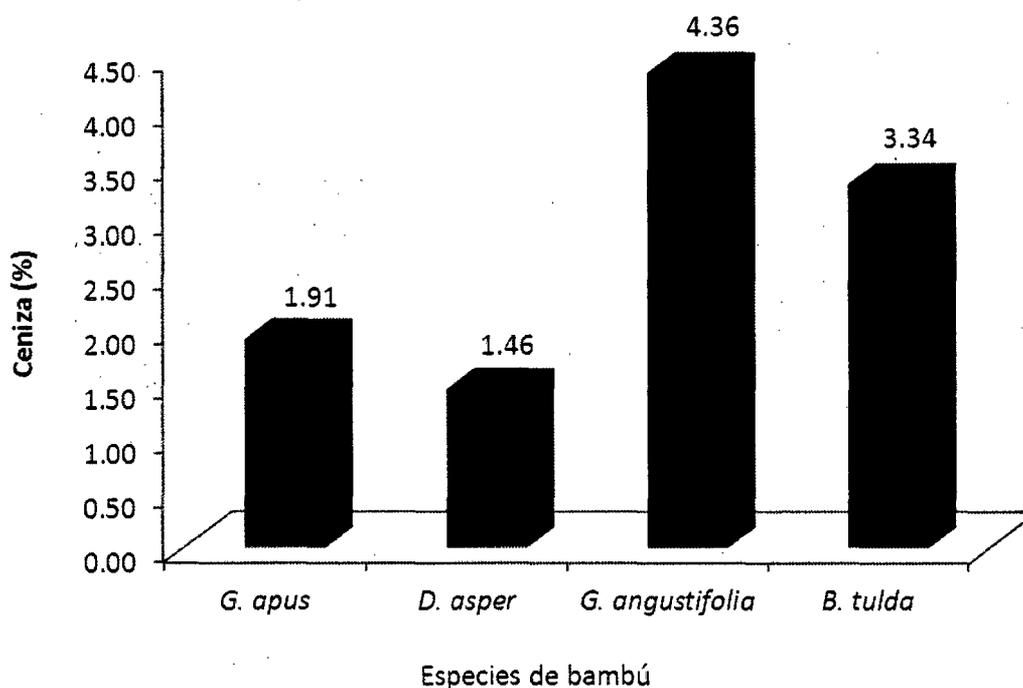


Figura 1. Distribución porcentual de ceniza de las especies *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* y *G. apus*.

Según PALACIOS (2006) la ceniza es el residuo inorgánica de una muestra incinerada, su cuantificación es el inicio para determinación de los elementos minerales, los cuales actúan en el organismo (Coenzimas, equilibrio ácido base, estructura, hormonas y vitaminas). MUÑOZ (1990) menciona que la determinación de ceniza carece de significación para la apreciación del contenido específico de las sustancias minerales. Sin embargo es el punto de partida para la cuantificación, el porcentaje de ceniza varía de 1.2 a 4.19% en el bambú.

#### 4.2 Análisis porcentual interespecífico de extractivo en *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.

Luego de realizar el análisis de varianza (ANVA); prueba que permitió medir la variación de las respuestas estadísticas numéricas como valores de evaluación de diferentes tratamientos.

En el Cuadro 6 observamos que no existe significancia entre las especies con respecto a los extractivos, lo que se puede afirmar que son independientes y varían entre las cuatro especies. No existe significancia estadística entre las especies, esto se debe que hay un parecido entre las especies (ÁLVAREZ, 2005).

Cuadro 6. ANVA de extractivos de *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* *G. apus*.

Fuente de Variación	G.L	S. C	C. M	F.c	Sig. <sup>1</sup>
Especies de bambú	3	26.494	8.831	3.757	NS
Error experimental	44	103.434	2.351		
Total	47	129.927			

<sup>1</sup> El valor calculado es mayor que el valor de tablas  
CV = 40.35 %

##### 4.2.1 Porcentaje de extractivos en las especies

En el Cuadro 7 y Figura 2, se observa que entre los porcentajes de extractivos de las especies de bambú no existe significancia estadística entre las especies *G. angustifolia* (9.58 %), *D. asper* (9.19 %) y *B. tulda* (8.75 %). Estas especies difieren estadísticamente frente a *G. apus* (7.60 %).

Cuadro 7. Prueba Tukey de extractivos de *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* y *G. apus*.

Especie	Extractivos (%)	Significación <sup>1</sup> ( $\alpha = 0,05$ )	
<i>G. angustifolia</i>	9.58	A	
<i>D. asper</i>	9.19	A	B
<i>B. tulda</i>	8.75	A	B
<i>G. apus</i>	7.60	B	

<sup>1</sup> Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

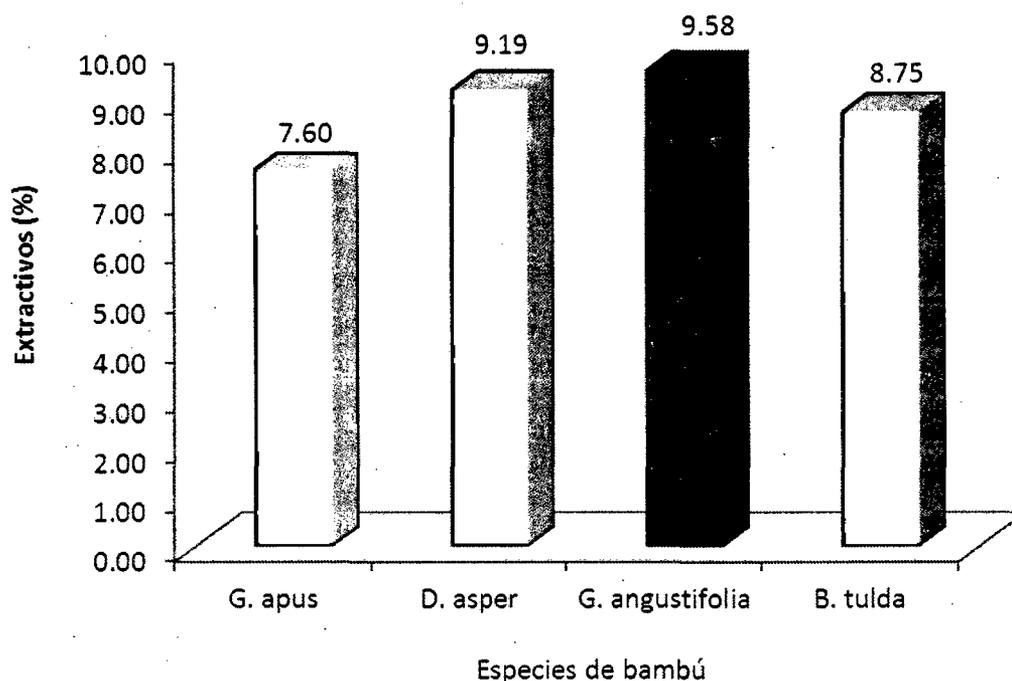


Figura 2. Distribución porcentual de extractivos de las especies *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* y *G. apus*.

En las muestras obtenidas se observa que los resultados del contenido de extractivos en la mayoría de los bambúes existe una considerable variación, por ejemplo en especies que crecen en zonas templadas se

presentan en cantidades promedio de 5 % y en especies de zonas tropicales representan un 10 %. Los extractivos se ubican preferentemente en el duramen, pero existe una pequeña cantidad en la albura que alcanza un promedio de 3 a 8 %, respecto al peso seco del bambú. Es importante destacar que los extractivos (extraíbles) a pesar de dar propiedades especiales tales como color, olor y durabilidad, no forman parte de la estructura de la madera. La cantidad de extractivos decrece gradualmente en el tronco de un árbol desde el nivel del suelo hacia la copa (TAKAHASHI, 2006).

Según PALACIOS (2006), menciona que para poder realizar otros análisis químicos en la madera, es necesario que la madera esté libre de extractivos, para así poder evitar posibles errores e interferencias en los resultados. La determinación de extractivos solubles en alcohol – benceno es debido a la diversidad de sustancias que no conforman parte de la pared celular que se presentan en la madera, ningún solvente aislado es tan eficaz. Entre los solventes que se utilizan para la solubilidad de los extractivos se tiene la mezcla de alcohol – benceno, aprovechando la afinidad con algunas sustancias presentes en la madera que no conforman parte de la pared celular, son captadas por dichas mezclas, entre las sustancias que se extraen. Según DIAZ–VAZ (2003), menciona que la extracción que se le hace al material en alcohol benceno, se extraen todas las sustancias de baja polaridad como resinas, ácidos grasos, hidrocarburos y parte de los taninos. Así mismo la selección del solvente para extraer sustancias extraíbles es importante ya que

de eso depende la solubilidad de estas y la extracción eficiente de los metabolitos secundarios.

#### 4.3 Análisis porcentual interespecíficos de celulosa en *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.

Luego de realizar el análisis de varianza (ANVA); prueba que permitió medir la variación de las respuestas estadísticas numéricas como valores de evaluación de diferentes tratamientos (especies de bambú). En el Cuadro 8 se observa el análisis de varianza el cual indica que si existe significancia entre las especies. Indica que las especies presentan porcentajes de celulosa con medias no comunes y difieren en forma significativa unas de otras. Sin embargo, no indica cuál de ellos es el mayor o menor y cómo difieren unos de otros.

Cuadro 8. ANVA de celulosa de *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* *G. apus*.

Fuente de Variación	G.L	S. C	C. M	F.c	Sig. <sup>1</sup>
Especies de bambú	3	1699.457	566.486	18.253	**
Error experimental	44	1365.547	31.035		
Total	47	3065.004			

CV = 16.78 %

La diferencia estadística que existe entre las especies, se debe posiblemente a la naturaleza de cada especie, es decir a la fisiología propia de

cada una de ellas (CASTAÑO, 1983 y ÁLVAREZ, 2005), y también se debe a la distribución geográfica (MARÍN, 2004).

#### 4.3.1. Porcentaje de celulosa en las especies

En el Cuadro 9 y Figura 3, se observa que entre los porcentajes de celulosa, *G. angustifolia* (43.35 %) estadísticamente difiere significativamente frente a las demás especies, *B. tulda* (31.54 %), *G. apus* (29.02 %) y *D. asper* (28.92 %); mientras que no existe significancia estadística entre la especie *B. tulda* (31.54 %), *G. apus* (29.02 %) y *D. asper* (28.92 %), esto es de acuerdo a la prueba de Tuckey.

Cuadro 9. Prueba Tukey de celulosa de *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* *G. apus*.

Especies	Celulosa (%)	Significación <sup>1</sup> ( $\alpha = 0,05$ )
<i>G. angustifolia</i>	43.35	A
<i>B. tulda</i>	31.54	B
<i>G. apus</i>	29.02	B
<i>D. asper</i>	28.92	B

<sup>1</sup> Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

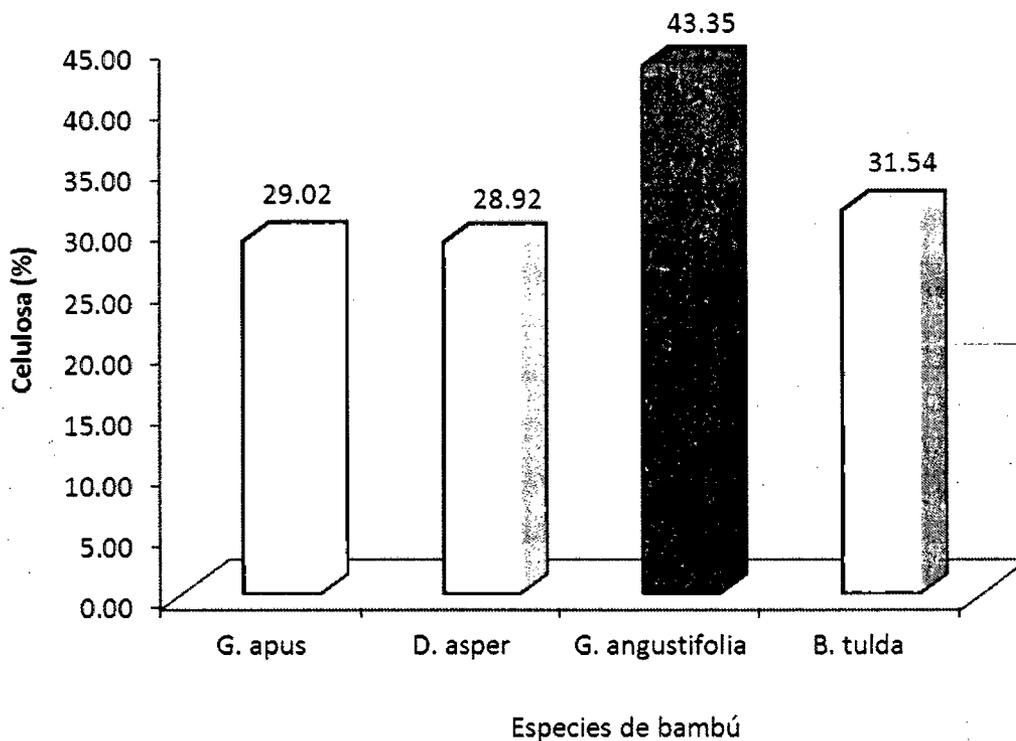


Figura 3. Distribución porcentual de celulosa de las especies *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* y *G. apus*.

Según PALACIOS (2006), la determinación de celulosa que se encuentra en la madera es de un 40 a 50 %; la cual se encuentra asociada a la lignina, esta se comporta como una sustancia segmentada, el cual tiene atrapadas a las fibras de celulosa si se quiere aislar a la celulosa, se tiene que disolver a la lignina ya sea por métodos físicos, químicos o enzimáticos.

No obstante, la composición química de la madera no puede ser definida con precisión para un grupo de especies o cierta especie, dado que ésta varía dependiendo de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento (BRITO, 1990).

La fracción fibrosa del bambú es similar a la de las maderas suaves, dado que la estructura fina del bambú es similar a la de otras fibras periféricas y a la de pulpas suaves, con una pared primaria y tres capas diferentes de paredes secundarias (BAUSARE, 2005).

#### **4.4 Análisis porcentual interespecifico de lignina en *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer, y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.**

Luego de realizar el análisis de varianza (ANVA); prueba que permitió medir la variación de las respuestas estadísticas numéricas como valores de evaluación de diferentes tratamientos. En Cuadro 10 se observa que si existe significancia entre las especies. Los porcentajes de lignina difieren presentan medias no comunes.

Cuadro 10. ANVA de lignina de *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* *G. apus*.

Fuente de Variación	G.L	S. C	C. M	F.c	Sig. <sup>1</sup>
Especies de bambú	3	1258.161	419.387	6.629	**
Error experimental	44	2783.785	63.268		
Total	47	4041.946			

CV = 27.61 %

La diferencia estadística que existe entre las especies, se debe posiblemente a la naturaleza de cada especie, es decir a la fisiología propia de

cada una de ellas (CASTAÑO, 1983 y ÁLVAREZ, 2005), y también se debe a la distribución geográfica (MARÍN, 2004).

#### 4.4.1. Porcentaje de celulosa en las especies

En el Cuadro 11 y Figura 4, se observa que, entre los porcentajes de lignina, *B. tulda* (37.34 %) difiere significativamente frente a las demás especies, *D. asper* (27.30 %), *G. apus* (26.89 %) y *G. angustifolia* (23.71 %); No existe significancia estadística entre la especie *D. asper* (27.30 %), *G. apus* (26.89 %).

Cuadro 11. Prueba Tukey de lignina de *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* *G. apus*.

Especies	Lignina	Significación <sup>1</sup> ( $\alpha = 0,05$ )
<i>B. tulda</i>	37.34	A
<i>D. asper</i>	27.30	B
<i>G. apus</i>	26.89	B
<i>G. angustifolia</i>	23.71	B

<sup>1</sup>Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

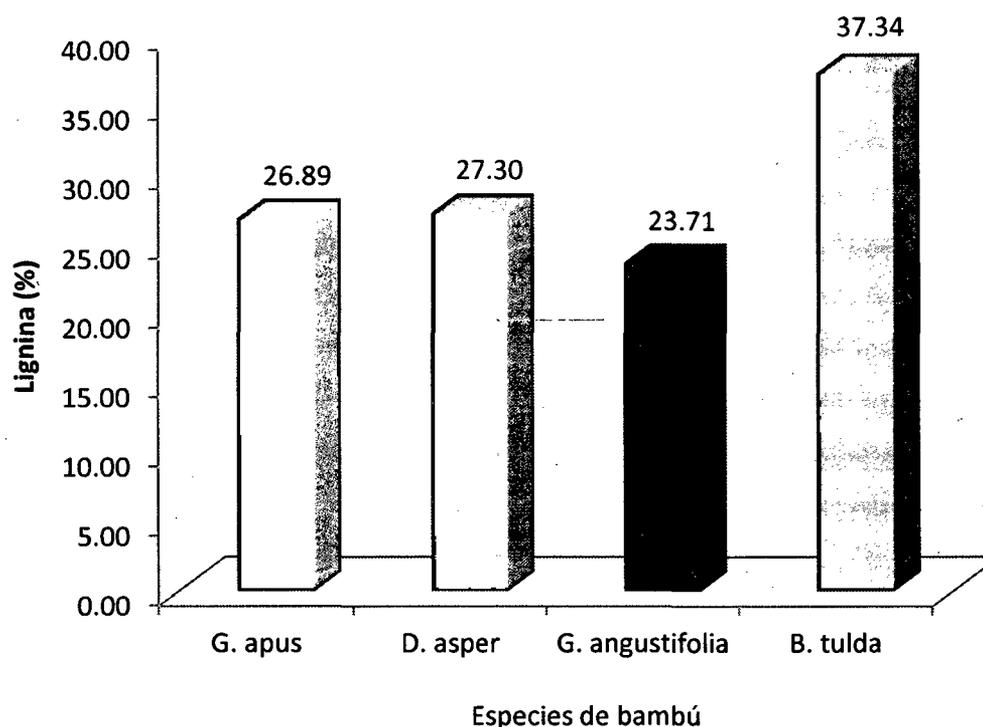


Figura 4. Distribución porcentual de lignina de las especies *G. angustifolia*, *B. tulda*, *D. asper* y *G. apus*.

Según RIVAS (2006) en las maderas suaves presenta de 16 a 35% de lignina mas variable, esto significa que el bambú es similar a las maderas suaves y entonces toma importancia para la industria papelera puesto que el porcentaje presente en cada especie determinará las cantidades de productos blanqueadores a utilizar durante el proceso de pulpado. Según BAUSARE (2005) menciona que el segundo elemento en importancia de la composición vegetal. Este biopolímero está formado por tres unidades diferentes de la familia del fenilo-propano y la proporción de estos compuestos da como

resultado diferentes tipos de lignina. Es insoluble en agua y la arquitectura así como a complejidad química de la lignina dificultan no sólo su aislamiento como también su plastificación por procesos económicos. La lignina ha sido utilizada para la generación de energía en varios procesos industriales, como es el caso de la producción de papel y celulosa.

Según MATTE (2009) la lignina es un producto químico complejo, totalmente diferente de la celulosa, constituye entre el 15 a 30 %, la cual se concentra principalmente en las paredes de las células, ayudando a pegar las microfibrillas entre sí. La lignina es un polímero tridimensional, cuya estructura exacta aún no es totalmente conocida. Además de otorgar resistencia mecánica a las paredes de las células, la lignina juega un rol crucial en la conducción del agua a través del xilema permite la formación de vasos que transportan el agua eficientemente.

## V. CONCLUSIONES

1. El porcentaje de ceniza en las cuatro especies de bambú, *Guadua angustifolia* Kunth es de 4.36 %, *B. tulda* Roxb. 3.34 %, *D. asper* (Schult.) Backer. 1.46 % y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz. 1.91 %, si existe significancia entre estas especies.
2. El porcentaje de extractivo de *G. angustifolia* Kunth es de 9.58 %, *D. asper* (Schult.) Backer. 9.19 % *B. tulda* Roxb. 8.75 %, y *G. apus* (Schultes) kurz. 7.60 %, no existe significancia entre ellas.
3. El porcentaje de celulosa de *G. angustifolia* Kunth es de 43.35 %, *B. tulda* Roxb. 31.54 %, *D. asper* (Schult.) Backer. 28.92 % y *G. apus* (Schultes) kurz. 29.02 %, no existe significancia entre *G. apus* vs *D. asper*, *G. apus* vs *B. tulda* y *D. asper* vs *B. tulda*.
4. El porcentaje de lignina de *G. angustifolia* Kunth es de 23.71 %, *B. tulda* Roxb. 37.34 %, *D. asper* (Schult.) Backer. 27.30 % y *G. apus* (Schultes) kurz. 26.89 %; no existe significancia entre *G. apus* vs *D. asper*, *G. apus* vs *G. angustifolia* y *D. asper* vs *G. angustifolia*.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios con respecto al bambú ya que representa una gran alternativa como un recurso natural renovable con un enfoque industrial.
2. Promover la investigación del bambú dado que es un vegetal con mayor tasa de crecimiento en el mundo para ser aprovechadas con fines de protección a los bosques primarios.
3. Promover el cultivo de bambú dado que los beneficios que aporta son innumerables ya que desarrolla todo su potencial en un periodo que puede durar de 3 a 5 meses.

## VII. ABSTRACT

This investigation aimed at determining the percentage inter-specific analysis of ash, extractive, cellulose and lignina of the sorts *Guadua angustifolia* Kunth, *Bambusa tulda* Roxb, *Dendrocalamus asper* ( Schult.) Backer. y *Gigantochloa apus* (Schultes) kurz.

ISO utilized the standard itself for the determination of ash R 1762, stops extractive the standard TAPPI T6 59, for cellulose Kurscher's and Hoffner's method, and for lignina the method of sulfuric acid or Willstater – to you , Next the analysis of variance (ANVA) on the evaluated variables came true ; And as analysis of treatments proceeded itself to accomplish Tukey's proof ( $\alpha = 0.05$ ) comparing the statistical difference that way to the 95 and 99 % confidence level.

*Guadua angustifolia* Kunth, concluded that the bigger percen ash was for the sort with 4.36 %, regarding the percentage of extractive *angustifolia* went for *Guadua* sort Kunth with 9.58 %, regarding the percentage of cellulose the bigger percentage was for *Guadua's* sort *angustifolia* Kunth with 43.35 %, with in relation to lignina's percentage the bigger percentage was for *Guadua* sort *angustifolia* Kunth with 23.71 %.

## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGAPITO, T. 2003. Tabla de composición química del bambú. La Molina, Perú.
- ALVAREZ GODO E. 2005. Extractivos del árbol. [En línea]: ECOPORTAL ([www.ecoport.com/contenido/temas\\_especiales/educacion\\_ambiente/extractivos\\_del\\_arbol.htm](http://www.ecoport.com/contenido/temas_especiales/educacion_ambiente/extractivos_del_arbol.htm), documentos, 24 de agosto del 2005).
- BASAURE, P. 2005. Composición química de la celulosa y lignina. [En línea]: QUIMICA (<http://www.manualdequimica.com/wwwboard/messages/9645.html>, 26 de Julio del 2008).
- BRITO, J. 1990. Características físicas y químicas de la madera y la producción de carbón vegetal: Densidad y porcentaje de lignina. Colombia. Pp. 56.
- CASTAÑO, F. 1983. Algunos aspectos sobre el cultivo y aprovechamiento del bambú en Colombia. Buga, valle Colombia, corporación autónoma.
- CRONQUIST, A. 1981. Lista de las clases, subclases, ordenes y familias de las angiospermas - Columbia University Press.
- DIAZ-VAZ, J. 2003. Anatomía de maderas. Marisa Cureo Ediciones. Universidad Austral de Chile. Pp. 101.
- ECOBAMBÚ. 2006. Forestadora de Argentina. [En línea]: ECO BAMBOO ([http://www.ecobamboo.com.ar/respuestas\\_del\\_bambu.htm](http://www.ecobamboo.com.ar/respuestas_del_bambu.htm), 5 de Octubre del 2008).

- HIDALGO, O. 1997. Manual de Construcción con Bambú. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Editora CIBANI. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arte. Pp. 71.
- INRENA, 2005. Plan Nacional de Reforestación. Perú 2005, 2024. Pp. 76
- LONDOÑO, Ximena. 2002. Estudio anatómico de los diferentes órganos de la *Guadua angustifolia* con énfasis en el culmo, Colombia, 2002. [En línea]: SCIELO(<http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S001273532005000100004&script=artext>, 25 de Enero del 2010).
- MACHADO, P. 2007 Naturplas “Polímeros Biodegradables”. [En línea]: NATUR ([http://cvnaturplas.dnsalias.com/materials-naturales/polimeros-biodegradables/principales-aplicaciones-de-polimeros/polimeros-biodegradables-de-origen-natural/polisacaridos?set\\_language=es](http://cvnaturplas.dnsalias.com/materials-naturales/polimeros-biodegradables/principales-aplicaciones-de-polimeros/polimeros-biodegradables-de-origen-natural/polisacaridos?set_language=es), 25 de Enero del 2010)
- MARÍN, M., JIMÉNEZ, A. 2004. Bambú. Editorial de Puebla, México. Pp. 41.
- MARTINEZ, E. 1982. Desarrollo y determinación de patrones tecnológicos por método de enlatado del cogollo de bambú (*Dendrocalamus asper*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Pp. 170.
- MATTE, L. 2008. La celulosa. [En línea]: PAPELNET (<http://www.papelnet.cl/celulosa/doc./celulosa.pdf>, 26 de Julio del 2008).
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2008. Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008-2020. Gobierno Peruano. Pp. 31.
- MOTIEL, L. 1999. Cultivo y usos del bambú en el Neo trópico. Costa Rica. Pp. 85.

- MUÑOZ, J. 1990. Análisis Proximal de alimentos de Pearson. [En línea]: SCIELO ([http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172859172007000300004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172859172007000300004&script=sci_arttext), 20 de Mayo del 2009).
- PALACIOS, G., CERRETE, S., SOTELO, A., CARRIÓN, G. 2006. Guía de Practicas de Nutrición Animal, Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- PERSANTES, A. 1985. Estudio de las posibilidades para establecer plantaciones de bambú para la producción de pulpa y papel en Pucallpa. Tesis UNA. Pucallpa, Perú. Pp. 95.
- PORRAS, E. 1985. La madera de los pobres. Agricultura de las Américas. E.U.A. Pp.12.
- RIVAS, P. 2006. Estudio comparativo del contenido de lignina y solubles de nuevos clones de álamos. [En línea]: SAGPYA (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/forestacion/biblos/JS%202006/pdf%20tt/Rivas.pdf>. 30 de Julio del 2008).
- RUIZ, L. y AREVALO, C. 2002. Distribución e identificación de especies de bambú nativos en introducidos en el bosque reservado de la UNAS y zonas aledañas. Tingo María – Perú. Pp. 33.
- TAKAHASHI, J. 2006. El Bambú en el Perú. III Simposio Latinoamericano del Bambu 2006. [En línea]: PERUBAMBU (<http://www.Perubambu.org.pe>, documento, 10 de Abril del 2009).
- VIRGILIO, M. 2001. La madera. [En línea]: IES ([www.iestiemposmodernos.com/depart/dtec/Recursos/powepoin/madera.ppt](http://www.iestiemposmodernos.com/depart/dtec/Recursos/powepoin/madera.ppt), 01 de Julio del 2008).

WENYUE, H. 1987. El bambú en China: nuevas perspectivas para un recurso antiguo. Revista UNASYLVA, Vol. 39, N° 56. Pp. 42 – 49.

**ANEXOS**

**Anexo 1.**



**Identificación de las especies de bambú**

**Anexo 2.**



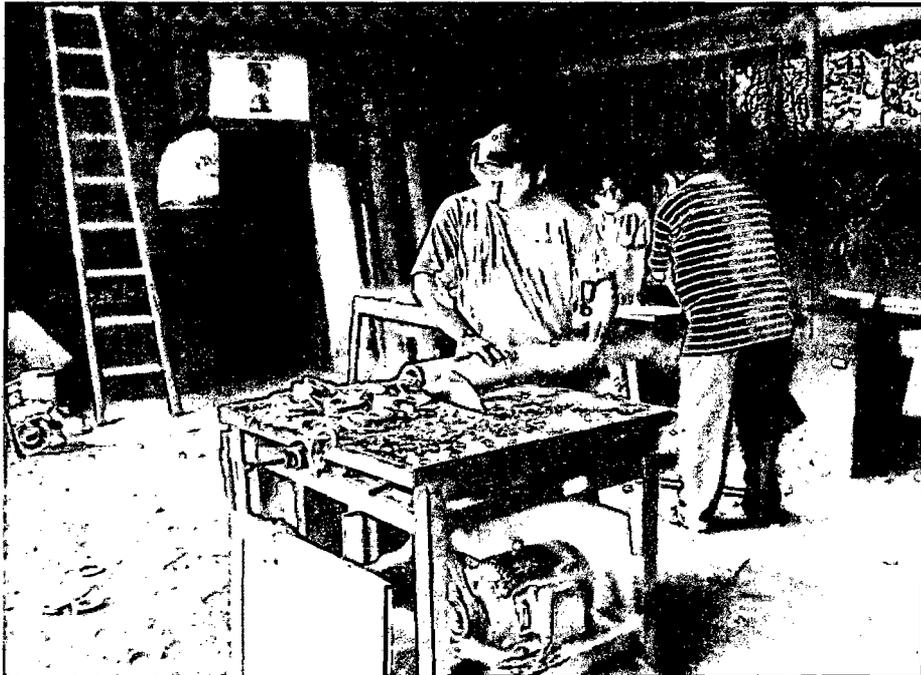
**Georeferenciación de las matas de bambú**

**Anexo 3.**



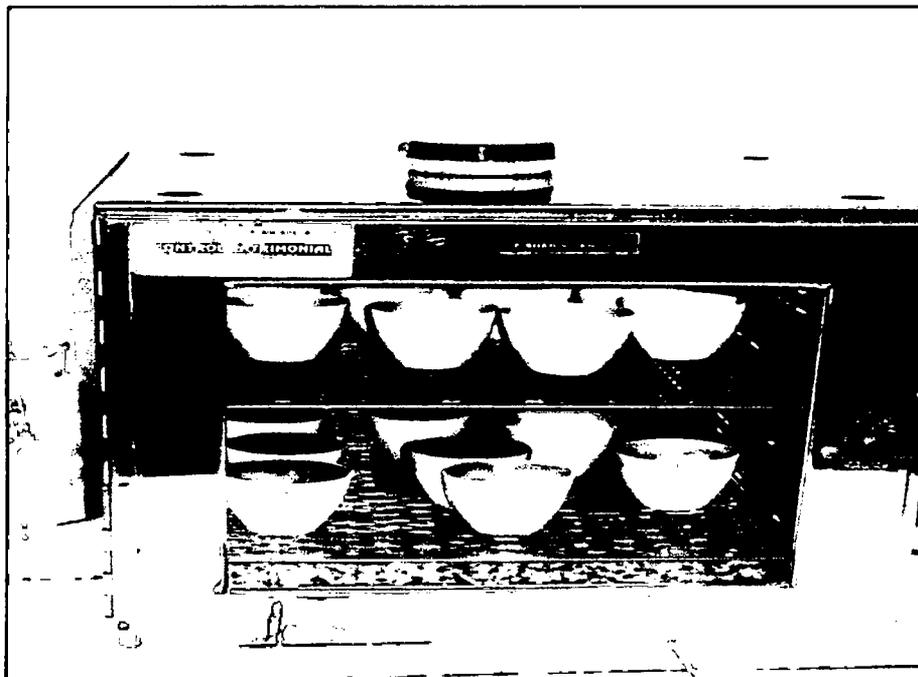
**Extracción de los culmos de bambú**

**Anexo 4.**



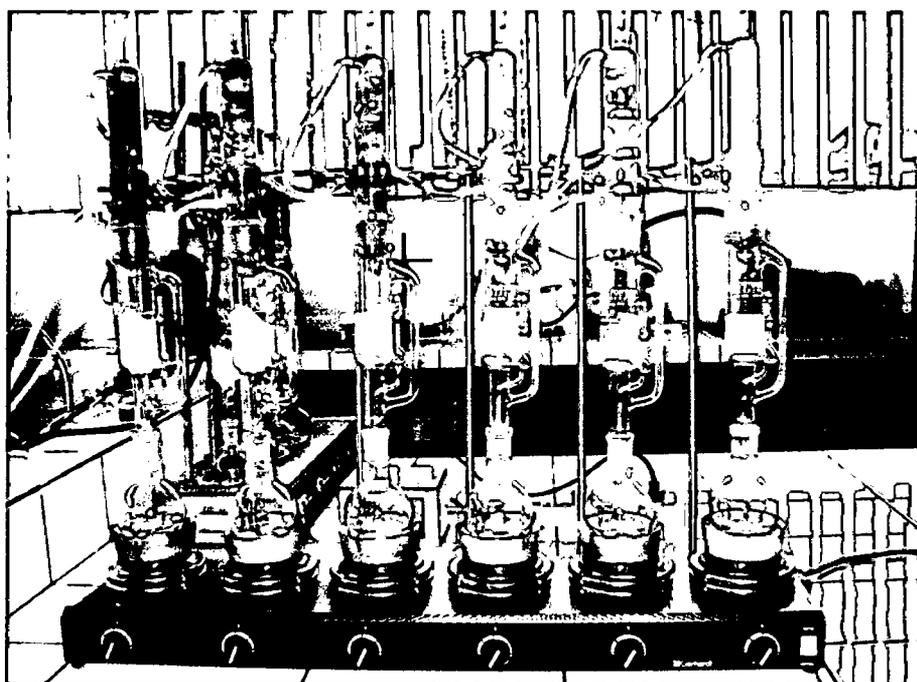
**Obtención de muestras (aserrín) para los análisis respectivos**

**Anexo 5.**



**Obtención de cenizas**

**Anexo 6.**



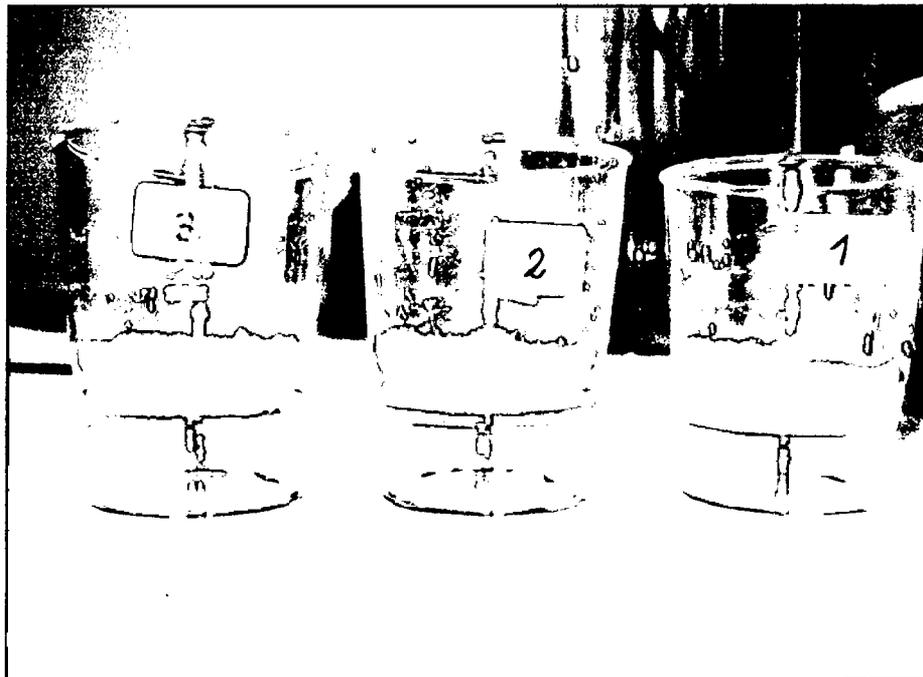
**Obtención de extractivos**

**Anexo 7.**



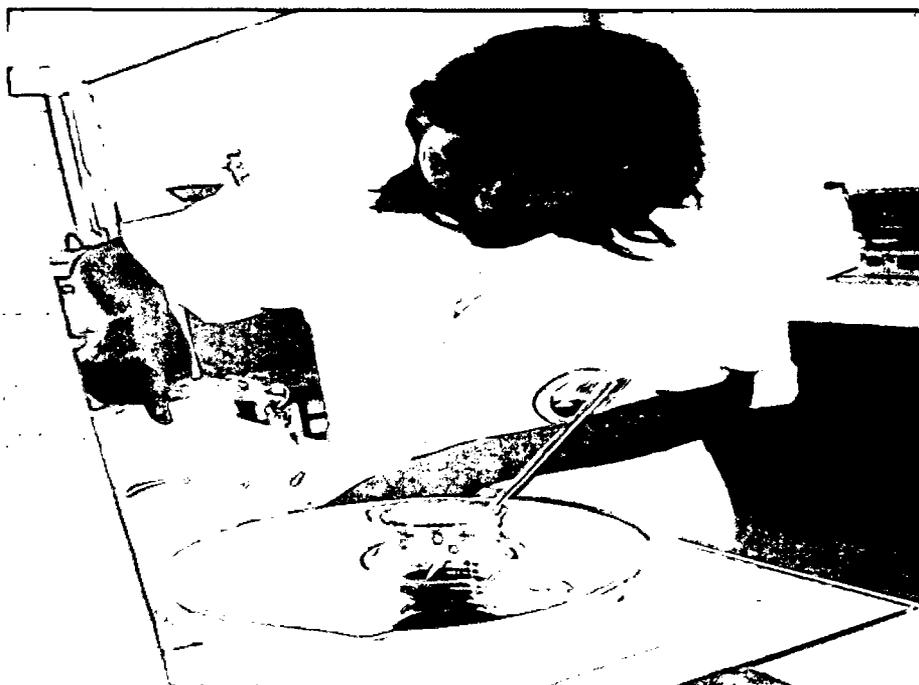
**Preparación de reactivos para la determinación de celulosa**

**Anexo 8.**



**Obtención de celulosa**

Anexo 9.



Preparación de reactivos para la obtención de lignina

Anexo 10.



Obtención de lignina

Anexo 11.

Determinación del porcentaje de ceniza en cuatro especies de bambú *Guadua angustifolia* kunth., *Bambusa tulda* Roxb., *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer. Y *Gigantochloa apus* (Schultes) Kurz

Nº	Especie	Código	Masa del Crisol vacío	Masa del crisol con cenizas	Ceniza (g)	Peso de la muestra (húmedo)	Peso de la muestra (seco)	K (fracción)	% de Ceniza
1	<i>Gigantochloa apus</i>	1A1	31.7846	31.8970	0.1124	5.0000	4.8876	0.9775	2.300
2	<i>Gigantochloa apus</i>	1A2	27.7581	27.8659	0.1078	5.0000	4.8922	0.9784	2.204
3	<i>Gigantochloa apus</i>	1A3	30.0515	30.1608	0.1093	5.0000	4.8907	0.9781	2.235
4	<i>Gigantochloa apus</i>	1A4	31.1583	31.2625	0.1042	5.0000	4.8958	0.9792	2.128
5	<i>Gigantochloa apus</i>	1B1	30.3200	30.4012	0.0812	5.0000	4.9188	0.9838	1.651
6	<i>Gigantochloa apus</i>	1B2	32.1713	32.2514	0.0801	5.0000	4.9199	0.9840	1.628
7	<i>Gigantochloa apus</i>	1B3	32.7377	32.8195	0.0818	5.0000	4.9182	0.9836	1.663
8	<i>Gigantochloa apus</i>	1B4	31.4747	31.5599	0.0852	5.0000	4.9148	0.9830	1.734
9	<i>Gigantochloa apus</i>	1C1	31.2603	31.3484	0.0881	5.0000	4.9119	0.9824	1.794
10	<i>Gigantochloa apus</i>	1C2	31.1367	31.2298	0.0931	5.0000	4.9069	0.9814	1.897
11	<i>Gigantochloa apus</i>	1C3	32.7534	32.8471	0.0937	5.0000	4.9063	0.9813	1.910
12	<i>Gigantochloa apus</i>	1C4	31.3437	31.4330	0.0893	5.0000	4.9107	0.9821	1.818
13	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A1	32.6811	32.7213	0.0402	5.0000	4.9598	0.9919	0.811
14	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A2	32.2777	32.3161	0.0384	5.0000	4.9616	0.9923	0.774
15	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A3	30.9155	30.9544	0.0389	5.0000	4.9611	0.9922	0.784
16	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A4	31.5817	31.6197	0.0380	5.0000	4.9620	0.9924	0.766
17	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B1	31.7838	31.9144	0.1306	5.0000	4.8694	0.9739	2.682
18	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B2	32.6864	32.8155	0.1291	5.0000	4.8709	0.9742	2.650

19	<i>Dendrocalamusasper</i>	2B3	30.0306	30.1603	0.1297	5.0000	4.8703	0.9741	2.663
20	<i>Dendrocalamusasper</i>	2B4	30.8941	31.0249	0.1308	5.0000	4.8692	0.9738	2.686
21	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C1	31.2590	31.3053	0.0463	5.0000	4.9537	0.9907	0.935
22	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C2	32.7340	32.7792	0.0452	5.0000	4.9548	0.9910	0.912
23	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C3	31.5795	31.6254	0.0459	5.0000	4.9541	0.9908	0.927
24	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C4	31.2581	31.3032	0.0451	5.0000	4.9549	0.9910	0.910
25	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A1	32.1678	32.3318	0.1640	5.0000	4.8360	0.9672	3.391
26	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A2	31.5769	31.7388	0.1619	5.0000	4.8381	0.9676	3.346
27	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A3	31.1642	31.3225	0.1583	5.0000	4.8417	0.9683	3.270
28	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A4	32.2772	32.4460	0.1688	5.0000	4.8312	0.9662	3.494
29	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B1	27.7572	27.9812	0.2240	5.0000	4.7760	0.9552	4.690
30	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B2	31.4734	31.6972	0.2238	5.0000	4.7762	0.9552	4.686
31	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B3	30.0420	30.2654	0.2234	5.0000	4.7766	0.9553	4.677
32	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B4	32.7371	32.9742	0.2371	5.0000	4.7629	0.9526	4.978
33	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C1	32.7371	32.9698	0.2327	5.0000	4.7673	0.9534	4.881
34	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C2	30.3213	30.5585	0.2372	5.0000	4.7628	0.9525	4.980
35	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C3	30.9038	31.1399	0.2361	5.0000	4.7639	0.9527	4.956
36	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C4	31.1700	31.4072	0.2372	5.0000	4.7628	0.9525	4.980
37	<i>Bambusatulda</i>	4A1	31.2582	31.4533	0.1951	5.0000	4.8049	0.9610	4.060
38	<i>Bambusatulda</i>	4A2	31.7844	31.9781	0.1937	5.0000	4.8063	0.9613	4.030
39	<i>Bambusatulda</i>	4A3	32.7352	32.9254	0.1902	5.0000	4.8098	0.9620	3.954
40	<i>Bambusatulda</i>	4A4	32.2819	32.4739	0.1920	5.0000	4.8080	0.9616	3.993
41	<i>Bambusatulda</i>	4B1	32.7535	32.8863	0.1328	5.0000	4.8672	0.9734	2.728
42	<i>Bambusatulda</i>	4B2	31.1692	31.3069	0.1377	5.0000	4.8623	0.9725	2.832
43	<i>Bambusatulda</i>	4B3	32.2802	32.4156	0.1354	5.0000	4.8646	0.9729	2.783
44	<i>Bambusatulda</i>	4B4	30.3186	30.4596	0.1410	5.0000	4.8590	0.9718	2.902
45	<i>Bambusatulda</i>	4C1	32.7550	32.9086	0.1536	5.0000	4.8464	0.9693	3.169
46	<i>Bambusatulda</i>	4C2	27.7532	27.9050	0.1518	5.0000	4.8482	0.9696	3.131
47	<i>Bambusatulda</i>	4C3	32.1678	32.3181	0.1503	5.0000	4.8497	0.9699	3.099
48	<i>Bambusatulda</i>	4C4	31.3443	31.5087	0.1644	5.0000	4.8356	0.9671	3.400

Anexo 12.

Determinación del porcentaje de extractivos en cuatro especies de bambú *Guadua angustifolia* kunth., *Bambusa tulda* Roxb.,

*Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer. Y *Gigantochloa apus* (Schultes) Kurz

Nº	Especie	Código	Masa del Papel	Masa de la Muestra	Peso del papel con el residuo seco sin extraíbles	Masaseca	Masaseca + Papel
1	<i>Gigantochloa apus</i>	1A1	1.2950	2.0000	3.1235	1.8285	3.0107
2	<i>Gigantochloa apus</i>	1A2	1.2309	2.0000	3.0981	1.8672	3.0241
3	<i>Gigantochloa apus</i>	1A3	1.2093	2.0000	2.9953	1.7860	2.9315
4	<i>Gigantochloa apus</i>	1A4	1.2506	2.0000	3.0516	1.8010	2.9649
5	<i>Gigantochloa apus</i>	1B1	1.3022	2.0000	3.1190	1.8168	2.9907
6	<i>Gigantochloa apus</i>	1B2	1.2307	2.0000	3.0368	1.8061	2.8907
7	<i>Gigantochloa apus</i>	1B3	1.2792	2.0000	3.0460	1.7668	2.9676
8	<i>Gigantochloa apus</i>	1B4	1.2247	2.0000	3.0076	1.7829	2.8936
9	<i>Gigantochloa apus</i>	1C1	1.2446	2.0000	3.0576	1.8130	2.9729
10	<i>Gigantochloa apus</i>	1C2	1.3255	2.0000	3.1242	1.7987	3.0523
11	<i>Gigantochloa apus</i>	1C3	1.2279	2.0000	3.0535	1.8256	2.9854
12	<i>Gigantochloa apus</i>	1C4	1.2010	2.0000	3.0678	1.8668	3.0006
13	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A1	1.1689	2.0000	2.9457	1.7768	2.8258
14	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A2	1.2475	2.0000	3.0568	1.8093	2.9221
15	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A3	1.2077	2.0000	3.0268	1.8191	2.8891
16	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A4	1.2069	2.0000	3.0144	1.8075	2.8719
17	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B1	1.2297	2.0000	3.0213	1.7916	2.9817
18	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B2	1.2613	2.0000	3.0667	1.8054	2.9963

19	<i>Dendrocalamusasper</i>	2B3	1.2143	2.0000	3.0130	1.7987	2.9114
20	<i>Dendrocalamusasper</i>	2B4	1.2436	2.0000	3.0526	1.8090	2.9456
21	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C1	1.2422	2.0000	3.0218	1.7796	2.9020
22	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C2	1.2981	2.0000	3.0677	1.7696	2.9476
23	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C3	1.2675	2.0000	3.0321	1.7646	2.9070
24	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C4	1.2635	2.0000	3.0121	1.7486	2.9516
25	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A1	1.0115	2.0000	2.7134	1.7019	2.5924
26	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A2	1.2813	2.0000	3.0270	1.7457	2.8934
27	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A3	1.2665	2.0000	3.0623	1.7958	2.8909
28	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A4	1.2472	2.0000	3.0410	1.7938	2.8842
29	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B1	1.2552	2.0000	3.0033	1.7481	2.8669
30	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B2	1.2242	2.0000	2.8964	1.6722	2.8125
31	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B3	1.2561	2.0000	2.9967	1.7406	2.9002
32	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B4	1.2857	2.0000	3.0299	1.7442	2.9142
33	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C1	1.2880	2.0000	3.0091	1.7211	2.8087
34	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C2	1.2719	2.0000	2.9800	1.7081	2.7678
35	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C3	1.2208	2.0000	2.8964	1.6756	2.4882
36	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C4	1.3029	2.0000	3.0511	1.7482	2.8644
37	<i>Bambusatulda</i>	4A1	1.2707	2.0000	2.9900	1.7193	2.6844
38	<i>Bambusatulda</i>	4A2	1.3083	2.0000	3.0876	1.7793	3.0379
39	<i>Bambusatulda</i>	4A3	1.2968	2.0000	3.0784	1.7816	2.9928
40	<i>Bambusatulda</i>	4A4	1.2836	2.0000	3.0338	1.7502	2.9648
41	<i>Bambusatulda</i>	4B1	1.2484	2.0000	3.0104	1.7620	2.9490
42	<i>Bambusatulda</i>	4B2	1.2967	2.0000	3.0824	1.7857	3.0189
43	<i>Bambusatulda</i>	4B3	1.2566	2.0000	3.0334	1.7768	2.9796
44	<i>Bambusatulda</i>	4B4	1.2837	2.0000	3.0496	1.7659	2.9937
45	<i>Bambusatulda</i>	4C1	1.2471	2.0000	2.9985	1.7514	2.9400
46	<i>Bambusatulda</i>	4C2	1.2298	2.0000	3.0019	1.7721	2.9470
47	<i>Bambusatulda</i>	4C3	1.2422	2.0000	3.0052	1.7630	2.9324
48	<i>Bambusatulda</i>	4C4	1.3099	2.0000	3.0942	1.7843	3.0302

Anexo 13.

Determinación del porcentaje de celulosa en cuatro especies de bambú *Guadua angustifolia* kunth., *Bambusa tulda* Roxb.,

*Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer. Y *Gigantochloa apus* (Schultes) Kurz

Nº	Especie	Código	Celulosa	Masa	Ceniza	k	celulosa %
1	<i>Gigantochloa apus</i>	1A1	0.5496	2.0000	0.0003	0.9775	28.10
2	<i>Gigantochloa apus</i>	1A2	0.6701	2.0000	0.0035	0.9784	34.06
3	<i>Gigantochloa apus</i>	1A3	0.3760	2.0000	0.0080	0.9781	18.81
4	<i>Gigantochloa apus</i>	1A4	0.5345	2.0000	0.0076	0.9792	26.91
5	<i>Gigantochloa apus</i>	1B1	0.6984	2.0000	0.0035	0.9838	35.32
6	<i>Gigantochloa apus</i>	1B2	0.7411	2.0000	0.0114	0.9840	37.08
7	<i>Gigantochloa apus</i>	1B3	0.5437	2.0000	0.0077	0.9836	27.25
8	<i>Gigantochloa apus</i>	1B4	0.5126	2.0000	0.0082	0.9830	25.66
9	<i>Gigantochloa apus</i>	1C1	0.4829	2.0000	0.0090	0.9824	24.12
10	<i>Gigantochloa apus</i>	1C2	0.5881	2.0000	0.0095	0.9814	29.48
11	<i>Gigantochloa apus</i>	1C3	0.6554	2.0000	0.0087	0.9813	32.95
12	<i>Gigantochloa apus</i>	1C4	0.5690	2.0000	0.0096	0.9821	28.48
13	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A1	0.7936	2.0000	0.0056	0.9920	39.72
14	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A2	0.6325	2.0000	0.0047	0.9923	31.63
15	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A3	0.7817	2.0000	0.0041	0.9922	39.18
16	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A4	0.6561	2.0000	0.0037	0.9924	32.87
17	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B1	0.6801	2.0000	0.0149	0.9739	34.15
18	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B2	0.5816	2.0000	0.0158	0.9742	29.04
19	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B3	0.6836	2.0000	0.0134	0.9741	34.40
20	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B4	0.4103	2.0000	0.0144	0.9738	20.33

21	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C1	0.3774	2.0000	0.0057	0.9907	18.76
22	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C2	0.3700	2.0000	0.0028	0.9910	18.53
23	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C3	0.3720	2.0000	0.0023	0.9908	18.66
24	<i>Dendrocalamusasper</i>	2C4	0.5904	2.0000	0.0013	0.9910	29.72
25	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A1	0.9308	2.0000	0.0064	0.9672	47.79
26	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A2	0.7655	2.0000	0.0100	0.9676	39.04
27	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A3	0.9192	2.0000	0.0086	0.9683	47.02
28	<i>Guaduaangustifolia</i>	3A4	0.9305	2.0000	0.0105	0.9662	47.61
29	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B1	0.9362	2.0000	0.0140	0.9552	48.27
30	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B2	0.7367	2.0000	0.0145	0.9552	37.80
31	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B3	0.8739	2.0000	0.0160	0.9553	44.90
32	<i>Guaduaangustifolia</i>	3B4	0.7131	2.0000	0.0152	0.9526	36.63
33	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C1	0.8774	2.0000	0.0169	0.9535	45.13
34	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C2	0.7561	2.0000	0.0159	0.9526	38.85
35	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C3	0.9071	2.0000	0.0144	0.9528	46.85
36	<i>Guaduaangustifolia</i>	3C4	0.7847	2.0000	0.0166	0.9526	40.32
37	<i>Bambusatulda</i>	4A1	0.6130	2.0000	0.0134	0.9610	31.20
38	<i>Bambusatulda</i>	4A2	0.5896	2.0000	0.0332	0.9613	28.94
39	<i>Bambusatulda</i>	4A3	0.7233	2.0000	0.0198	0.9620	36.57
40	<i>Bambusatulda</i>	4A4	0.5730	2.0000	0.0204	0.9616	28.73
41	<i>Bambusatulda</i>	4B1	0.7278	2.0000	0.0123	0.9734	36.75
42	<i>Bambusatulda</i>	4B2	0.5556	2.0000	0.0221	0.9725	27.43
43	<i>Bambusatulda</i>	4B3	0.6983	2.0000	0.0197	0.9729	34.87
44	<i>Bambusatulda</i>	4B4	0.5713	2.0000	0.0217	0.9718	28.28
45	<i>Bambusatulda</i>	4C1	0.7074	2.0000	0.0166	0.9693	35.63
46	<i>Bambusatulda</i>	4C2	0.5554	2.0000	0.0159	0.9696	27.82
47	<i>Bambusatulda</i>	4C3	0.6843	2.0000	0.0121	0.9699	34.65
48	<i>Bambusatulda</i>	4C4	0.5556	2.0000	0.0206	0.9671	27.66

Anexo 14.

Determinación del lignina de celulosa en cuatro especies de bambú *Guadua angustifolia* kunth., *Bambusa tulda* Roxb.,

*Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer. Y *Gigantochloa apus* (Schultes) Kurz

Nº	Especies	Código	Lignina	masa	Ceniza	K	Lignina (%)
1	<i>Gigantochloa apus</i>	1A1	0.5190	2.0000	0.0122	0.9775	25.92
2	<i>Gigantochloa apus</i>	1A2	0.5241	2.0000	0.0131	0.9784	26.11
3	<i>Gigantochloa apus</i>	1A3	0.5456	2.0000	0.0140	0.9781	27.17
4	<i>Gigantochloa apus</i>	1A4	0.5418	2.0000	0.0072	0.9792	27.30
5	<i>Gigantochloa apus</i>	1B1	0.5636	2.0000	0.0117	0.9838	28.05
6	<i>Gigantochloa apus</i>	1B2	0.5671	2.0000	0.0098	0.9840	28.32
7	<i>Gigantochloa apus</i>	1B3	0.6189	2.0000	0.0115	0.9836	30.88
8	<i>Gigantochloa apus</i>	1B4	0.5926	2.0000	0.0049	0.9830	29.89
9	<i>Gigantochloa apus</i>	1C1	0.5222	2.0000	0.0121	0.9824	25.96
10	<i>Gigantochloa apus</i>	1C2	0.5252	2.0000	0.0099	0.9814	26.25
11	<i>Gigantochloa apus</i>	1C3	0.4425	2.0000	0.0153	0.9813	21.77
12	<i>Gigantochloa apus</i>	1C4	0.5132	2.0000	0.0221	0.9821	25.00
13	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A1	0.6161	2.0000	0.0738	0.9920	27.335
14	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A2	0.6162	2.0000	0.0099	0.9923	30.550
15	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A3	0.5600	2.0000	0.0602	0.9922	25.186
16	<i>Dendrocalamus asper</i>	2A4	0.5215	2.0000	0.0355	0.9924	24.486
17	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B1	0.5834	2.0000	0.0219	0.9739	28.828
18	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B2	0.5665	2.0000	0.0408	0.9742	26.982
19	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B3	0.5994	2.0000	0.0419	0.9741	28.617
20	<i>Dendrocalamus asper</i>	2B4	0.5578	2.0000	0.0353	0.9738	26.827
21	<i>Dendrocalamus asper</i>	2C1	0.5833	2.0000	0.0442	0.9907	27.207
22	<i>Dendrocalamus asper</i>	2C2	0.5506	2.0000	0.0726	0.9910	24.118

23	<i>Dendrocalamus asper</i>	2C3	0.5648	2.0000	0.0440	0.9908	26.281
24	<i>Dendrocalamus asper</i>	2C4	0.6731	2.0000	0.0550	0.9910	31.18
25	<i>Guadua angustifolia</i>	3A1	0.8946	2.0000	0.5727	0.9672	16.64
26	<i>Guadua angustifolia</i>	3A2	0.8190	2.0000	0.3694	0.9676	23.23
27	<i>Guadua angustifolia</i>	3A3	0.9383	2.0000	0.5137	0.9683	21.92
28	<i>Guadua angustifolia</i>	3A4	0.9712	2.0000	0.4804	0.9662	25.40
29	<i>Guadua angustifolia</i>	3B1	0.8259	2.0000	0.5643	0.9552	13.69
30	<i>Guadua angustifolia</i>	3B2	0.8247	2.0000	0.3067	0.9552	27.11
31	<i>Guadua angustifolia</i>	3B3	0.9845	2.0000	0.4495	0.9553	28.00
32	<i>Guadua angustifolia</i>	3B4	0.9477	2.0000	0.5202	0.9525	22.44
33	<i>Guadua angustifolia</i>	3C1	0.9016	2.0000	0.4163	0.9534	25.45
34	<i>Guadua angustifolia</i>	3C2	1.0738	2.0000	0.5974	0.9525	25.01
35	<i>Guadua angustifolia</i>	3C3	0.9761	2.0000	0.3798	0.9527	31.29
36	<i>Guadua angustifolia</i>	3C4	0.9823	2.0000	0.5193	0.9525	24.30
37	<i>Bambusa tulda</i>	4A1	1.7366	2.0000	1.0480	0.9609	35.83
38	<i>Bambusa tulda</i>	4A2	1.3006	2.0000	0.6791	0.9612	32.33
39	<i>Bambusa tulda</i>	4A3	2.1413	2.0000	1.4167	0.96196	37.66
40	<i>Bambusa tulda</i>	4A4	1.9386	2.0000	0.3381	0.9616	83.22
41	<i>Bambusa tulda</i>	4B1	1.2258	2.0000	0.5687	0.9734	33.75
42	<i>Bambusa tulda</i>	4B2	1.6079	2.0000	0.8815	0.9724	37.35
43	<i>Bambusa tulda</i>	4B3	2.1014	2.0000	1.4430	0.9729	33.84
44	<i>Bambusa tulda</i>	4B4	2.1714	2.0000	1.4528	0.9718	36.97
45	<i>Bambusa tulda</i>	4C1	1.2285	2.0000	0.6597	0.9692	29.34
46	<i>Bambusa tulda</i>	4C2	1.1087	2.0000	0.5533	0.9696	28.64
47	<i>Bambusa tulda</i>	4C3	1.3947	2.0000	0.8331	0.9699	28.95
48	<i>Bambusa tulda</i>	4C4	1.5531	2.0000	0.9681	0.9671	30.24

Anexo 15.

Mapa de ubicación de las matas de bambúes

