

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Caracterización anatómica de las
especies *Bambusa vulgaris* y
Dendrocalamus asper provenientes de
Oxapampa (Perú)**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Claudia Silvana Damiani Fontana

Lima – Perú
2013

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo fue determinar y describir los diferentes elementos anatómicos que presentan los culmos de *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*; así como analizar y comparar su variación longitudinal en tres niveles (basal, media y apical) de las dos especies, con muestras provenientes de cinco individuos; colectadas en la Comunidad Nativa de Puerto Pascuala, distrito de Puerto Bermúdez, provincia de Pasco.

La descripción de las características generales y macroscópicas de las muestras se realizó en muestras secas al aire. La descripción microscópica se realizó en base a lo descrito por la Norma de procedimientos en estudios de anatomía de Madera: I Angiospermae, II Gimnospermae del IBAMA (1991) y a la Lista de características microscópicas IAWA (1989).

Los culmos recolectados presentaron una altura promedio de 24,40 m. para *Bambusa vulgaris* y 24,60 m para *Dendrocalamus asper*, el diámetro de los culmos disminuye desde la base hacia el ápice al igual que el espesor de pared del culmo.

Transversalmente se distinguen diversos tejidos, entre los que destaca el área fibrovascular, en donde se observa el tejido parenquimático, los haces vasculares y las fibras.

El tejido parenquimático es de color crema y visible a simple vista, es el tejido constituyente sobre el cual se insertan los demás elementos anatómicos. Su distribución varía transversalmente; siendo escaso en la parte exterior de culmo y más abundante en la pared interna.

Los haces vasculares son fácilmente diferenciados del tejido parenquimático debido a su color oscuro y forma característica; su concentración varía transversalmente dentro del culmo, siendo abundantes, pequeños y alargados en la parte externa, y grandes, ovalados y menos abundantes hacia el interior del culmo. Según la clasificación de Grosser y Liesse (1971), los haces

vasculares presentes en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* son de tipo III y tipo IV variando en su distribución según la altura del culmo.

Longitudinalmente se observa que el tejido parenquimático presenta alternancia de células cortas y largas, de paredes delgadas y con presencia de punteaduras simples dispuestas en forma alterna.

Las fibras constituyen el tejido de soporte del culmo y se agrupan en haces formando paquetes insertos en el tejido parenquimático. Se caracterizan por ser delgadas, largas y ahusadas en ambos extremos; su longitud varía entre 3 219 y 4 111 μm en *Bambusa vulgaris* y entre 4 071 y 4 377 μm en *Dendrocalamus asper*. Además se observó que el espesor de pared de las fibras disminuye conforme se incrementa en la altura del culmo.

Los vasos se encuentran uno a continuación de otro formando el tejido conductivo y envuelto en paquetes de fibras, presentando punteaduras simples y alternas.

El análisis cualitativo en los tres niveles del culmo, indicó que no existen diferencias en los elementos estructurales que conforman el culmo entre las especies en estudio. Además, cuantitativamente se han encontrado ligeras diferencias entre las especies estudiadas, de modo que en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* se observa que los valores de longitud de fibras, espesor de pared y el diámetro disminuyen desde la sección basal hacia la apical del culmo. Sin embargo, a excepción de la longitud de fibra en *Bambusa vulgaris* los análisis realizados demuestran que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las variables en estudio con los diversos tratamientos.

F50.
D35
T
C.1

INDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN	V
INDICE.....	i
LISTA DE CUADROS.....	I
LISTA DE FIGURAS.....	II
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 ANTECEDENTES	3
2.2 TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO.....	4
2.3 MORFOLOGÍA DE LOS BAMBÚES	5
2.4 DIVERSIDAD, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ECOLOGÍA DE LOS BAMBÚES.....	12
2.4.1 <i>Distribución geográfica y ecología de la Bambusa vulgaris</i>	15
2.4.2 <i>Distribución geográfica y ecología del Dendrocalamus asper</i>	15
2.5 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DEL BAMBÚ.....	16
2.6 PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL BAMBÚ	25
2.7 IMPORTANCIA DEL BAMBÚ	27
2.7.1 <i>Importancia económica</i>	27
2.7.2 <i>Importancia ecológica</i>	31
3. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN	33
3.2 ZONA DE ESTUDIO.....	33
3.3 MATERIALES.....	33
3.3.1 <i>Material vegetativo</i>	33
3.3.2 <i>Materiales de campo y preparación de probetas</i>	34
3.3.3 <i>Materiales de laboratorio</i>	34
3.3.4 <i>Equipos de laboratorio</i>	35
3.4 METODOLOGÍA	36
3.4.1 <i>Selección y colección de muestras</i>	36
3.4.2 <i>Estudio anatómico</i>	37
3.4.3 <i>Registro de imágenes</i>	40
3.4.4 <i>Medición de fibras y elementos vasculares</i>	40
3.4.5 <i>Método de investigación</i>	40
3.4.6 <i>Evaluación y análisis de los resultados</i>	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ESPECIES.....	42
4.1.1 <i>Bambusa vulgaris</i>	42
4.1.2 <i>Dendrocalamus asper</i>	49
4.2 RESULTADOS DE MEDICIONES EFECTUADAS EN LOS TRES NIVELES.....	57
4.2.1 <i>Bambusa vulgaris</i>	57
4.2.2 <i>Dendrocalamus asper</i>	60
4.3 COMPARACIÓN DE ELEMENTOS ANATÓMICOS EN <i>BAMBUSA VULGARIS</i> Y <i>DENDROCALAMUS ASPER</i>	61
4.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	63
5. CONCLUSIONES.....	64
6. RECOMENDACIONES	65

32902

7. BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXO 1	69
ANALISIS ESTADÍSTICO	69

Lista de cuadros

CUADRO 1	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i> Y <i>DENDROCALAMUS ASPER</i>	5
CUADRO 2	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i> Y <i>DENDROCALAMUS ASPER</i>	11
CUADRO 3	VALORES PROMEDIO DE ELEMENTOS ANATÓMICOS EN <i>BAMBUSA VULGARIS</i> Y <i>DENDROCALAMUS ASPER</i>	25
CUADRO 4	VALORES PROMEDIO DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE DIFERENTES ESPECIES DE BAMBÚ.	26
CUADRO 5	CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DE BAMBÚ. INBAR (2006).	28
CUADRO 6	ESPECIES DE BAMBÚ UTILIZADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO.	33
CUADRO 7	DIMENSIONES DE LOS CULMOS DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i> , EVALUADOS SEGÚN SECCIÓN.	42
CUADRO 8	DIMENSIONES DE LOS CULMOS DE <i>DENDROCALAMUS ASPER</i> , EVALUADO SEGÚN SECCIÓN.	50
CUADRO 9	VALORES PROMEDIO DE FIBRAS Y VASOS DE CULMO DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i> EN LAS SECCIONES BASAL, MEDIA Y APICAL DEL CULMO.	59
CUADRO 10	VALORES PROMEDIO DE FIBRAS Y VASOS DE <i>DENDROCALAMUS ASPER</i> EN LAS SECCIONES BASAL, MEDIA Y APICAL DEL CULMO.	61

Lista de figuras

FIGURA 1	PARTES DEL BAMBÚ. GUARNETTI (2007).	6
FIGURA 2	TÍPOS DE RIZOMA. TAKAHASHI Y. ASCENCIOS (2004).....	7
FIGURA 3	MORFOLOGÍA DEL NUDO Y ENTRENUDO DE UNA SECCIÓN DE BAMBÚ. LIESE (1998).	8
FIGURA 4	DISTRIBUCIÓN DEL BAMBÚ EN EL MUNDO. INBAR (2006) Y LONDOÑO (2002).....	13
FIGURA 5	UBICACIÓN DE PLANTACIONES Y FORMACIONES SILVESTRES DE BAMBÚ EN EL PERÚ. SOCIEDAD PERUANA DEL BAMBÚ (2009).....	14
FIGURA 6	ENGROSAMIENTO DE LA PARED CELULAR DE FIBRAS EN RELACIÓN A LA EDAD. A) FIBRAS DE PARED DELGADA EN CULMOS MENORES DE 6 MESES. B) PAREDES ENGROSADAS EN CULMOS DE 3 AÑOS. GRITSCH Y MURPHY (2004).....	18
FIGURA 7	DETALLE DE HAZ VASCULAR EN GUADUA ANGUSTIFOLIA. LIESE (1998).	19
FIGURA 8	HAZ VASCULAR TIPO 1 EN <i>PHYLLOSTACHYS EDULIS</i> . LIESE (1998).	20
FIGURA 9	HAZ VASCULAR TIPO 2 EN <i>CEPHALOSTACHYUM PERGRACILE</i> . LIESE (1998).....	21
FIGURA 10	HAZ VASCULAR TIPO 3 EN <i>OXYTENANTHERA ALBOCILIATA</i> . LIESE (1998).....	22
FIGURA 11	HAZ VASCULAR TIPO 4 EN <i>BAMBUSA POLYMORPHA</i> . LIESE (1998).....	22
FIGURA 12	ESTRUCTURA DE CULMO DE <i>BAMBUSA FORBESII</i> . LIESE (1998).	23
FIGURA 13	<i>OXYTENANTHERA NIGROCILIATA</i> . LIESE (1998).	24
FIGURA 14	USOS INDUSTRIALES DE BAMBÚ. (PEREIRA Y BERALDO, 2007).	29
FIGURA 15	DETERMINACIÓN DE SECCIONES DE CULMO DE BAMBÚ.....	36
FIGURA 16	CORTE Y CODIFICACIÓN DE SECCIÓN MEDIA DE CULMO DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i>	37
FIGURA 17	DIAGRAMA DE FLUJO DE MICROTECNIA	38
FIGURA 18	NUDO DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i> CON COLORACIÓN CARACTERÍSTICA ENCIMA DEL NUDO.	43
FIGURA 19	VARIACIÓN DEL PARÉNQUIMA Y HACES VASCULARES EN <i>BAMBUSA VULGARIS</i>	44
FIGURA 20	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CULMO DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i> . A) SECCIÓN BASAL, B)SECCIÓN MEDIA Y C) SECCIÓN APICAL.	45
FIGURA 21	HAZ VASCULAR TIPO III DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i>	46
FIGURA 22	CORTE LONGITUDINAL DE CULMO DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i>	47
FIGURA 23	FIBRAS Y VASO DE <i>BAMBUSA VULGARIS</i>	48
FIGURA 24	ESPESOR DE PARED DE FIBRAS EN LAS SECCIONES BASAL, B) MEDIA Y C) APICAL.	49
FIGURA 25	CULMO DE <i>DENDROCALAMUS ASPER</i> . A: SECCIONES DE CULMO, B: CUÑA SUPRANODAL Y RAÍCES ADVENTICIAS.	51
FIGURA 26	VARIACIÓN DE PARÉNQUIMA Y HACES VASCULARES EN <i>DENDROCALAMUS ASPER</i>	52
FIGURA 27	SECCIONES TRANSVERSALES DEL CULMO DE <i>DENDROCALAMUS ASPER</i> .A) SECCIÓN BASAL, B)SECCIÓN MEDIA Y C) SECCIÓN APICAL.	53
FIGURA 28	HAZ VASCULAR TIPO IV DE <i>DENDROCALAMUS ASPER</i>	54
FIGURA 29	CORTE LONGITUDINAL DE CULMO DE <i>DENDROCALAMUS ASPER</i>	55
FIGURA 30	FIBRA Y VASO DE <i>DENDROCALAMUS ASPER</i>	56
FIGURA 31	ESPESOR DE PARED DE FIBRAS EN SECCIONES BASAL, B) MEDIA Y C) APICAL.	57
FIGURA 32	LONGITUD DE FIBRA EN <i>BAMBUSA VULGARIS</i> Y <i>DENDROCALAMUS ASPER</i> (μM)	62
FIGURA 33	ESPESOR DE PARED FIBRA EN <i>BAMBUSA VULGARIS</i> Y <i>DENDROCALAMUS ASPER</i> (μM).....	62
FIGURA 34	COMPARACIÓN DE LONGITUD DE VASOS EN <i>BAMBUSA VULGARIS</i> Y <i>DENDROCALAMUS ASPER</i> (μM)	63

1. INTRODUCCIÓN

El Bambú, es un tipo de planta que pertenece a la familia de las gramíneas, sub familia Bambusoideas. Es conocido bajo varios nombres, entre los asháninkas de la selva central lo llaman Capiro, internacionalmente es conocido como acero vegetal; cuenta con aproximadamente 1250 especies distribuidas en el mundo. Este grupo de plantas es reconocido por ser económicamente importante, ya que tiene una gran adaptabilidad a diversos ambientes tanto tropicales como templados (Londoño, 2002) y por presentar propiedades que lo convierten en materia prima adecuada para múltiples industrias forestales como la papelera, de paneles, pisos, construcción, etc. (Bonfatti, 2010).

El tallo de bambú ha sido definido como una “madera atípica”, ya que a pesar de no tener la misma estructura y características de la madera, puede en algunos casos reemplazarla en la elaboración de algunos productos maderables (León Hernández y Espinoza de Pernía, 2001); además, es reconocido por su importancia ecológica, pues tiene potencial para reducir la presión sobre los bosques y disminuir la deforestación (Londoño, 2002).

En el año 2008 se publicó en el Perú el primer Plan Nacional de Promoción de Bambú, iniciativa realizada por el Ministerio de Agricultura; documento que reconoce al bambú, como “un recurso natural con potencial por jugar un papel importante en el desarrollo socio económico del país y por consiguiente, en la lucha contra la pobreza”. Asimismo, se reconoce que no existe en el Perú suficiente información referida a este valioso recurso y teniendo en cuenta que el desarrollo de conocimiento e investigación, es el primer paso para lograr la promoción del uso de bambú, se concluye que el fomento de la investigación para éste recurso es fundamental.

El presente trabajo de investigación constituye una contribución con el conocimiento del bambú, ya que se ha logrado realizar el estudio anatómico de dos especies de bambú. Los objetivos específicos del presente trabajo son:

Determinar y describir los diferentes elementos anatómicos que presentan los culmos de *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*.

Analizar y comparar la variación longitudinal en tres secciones de los elementos anatómicos de las especies en estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

En el Perú, las investigaciones realizadas con bambú en los últimos años, han tenido como objetivo común el presentar al bambú como un valioso recurso, una alternativa económica y un material capaz de sustituir a la madera en algunos usos, resaltando su versatilidad, gran adaptabilidad a diversos climas y condiciones de sitio, alto rendimiento por hectárea y beneficios ambientales directos e indirectos. (Takahashi y Ascencios, 2004; Nieto, 2008 y Reátegui, 2009).

Entre los trabajos realizados en el Perú, destacan el “Inventario de Bambú en el Perú” (Takahashi y Ascencios, 2004), donde se identificaron las principales áreas de producción de bambú y las especies que se encuentran en el territorio nacional. Dicho estudio fue tomado para la elaboración del “Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008-2020” (Ministerio de Agricultura – MINAG, 2008), documento que señala la importancia del bambú como recurso económico y aliado en la lucha contra la pobreza y degradación ambiental.

También en el Perú se han ejecutado diversos proyectos orientados al desarrollo de áreas rurales mediante la promoción de recursos forestales no maderables, entre los que destaca el bambú. Es el caso del proyecto desarrollado en la costa norte, en cuyo marco se desarrollaron publicaciones referidas a aspectos silviculturales de la especie *Guadua angustifolia*, trabajo realizado por el Centro de Investigación, Capacitación, Asesoría y Promoción (CICAP, 2009) Otro caso es el proyecto “Manejo Integral de bosques comunitarios en el valle del Pichis”, en el cual se desarrollaron y presentaron Planes de Manejo Forestal de Recursos Forestales no Maderables, así como manuales para la transformación artesanal del bambú como estrategia para la generación de recursos económicos por parte de los pobladores de las comunidades nativas. (Conservación Internacional -CI y Cámara Nacional de la Producción y Emprendimiento - CANPRODEM, 2008).

Entre las investigaciones realizadas en los últimos años destacan el desarrollo de una clave taxonómica para la identificación de diversas especies de bambú en selva central (Reátegui, 2009), y el primer estudio de caracterización anatómica de culmos de bambú en dos especies de importancia económica (Nieto, 2008).

2.2 TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

Taxonomía es la ciencia que describe, nombra y clasifica a los organismos. Para el caso de las plantas, se utiliza la flor como unidad básica en la identificación (Reátegui, 2009). En América, el conocimiento taxonómico de los bambúes es relativamente joven, teniendo avances en los últimos 50 años gracias a los trabajos de Mc Clure, Calderón, Soderstrom, Ellis, Clark, Davidse, Judziewicz, Londoño y Zuloaga (Londoño, 2002).

Es de resaltar que en el caso del bambú, los ciclos de floración tienen intervalos muy largos que varían entre los 10 y 120 años, lo cual ha representado una limitante en la identificación de las especies, siendo la mayoría de las colecciones de herbario incompletas; por ello, es que se ha dado gran importancia al estudio de los caracteres vegetativos. (Londoño, 2002).

La clasificación taxonómica de los bambúes motivo de estudio se detalla en el Cuadro N°1. (Reátegui, 2009)

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*

	<i>Bambusa vulgaris</i>	<i>Dendrocalamus asper</i>
Reino	Plantae	Plantae
División	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida	Liliopsida
Grupo	Angiosperma	Angiosperma
Clase	Monocotiledónea	Monocotiledónea
Orden	Poales	Poales
Familia	Poaceae (Gramineae)	Poaceae (Gramineae)
Subfamilia	Bambusoideae	Bambusoideae
Tribu	Bambuseae	Bambuseae
Nombre científico	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland	<i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. y Schult. f.) Backer ex K. Heyne.
Nombres comunes	Bambú común, Kapiro, "Grand Bambou", "Bambú Ampel", "Bambú imperial", "Bambú amarillo", "bambú".	Bambú nacional, bambú gigante.
Sinónimos botánicos	Bambos arundinacea Retz.; <i>Bambusa auriculata</i> Kurz; <i>Bambusa bambos</i> (L.) Voss; <i>Bambusa blancoi</i> Steud.; <i>Bambusa fera</i> Miq.; <i>Bambusa humilis</i> Rchb. ex Rupr.; <i>Bambusa mitis</i> Blanco; <i>Bambusa sieberi</i> Griseb.; <i>Bambusa surinamensis</i> Rupr.; <i>Bambusa thouarsii</i> Kunth; <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>aureovariegata</i> Beadle in Bailey; <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>striata</i> (Lodd. ex Lindl.) Gamble; <i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i> Rivière y C. Rivière.	<i>Bambusa aspera</i> Schult. y Schult. f., <i>Dendrocalamus flagellifer</i> Munro, <i>Dendrocalamus memillianus</i> Elmer, <i>Gigantochloa aspera</i> (Schult. y Schult. f.) Kurz, <i>Sinocalamus flagellifer</i> .

Fuente: Reátegui (2009).

2.3 MORFOLOGÍA DE LOS BAMBÚES

Los bambúes son plantas de gran diversidad morfológica, los hay con tallos herbáceos de pocos centímetros de altura, hasta tallos leñosos de 30 metros de altura. Debido a su naturaleza especializada y a su floración infrecuente, se le ha dado gran importancia al estudio de las estructuras morfológicas (Londoño, 2002):

La estructura de los bambúes se puede dividir en dos partes; subterránea y superficial. La parte subterránea está conformada por el rizoma y la parte superficial está conformada por varios

elementos entre los que destaca el culmo, que constituye la parte leñosa y más utilizada del bambú, se encuentran además la yema, ramas, hojas caulinares, el follaje, la inflorescencia y el fruto (Londoño, 2002 y Reátegui, 2009).

En la Figura 1 se ilustran las partes de una planta de bambú según Guarnetti (2007).

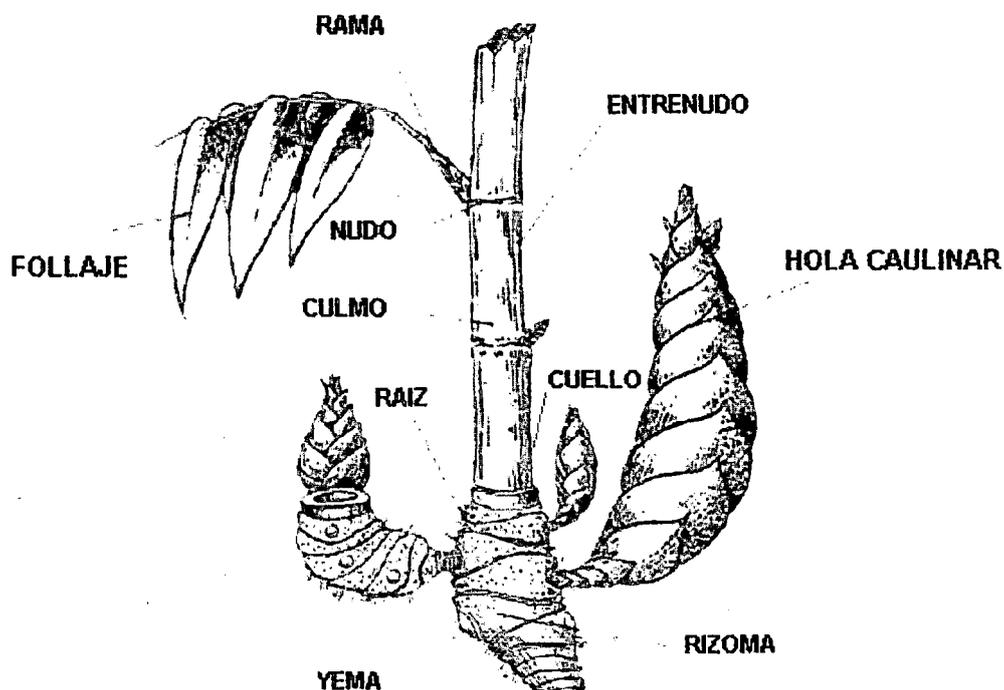


Figura 1 Partes del bambú. Guarnetti (2007).

La descripción de cada una de las partes se presenta a continuación:

Rizoma

Ejerce un papel fundamental en el desarrollo del bambú, forma la parte subterránea de la planta, su función principal es de anclaje al suelo, además cumple otras importantes funciones.

como reproducción vegetativa, absorción, almacenaje y transporte de nutrientes (Londoño, 2002).

Como en otras partes vegetativas de la planta de bambú, los rizomas están compuestos de unidades repetitivas, con un nudo, un entrenudo, una hoja, generalmente una yema, y uno o más raíces (Reátegui, 2009).

El crecimiento anual de los culmos se efectúa asexualmente por medio de la ramificación de los rizomas. Estas ramificaciones ocurren de maneras distintas, dando origen a los dos principales grupos de bambú: el grupo leptomorfo, donde los culmos nacen separados unos de otros, y el grupo paquimorfo, donde los culmos nacen y se desarrollan agrupados unos con otros (Pereira y Beraldo, 2007). En la Figura 2 se observan los principales tipos de rizomas. Existe un tercer tipo de rizoma denominado anfimorfo o anfipodial, caracterizado por presentar una ramificación combinada de los dos grupos anteriormente descritos (Nieto, 2008).

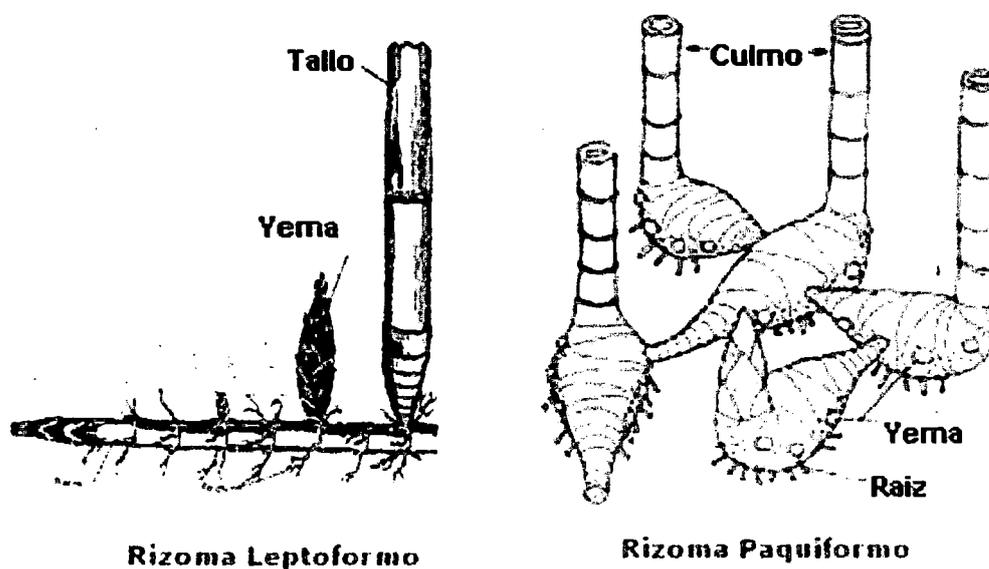


Figura 2 Tipos de Rizoma. Takahashi y. Ascencios (2004).

Culmo

También denominado caña o vara, constituye el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma. Este término se emplea principalmente cuando se hace referencia a los bambúes leñosos. Es la parte leñosa y más utilizada del bambú. Se diferencian en su estructura nudos y entrenudos, siendo el nudo la sección de mayor resistencia mecánica (Londoño, 2002).

En el culmo se diferencian tres elementos (Londoño, 2002):

Cuello: parte de unión entre el rizoma y el culmo.

Nudo: puntos de unión entre entrenudos; se caracterizan por ser la parte más resistente del culmo.

Entrenudo: porción del culmo comprendida entre dos nudos. Los entrenudos pueden ser de sección esférica, sin embargo existen culmos de sección cuadrada, triangular; de formas variadas, pudiendo ser cilíndricas, abombadas, espiraladas, planas, acanaladas.

En la Figura 3 se observa la morfología longitudinal del nudo y transversal del nudo, según Liese (1998).

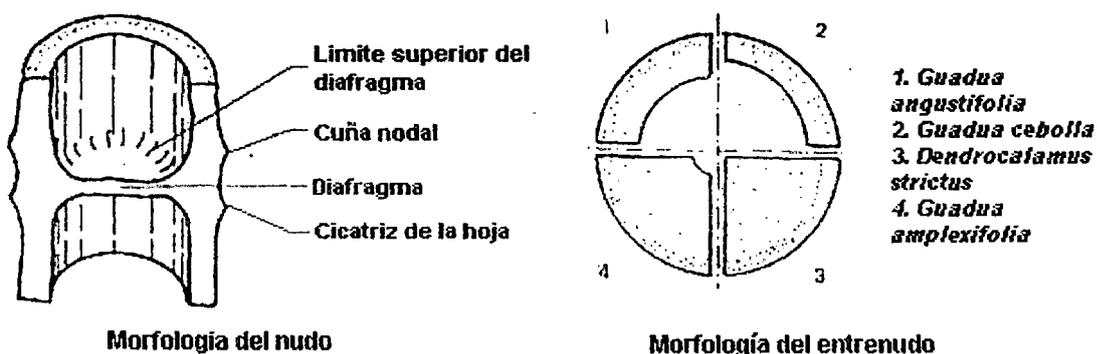


Figura 3 Morfología del nudo y entrenudo de una sección de bambú. Liese (1998).

Yema

Localizada por encima de la línea nodal y en posición dística; las yemas rompen su inactividad generalmente cuando el culmo ha completado el crecimiento apical. Se pueden clasificar en yemas reproductivas y yemas vegetativas (Londoño, 2002).

Las yemas tienen un rol importante desde el punto de vista taxonómico, pues ayudan a identificar especies, secciones y géneros (Castaño y Moreno, 2004). Además, las yemas cumplen un rol muy importante en la biotecnología para la propagación “in vitro” del bambú (Londoño, 2002).

Ramas

Las ramas se originan en la línea nodal, por encima de ésta o sobre un promontorio. Su número y organización varían mucho. Las ramas son muy importantes porque sostienen el follaje, estructura básica en el proceso fotosintético (Londoño, 2002).

Hoja caulinar

Es la estructura que nace en cada nudo del culmo; consiste en una hoja amplia, una lámina reducida, una lígula interna (apéndice membranoso que une la hoja con la lámina) y aurículas, en caso estén presentes; además presenta una banda de tejido conocida como “faja” conecta la base de la hoja con la línea nodal. Los márgenes de las hojas se superponen en mayor o menor medida, y la base de la hoja puede envolver hasta dos veces el nudo (Reátegui, 2009).

La hoja caulinar cumple la función de protección, soporte y refuerza la zona meristemática tierna de los entrenudos del culmo y ramas durante el proceso de crecimiento (Hidalgo, 2003). Además, presenta cambios progresivos en su tamaño, forma, consistencia y vestimento a lo largo del culmo (Longhi 1998, citado por Nieto 2008). Las hojas mejor desarrolladas y más

representativas para la identificación son las que se encuentran en la sección media del culmo (Reátegui, 2009).

Follaje

Es la principal fuente de elaboración de alimento de la planta. Importante en los estudios taxonómicos sobre todo a nivel anatómico. En la mayoría de las gramíneas la hoja está constituida por vaina, lamina y apéndices como aurículas y fimbrias (Londoño, 2002).

Inflorescencia

Término general que hace referencia a la organización de las flores en una planta y no tiene connotación morfológica. La inflorescencia de los bambúes es un eje o un sistema de ejes (ramas asociadas), que emergen de un eje común llamado raquis primario. Tanto el raquis primario como los demás ejes finalizan en una espiguilla. La espiguilla se considera la unidad básica estructural en la inflorescencia de los bambúes (Londoño, 2002).

Fruto

Según Londoño (2002), la diversidad de formas en los frutos de bambúes es muy amplia; al respecto Reátegui (2009) agrega que los frutos varían mucho en tamaño, forma y otras características y pueden ser de tipo baya o cariopsis que es el más común. Muchos de ellos parecen granos de trigo u otros cereales.

En las Bambusoideae el fruto es indehiscente y el embrión es más pequeño que el endospermo, este último carácter no se cumple en los bambúes que tienen fruto carnoso (Londoño, 2002).

En el Cuadro N°2 se presentan las principales características morfológicas para *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*, según diversos autores.

Cuadro 2 Características morfológicas de *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*.

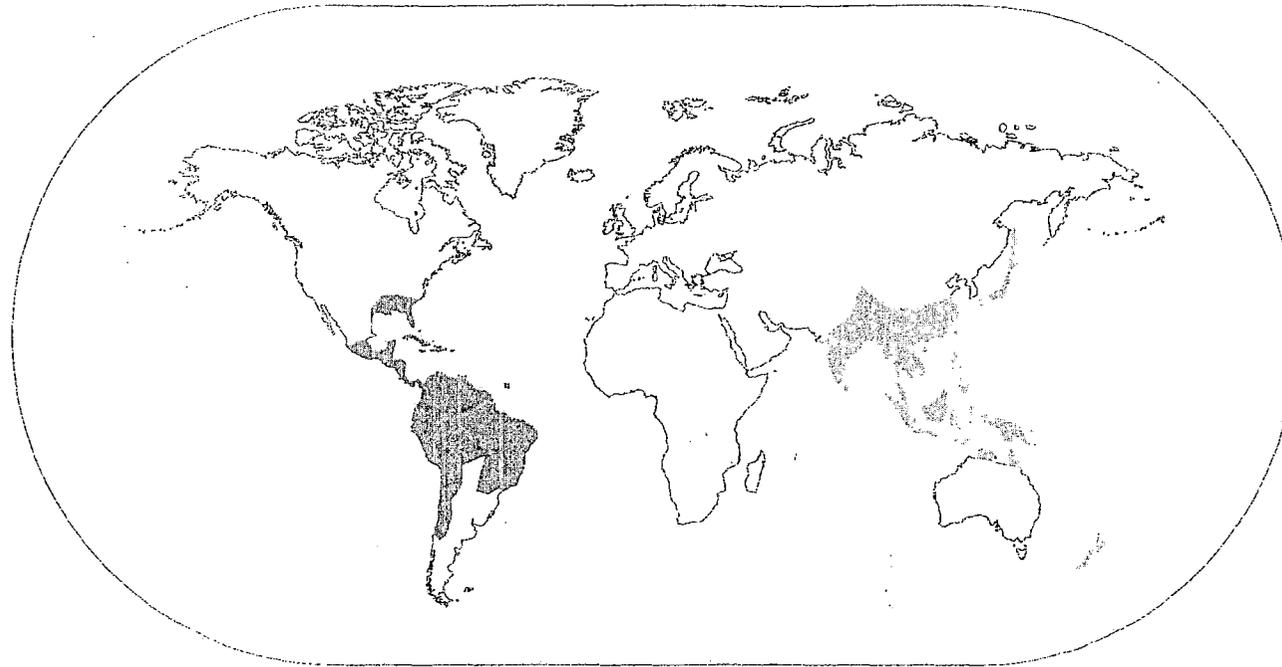
Estructura morfológica	Características	
	<i>Bambusa vulgaris</i>	<i>Dendrocalamus asper</i>
Rizoma	Paquimorfo de cuello corto (Pereira y Beraldo, 2007).	Paquimorfo de cuello corto (Pereira y Beraldo, 2007).
Culmo	Culmo leñoso de 6 a 15 cm de diámetro y altura promedio de 20m (Pereira y Beraldo, 2007). Presenta un color verde oscuro cuando joven, además de presentar cera. Sección transversal redonda y hueca con polvillo en las paredes internas. Nudo conspicuo, se deprime hacia la zona de nacimiento de las ramas (Reátegui, 2009).	Culmo leñoso de 15 a 20 cm de diámetro y altura promedio de 25m (Pereira y Beraldo, 2007). Color verde de joven y café de adulto. Nudo horizontal y conspicuo con presencia de raíces adventicias los mismos que disminuyen desde la base hacia la punta. Entrenudo hueco con presencia de polvillo amarillo blancuzco (Reátegui, 2009).
Ramas	Solo se dan en la sección superior del culmo, algunas en la sección inferior pero ninguna en la sección media. Las ramas superiores con ángulo hacia arriba y en ramas inferiores hacia abajo. Una rama dominante con ramas subsidiarias alrededor (Reátegui, 2009).	Las ramas ocurren en todos los nudos, las ramas superiores en ángulos hacia arriba y las inferiores en ángulos hacia abajo. Varias ramas por nudo con una principal, se originan en la línea nodal (Reátegui, 2009).
Hoja caulinar	Hoja caulinar decidua, empequeñece hacia la parte apical del culmo, solitaria (Reátegui, 2009).	Hoja caulinar decidua. Cubre el primer tercio del culmo. En la base la hoja caulinar es ancha y corta y en el ápice largo y un poco más delgado (Reátegui, 2009).
Lamina foliar	Lámina de 10 x 4 cm, erecta, en forma de espada, se mantiene unida a la vaina (Reátegui, 2009).	Lámina foliar 40 x 10 cm, lanceolada y de color verde oscuro (Reátegui, 2009).
Inflorescencia	Masculinas y femeninas en una misma espiga con 4-12 flores. Floración esporádica y gregaria (Nieto, 2008).	
Fruto	Cariópside, semejante al grano de trigo, indehiscentes (Nieto, 2008).	
Hábito	Erecto y arqueado en la punta (Reátegui, 2009).	Erecto y arqueado en la punta (Reátegui, 2009).

2.4 DIVERSIDAD, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ECOLOGÍA DE LOS BAMBÚES

La diversidad de especies de bambú es amplia. Según Londoño (2002) existen 90 géneros y 1100 especies; Hidalgo (2003) indica que existen alrededor de 121 géneros entre los cuales se distribuyen 1600 especies; por último, Bonfatti (2010) indica la existencia de 75 géneros y 1250 especies. Estas diferencias se deben a la dificultad que implica la identificación del bambú, ya que las floraciones son raras y se producen en intervalos de tiempo muy prolongados que varían entre los 10 y 120 años (Londoño, 2002).

El bambú es una planta muy versátil, que ha sido capaz de adaptarse a múltiples condiciones climáticas y de sitio, lo cual le ha permitido una distribución muy amplia alrededor del mundo. Según Castaño y Moreno (2004), los bambúes se distribuyen latitudinalmente desde el norte de (51° N) hasta el sur de Chile (47° S) y altitudinalmente desde la sección del mar hasta los 4300 metros. En la Figura 4 se muestra la distribución del bambú en el mundo según la International Network for Bamboo and Rattan, INBAR (2006).

Takahashi y Ascencios (2004) desarrollaron el Inventario de Bambú para determinar los géneros y especies que se encuentran en el Perú, la ubicación geográfica de las plantaciones y formaciones silvestres existentes y la extensión que ocupan; obteniéndose como resultado la presencia de ocho géneros, de los cuales 4 son nativos y 4 son especies introducidas. La distribución geográfica de dichos géneros en el país, según la Sociedad Peruana del Bambú (2009), se muestra en la Figura 5.



 America del Sur	 Africa	 Asia
<i>Chusquea</i>	<i>Bambusa</i>	<i>Dendrocalamus</i>
<i>Guadua</i>	<i>Oxytenanthera</i>	<i>Bambusa</i>
<i>Arundinaria</i>		<i>Phyllostachys</i>
		<i>Oxytenanthera</i>
		<i>Arundinaria,</i>
		<i>Thyrsostachys,</i>
		<i>Gigantochloa,</i>
		<i>Cephalostachyum</i>
		<i>Melocanna</i>

Figura 4 Distribución del bambú en el mundo. INBAR (2006) y Londoño (2002).

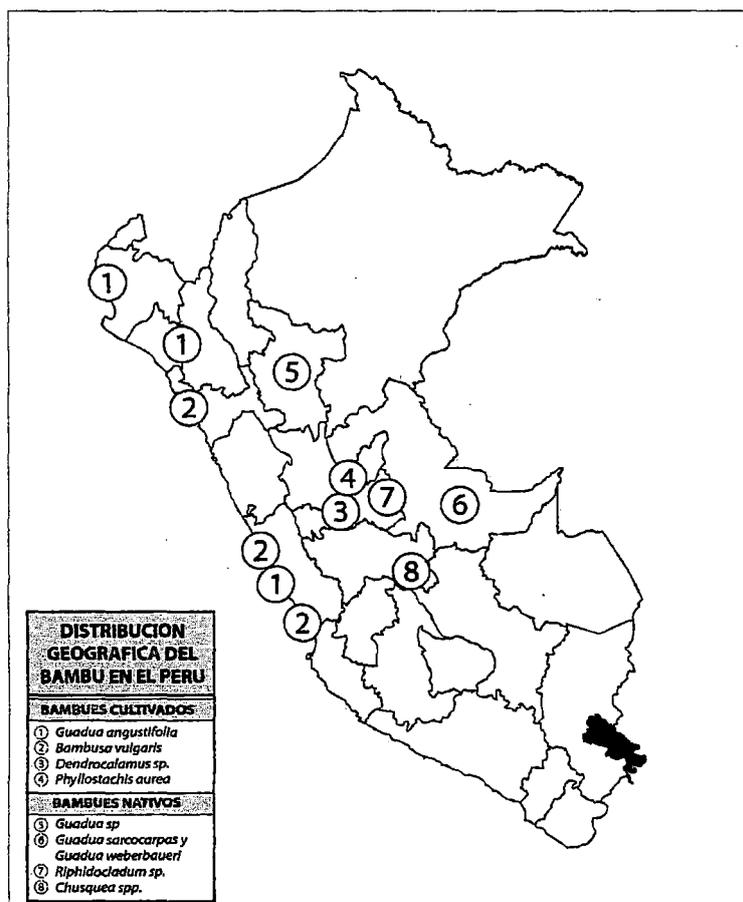


Figura 5 Ubicación de plantaciones y formaciones silvestres de Bambú en el Perú. Sociedad Peruana del Bambú (2009).

Las especies *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* se encuentran en el valle del Pichis desde hace aproximadamente 30 años, fueron originalmente introducidas por el propietario de un fundo privado con el fin de combatir la erosión ribereña. Posteriormente algunas matas fueron obtenidas por las comunidades nativas vecinas y debido a la utilidad del recurso decidieron establecer plantaciones que delimitaran sus chacras y en las riberas del río. Fue así como se difundió el cultivo y su uso en el valle del Pichis (Información obtenida por entrevista directa al jefe de la Comunidad Nativa de Puerto Pascuala).

En el mundo la mayor abundancia del bambú se encuentra en las zonas cálidas y con abundantes lluvias de Asia, África y América del Sur. Las especies nativas crecen naturalmente

en todos los continentes, excepto en Europa, presentando Asia la mayor diversidad con el 62% de las especies, el 34% se encuentran en América y el 4% en África y Oceanía (Hidalgo, 2003). De modo general, las temperaturas altas promueven el crecimiento del bambú, la mayoría de especies se adaptan a un clima tropical de entre 8 y 36 °C; y las bajas lo inhiben, excepto para algunos bambúes del género *Phyllostachys*, que se desarrollan bien en climas fríos, soportando temperaturas de hasta -15 °C (Pereira y Beraldo, 2007).

En cuanto al desarrollo del bambú respecto al tipo de suelos, éste se desarrolla bien en la mayoría de ellos, siendo los más adecuados los suelos fértiles, de buen drenaje, con un pH entre 5,0 y 6,5. Suelos muy húmedos o que presentan un nivel freático alto puede originar un menor desarrollo del bambú; siendo los suelos salinos no adecuados para su cultivo (Pereira y Beraldo, 2007).

2.4.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ECOLOGÍA DE LA *BAMBUSA VULGARIS*

Especie originaria de Asia tropical, se argumenta que es el bambú más ampliamente cultivado en el trópico y sub trópico, y el más frecuente en el sur este asiático. En América se ha adaptado a diversos tipos de climas y suelos, encontrándose desde México hasta Uruguay e Islas del Caribe (Dransfield y Widjaja, 1995 citado por Reátegui, 2009). De tal modo, *Bambusa vulgaris* es una especie con distribución pantropical, es decir, que se encuentra en las regiones tropicales de todos los continentes (Pereira y Beraldo, 2007).

2.4.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ECOLOGÍA DEL *DENDROCALAMUS ASPER*

De manera natural, la especie se distribuye en la India, Tailandia, Vietnam, Malasia, Indonesia y Filipinas (Pereira y Beraldo, 2007). De manera artificial, ha sido introducido y cultivado en otros países como Madagascar y Sri Lanka (Londoño, 2004).

2.5 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DEL BAMBÚ

El principal objetivo de una investigación anatómica en tallos como la madera o culmos, es verificar la relación existente entre sus características y su aplicación; por lo tanto, el estudio de las propiedades anatómicas, es decisivo para determinar el uso final del tallo (Hugues, 1973).

Las propiedades de los culmos de bambú están determinadas por su estructura anatómica, y son las características anatómicas las que determinan sus propiedades y reflejan el uso final del material (Bonfatti,2010; Castaño y Moreno, 2004; Londoño, 2002 y Liese, 1998).

También, investigaciones realizadas con 52 especies de bambú asiáticos pertenecientes a 14 géneros, señalan que las características anatómicas de los culmos de bambú tienen un valor considerable para la identificación taxonómica, ya que existen diferencias en la estructura de los haces vasculares entre géneros y especies (Grosser y Liese, 1971).

De manera general los tejidos en un culmo de bambú están compuestos por:

Corteza

Es la parte externa del culmo, está constituida por tres capas diferentes; la primera es la epidermis, que presenta alta concentración de sílice. La segunda capa corresponde a la hipodermis, es más gruesa y consta de 2 a 3 capas de células de esclerénquima de pared gruesa y altamente lignificada. La tercera capa es el Parénquima cortical, que es una capa homogénea, formada por 8 a 10 capas de células de paredes delgadas y gruesas. La estructura de la corteza antes descrita, dificulta cualquier movimiento lateral de líquidos (Pereira y Beraldo, 2007 y Castaño y Moreno, 2004).

Parénquima

Tejido formado por células vivas, capaces de crecer y de dividirse; constituye el tejido fundamental en el cual se hallan incluidos otros tejidos, especialmente vascular (floema y xilema). El parénquima es la base o principio de la planta, en el sentido en que los meristemas apicales y las células reproductoras son de naturaleza parenquimática (Hernández, 2001).

El parénquima representa aproximadamente un 50% del tejido disponible en el culmo y está compuesto por células largas y cortas (Liese, 1998). Las células largas generalmente tienen paredes gruesas y se lignifican con el tiempo; las células cortas son más pequeñas, de forma cúbica y de citoplasma más denso, tienen paredes delgadas y no se lignifican con la edad (Castaño y Moreno, 2004).

El parénquima envuelve a los vasos y fibras, su concentración varía dentro del culmo tanto longitudinal como horizontalmente, en dirección horizontal se observa una mayor concentración de tejido parenquimático en la parte interna de los culmos de bambú y de modo vertical se observa una disminución del tejido parenquimático en dirección apical (Londoño, 2002).

Esclerénquima

Células generalmente largas de paredes delgadas o gruesas (Hernández, 2001). Constituyen el tejido esclerenquimático siendo las principales responsables de la resistencia mecánica de los culmos. Las fibras se encuentran en los entrenudos rodeando los vasos cumpliendo una función protectora (Pereira y Beraldo, 2007). Las fibras constituyen aproximadamente el 40% del tejido del culmo y representan el 70% de la masa del mismo (Liese, 1998).

El porcentaje de fibras es mayor en los haces vasculares de la pared externa del culmo y en la transición (90-97%) que en los haces vasculares de la zona media e interna (65-87%), de

manera que el material resiste adecuadamente a las cargas por efecto de viento, que son las condiciones más usuales en la naturaleza (Ghavami y Marinho, 2005). Asimismo, a lo largo del culmo el porcentaje de fibra es mayor en el segmento apical (56%) frente a los segmentos basal (29%) y medio (26%) (Castaño y Moreno, 2004).

Las fibras se caracterizan por su forma delgada, larga y afilada en ambos extremos y algunas veces son bifurcadas. Las fibras difieren en tamaño y forma, dependiendo de la especie, edad y de su localización en el culmo. En la figura 6 se observa el cambio en el espesor de la pared celular en fibras en *Guadua angustifolia* en dos edades distintas.

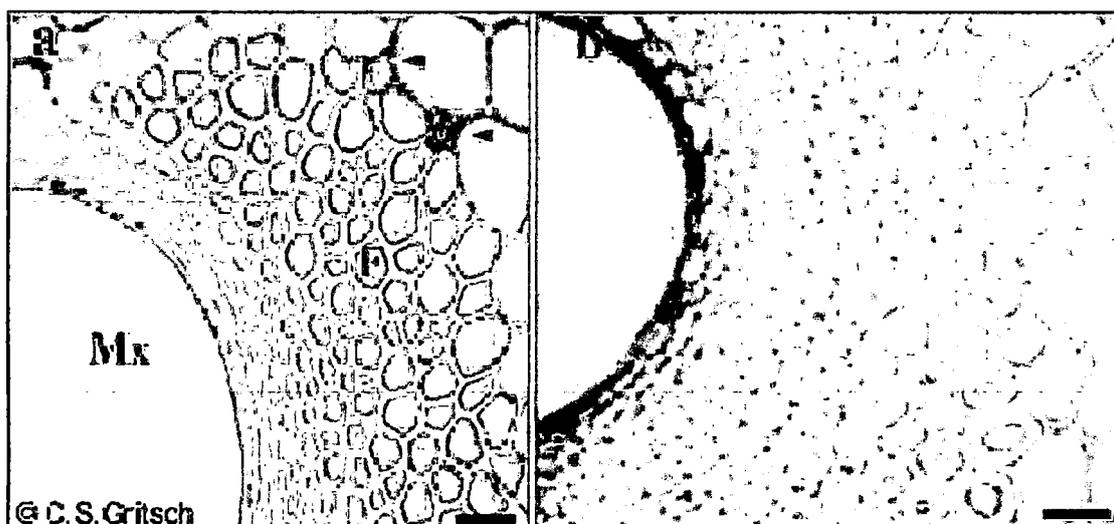
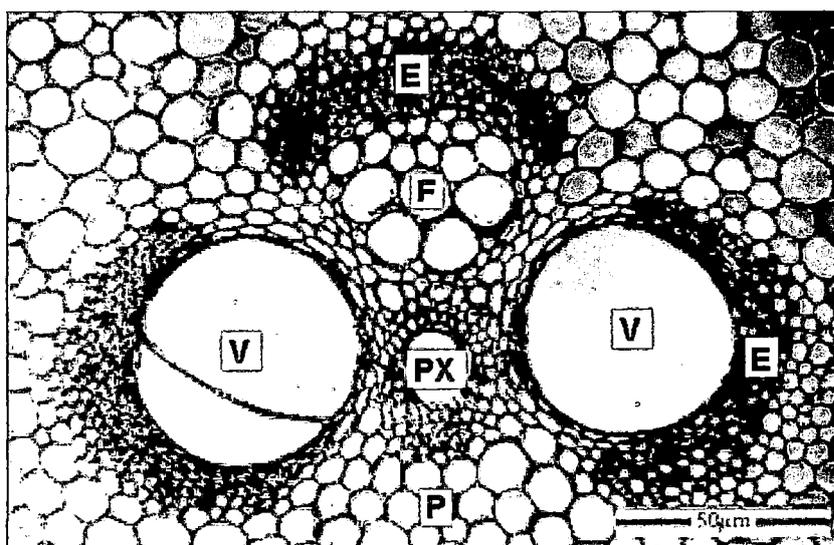


Figura 6 Engrosamiento de la pared celular de fibras en relación a la edad. a) fibras de pared delgada en culmos menores de 6 meses. b) paredes engrosadas en culmos de 3 años. Gritsch y Murphy (2004).

Haces vasculares

Los haces vasculares se encuentran insertos en el tejido parenquimático, formados de manera general por dos vasos anchos de metaxilema, uno o dos vasos estrechos de protoxilema o también llamado espacio intercelular que se localizan entre los vasos del metaxilema y por el

floema. Tanto los vasos de metaxilema, como el floema y protoxilema se encuentran rodeados por tejido esclerenquimático (Nieto, 2008). Los elementos del haz vascular se observan en la figura 7.



V: vasos de metaxilema; F: floema; PX: protoxilema o espacio intercelular; E: tejido esclerenquimático y P: tejido parenquimático.

Figura 7 Detalle de haz vascular en *Guadua angustifolia*. Liese (1998).

La estructura anatómica del corte transversal de un entrenudo, está determinada por, la forma, tamaño, organización y número de los haces vasculares Londoño (2002).

Respecto a la variación transversal de los tejidos del culmo, en la periferia del culmo los haces vasculares son abundantes y pequeños, y escasos y grandes en la parte interna del culmo (Liese, 1998; Londoño, 2002; Pereira y Beraldo, 2007 y Nieto, 2008). El bambú presenta además variación vertical de los tejidos del culmo, se observa que el tamaño de los haces vasculares decrece de la base hacia la punta, mientras su densidad se incrementa y disminuye la cantidad de tejido parenquimático (Londoño, 2002).

Los haces vasculares se caracterizan por su forma, tamaño y agrupamiento, proporcionando así la base para un sistema de clasificación anatómico que incluye cuatro tipos (Grosser y Liese, 1971). Hay un aumento de la resistencia mecánica de los haces de fibras que recubren a los haces conductores desde el tipo I hasta el tipo IV, ésto porque los tipos de arreglos III y IV presentan haces de fibras aislados, además de los haces normales que rodean los haces conductores, lo que los convierte más resistentes que los bambúes tipo I y II. (Pereira y Beraldo, 2007).

D.1. Tipo 1

Presenta una estructura conformada por un haz vascular con vaina de tejido esclerenquimático. Los haces vasculares están simétricamente localizados y presentan dimensiones similares. Este tipo es llamado “tipo abierto” y está presente en especies con rizomas de crecimiento monopodial, como en los géneros *Arundinaria*, *Phyllostachys* y *Tetragonocalamus*, conforme a la Figura 8 (León y Espinoza de Pernía, 2001).

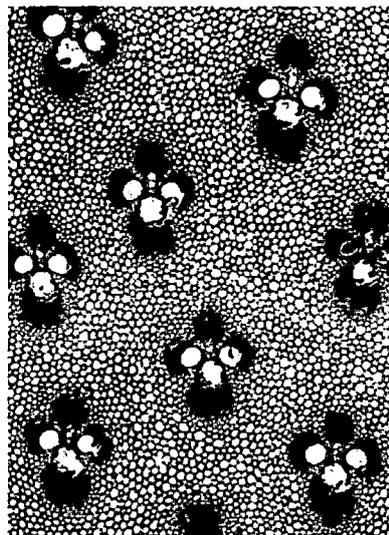


Figura 8 Haz vascular tipo 1 en *Phyllostachys edulis*. Liese (1998).

D.2. Tipo 2

Presenta una estructura conformada por un haz vascular central con una envoltura de esclerénquima alrededor del tejido vascular, y una envoltura del esclerénquima alrededor de los espacios intercelulares o área de protoxilema, notablemente unas más grandes que otras. Este tipo de haz vascular está presente en especies de crecimiento simpodial, como en los géneros *Melocanna*, *Cephalostachyum*, *Schizostachyum* y *Teinostachyum*; conforme a la Figura 9 (León y Espinoza de Pernía, 2001).

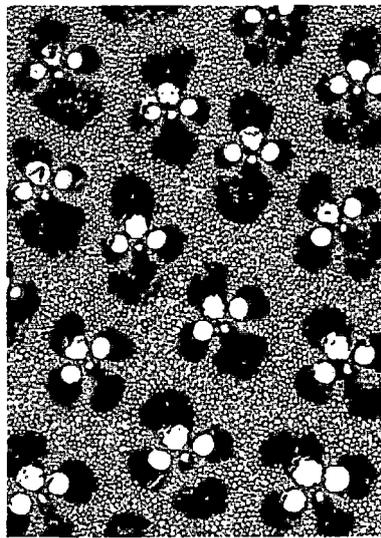


Figura 9 Haz vascular tipo 2 en *Cephalostachyum pergracile*. Liese (1998).

D.3. Tipo 3

Consiste en dos partes, un haz vascular central y un grupo de fibras hacia el lado externo del haz vascular central. La envoltura de esclerénquima en los espacios intercelulares o área del protoxilema es generalmente más pequeña que las otras. Se observa en *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochla* y *Thysostachys*; conforme la Figura 10 (León y Espinoza de Pernía, 2001).

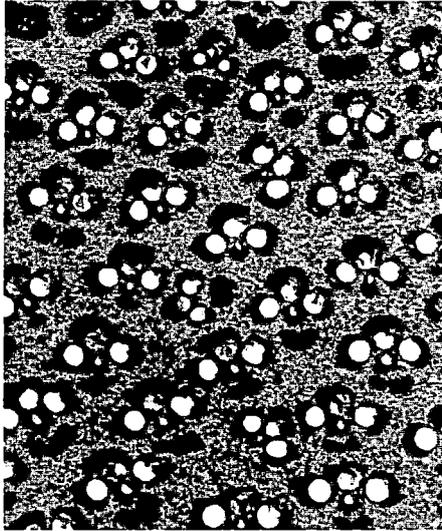


Figura 10 Haz vascular tipo 3 en *Oxytenanthera albociliata*. Liese (1998).

D.4. Tipo 4:

Consiste en tres partes: un haz vascular central y dos grupos de fibras, uno hacia el lado interno y el otro hacia el lado externo del haz vascular. Se observa en *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochla* y *Thysostachys*; conforme la Figura 11 (León y Espinoza de Pernía, 2001).

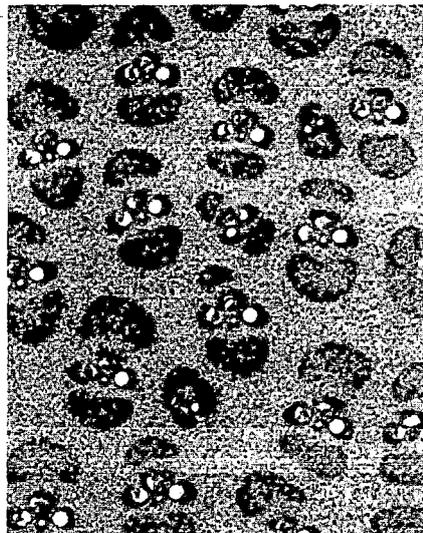


Figura 11 Haz vascular tipo 4 en *Bambusa polymorpha*. Liese (1998).

El haz vascular tipo 4 se observa principalmente en los entrenudos de la sección basal, la cual requiere el soporte extra que brindan los paquetes de fibras adicionales, en menor grado se observa en la sección media del culmo. El haz vascular tipo 4 se observa siempre en combinación con el haz vascular tipo 3, no habiéndose observado, una especie de bambú que presente únicamente haces vasculares tipo 4 (Liese, 1998).

Existe un haz vascular distinto reportado en *Bambusa forbesii*, especie que presenta escasos haces vasculares con arreglos de fibras de pequeño tamaño, pero que a su vez presentan numerosos paquetes de fibras independientes de los haces vasculares (Liese, 1998). Este tipo particular de haz vascular se observa en la Figura 12.

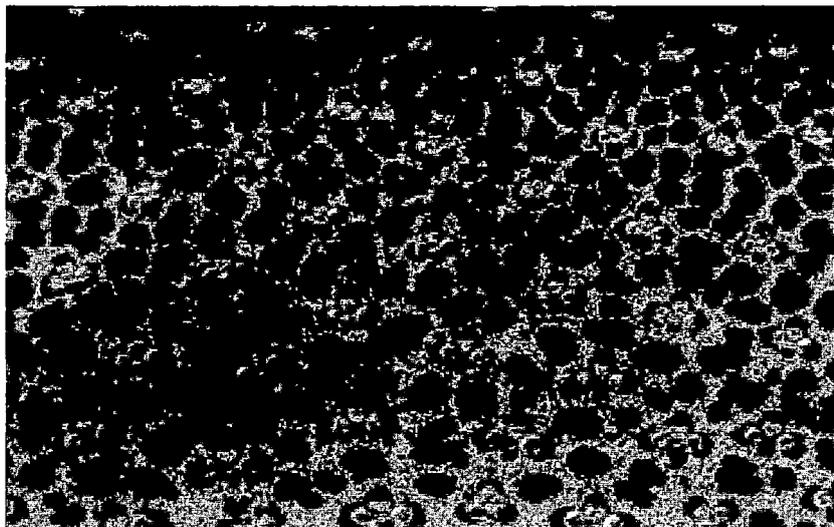


Figura 12 Estructura de culmo de *Bambusa forbesii*. Liese (1998).

Los haces vasculares en culmos de bambú sólidos han sido descritos e investigados en *Oxytenanthera albociliata*. La parte interna de la pared del culmo es constituida por tejido parenquimático con escasos haces vasculares, cuyo tamaño y número es menor y se encuentran a menudo paquetes aislados de fibras (Liese, 1998). En la Figura 13 se observa la estructura interna de un culmo de bambú sólido.

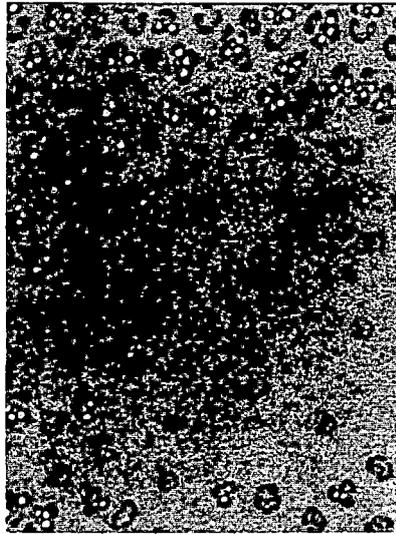


Figura 13 *Oxytenanthera nigrociliata*. Liese (1998).

Desde el punto de vista anatómico, los bambúes de rizoma paquimorfo son más resistentes que los bambúes de rizoma leptomorfo. En los cuatro tipos de arreglos de haces vasculares (tipo 1, 2, 3 y 4) la resistencia varía debido al arreglo de los paquetes de fibras que recubren los vasos conductores, siendo la resistencia creciente del tipo 1 al tipo 4. En los tipos de arreglo 3 y 4 hay paquetes de fibras aislados además de los paquetes de fibras normales que recubren los vasos conductores, ello los torna más resistentes que los pertenecientes a los tipos 1 y 2 (Pereira y Beraldo, 2007).

Los bambúes leptomorfos pertenecen en su mayoría al tipo 1, y ocasionalmente al tipo 2; en tanto, los grandes bambúes paquimorfos, como es el caso de los *Dendrocalamus*, *Bambusa* y *Gigantochloa*, pertenecen al tipo 3 y 4 (Pereira y Beraldo, 2007).

Respecto a las dimensiones de los elementos anatómicos diversos autores observan variaciones en función a la especie y posición del culmo, conforme se muestra en el Cuadro N°3.

Cuadro 3 Valores promedio de elementos anatómicos en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*

Especie	Autor/ Año	Sección del culmo	Elementos anatómicos (μm)			
			Fibras			Vasos
			Diámetro	Espesor pared	Longitud	Longitud
Bambusa vulgaris	Nieto (2008)	Basal	13,13	3,48	2 269,00	90,31
		Medio	12,53	3,01	2 169,00	88,38
	Bonfatti (2010)	No específica	10,29	5,30	2 580,00	-
	Castro y Silva (2010) citados por Bonfatti (2010)	No específica	3,73	5,84	3 430,00	-
	Pereira y Beraldo (2007)	No específica	15,41	3,73	3 430,00	-
Dendrocalamus asper	Pereira y Beraldo (2007)	No específica	17,89	3,97	430,00	-

2.6 PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL BAMBÚ

El análisis de las propiedades mecánicas es la investigación del comportamiento del material cuando es sometido a cargas. Todo material sometido a cargas reacciona mediante el estrés y la tensión y por lo general resulta en una deformación (Ahmad, 2000).

Un adecuado conocimiento del comportamiento mecánico de bambú, permite utilizarlo en la industria de construcción, mediante el desarrollo de diseños seguros, agregando que el bambú reacciona de la misma manera como otros materiales de construcción (Ahmad, 2000). Siendo un material biológico como la madera, el bambú está sometido a una mayor variabilidad y complejidad, debido a diversas condiciones de crecimiento como el tipo de suelo, competencia, especie, edad del culmo, condiciones climáticas, época de colecta, contenido de humedad, localización de las muestras en relación a la altura del culmo, presencia o ausencia de nudos y tipo de ensayo aplicado (Ghavami y Marinho, 2005; Londoño, 2002 y Liese, 1998). El bambú

es un material ortotrópico, lo que significa que tiene particulares propiedades mecánicas en las tres direcciones: longitudinal, radiales y tangencial. (Ahmad, 2000) .

Los culmos de bambú poseen excelentes propiedades físicas y mecánicas. Además, sus características de bajo peso, alto contenido de fibras, flexibilidad y facilidad de trabajo son ideales para diferentes propósitos tecnológicos e industriales. (Guarnetti, 2007)

En el Cuadro N°4, se presentan las propiedades físicas y mecánicas para tres especies de bambú, según diversos autores.

Cuadro 4 Valores promedio de propiedades físicas y mecánicas de diferentes especies de bambú.

Especie	Fuente	Propiedades físicas			
		Densidad relativa (g/cm ³)	Contracción (%)		
			Radial	Tangencial	Longitudinal
<i>Dendrocalamus asper</i>	<i>Mansur et al. (sf)</i>	0,64	3,08	3,25	0,18
<i>Bambusa longispiculata</i>	<i>Mansur et al. (sf)</i>	0,91	-	-	-
Especie	Fuente	Propiedades mecánicas (kN/cm ²)			
		Resistencia a la tracción	Resistencia a la compresión	Módulo de elasticidad	Resistencia a la flexión
<i>Guadua angustifolia</i>	<i>Janssen (2002)</i>	14,8-38,4	6,2-9,3	2000	7,6-27,6
		-	5,6	1840	7,4-10
		19,19	3,93	2150	-
		-	-	1760	14,48

2.7 IMPORTANCIA DEL BAMBÚ

2.7.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA

El bambú está considerado como una de las plantas más útiles del mundo y su uso varía de acuerdo a la calidad y propiedades de su culmo; el estudio de las propiedades físico-mecánicas del bambú, determina su aptitud como elemento estructural en la construcción y elaboración de muebles. Sus propiedades anatómicas son decisivas para determinar su uso en la fabricación de la pulpa para papel o la fibra textil (rayón). El análisis de la composición química y bioquímica, que implica proporciones de celulosa, hemicelulosa, y lignina; además de sustancias menores como: resinas, tainas, ceras, y sales orgánicas, y las variaciones de las mismas dependiendo de las condiciones de crecimiento, son informaciones que ofrece bases para nuevas posibilidades de uso. (Londoño, 2002).

Para clasificar y describir la infinidad de usos del bambú se desarrolló una clasificación de los usos según temáticas generales y en cada una de ellas sus correspondientes sub-clasificaciones (INBAR, 2006). Dicha clasificación se presenta en el Cuadro N° 5.

Cabe destacar que muchos de los usos descritos representan usos tradicionales cuyo impacto en la economía es mayormente local; sin embargo, existen productos industriales desarrollados a base de bambú que tienen una perspectiva de mayor impacto económico. El mercado mundial de productos derivados del bambú es superior a los 10 mil millones de dólares al año y se proyecta a superar los 20 mil millones al año 2015 (MINAG, 2008). En la figura 14 se presenta un organigrama resumiendo los usos industriales de bambú. (Pereira y Beraldo (2007).

Cuadro 5 Clasificación de los usos de bambú. INBAR (2006).

Clasificación por tema	Subtemas
Arte	Arreglos florales. Esculturas. Música. Danza. Pintura y artesanía.
Tecnología	Elevación y conducción de agua. Tratamiento aguas negras. Biodigestores. Material para medios de transporte: aviación. Construcciones: puentes, edificios, andamios, casas y soportes. Medicina y odontología, Papel. Fibras y Textiles, Alimentos, bebidas y otros. Artefactos para minusválidos.
Desarrollo físico y recreación	Gimnasia, deportes, juegos, ejercicios de bomberos, cometas.
Cultura y religion	Escritura en bambú. Filatelia. Religión.
Violencia y muerte	Guerra. Féretros. Protestas.
Costumbristas o vernáculos	Pipas y sombreros. Pesca artesanal. Apoyo a agricultura y vida rural.

Fuente: Pereira y Beraldo (2007).

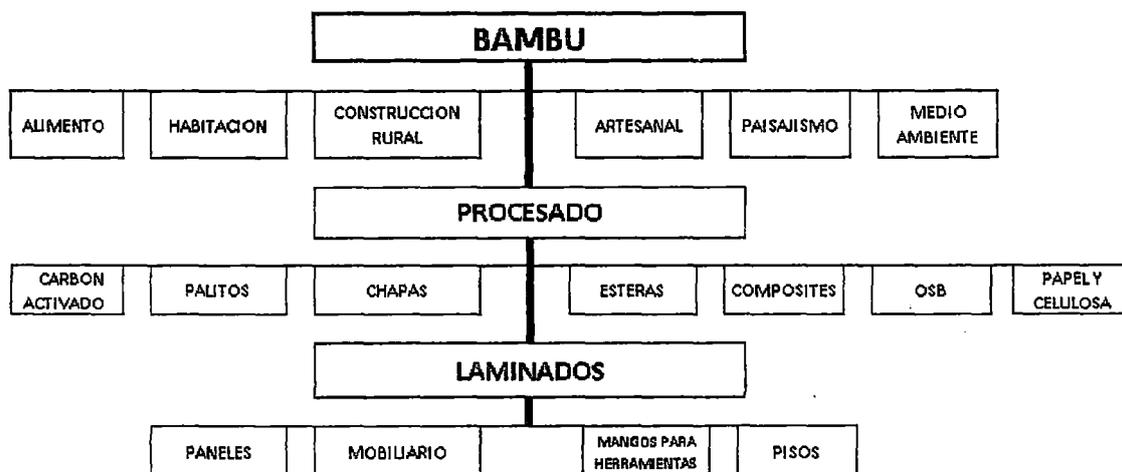


Figura 14 Usos industriales de bambú. (Pereira y Beraldo, 2007).

Algunos de los principales usos reportados para el bambú se describen a continuación:

Construcción

El bambú es un material versátil que se utiliza en la construcción de puentes y casas. Ha sido utilizado tradicionalmente por personas de bajos recursos económicos tanto en Asia como en América del sur; sin embargo, actualmente se utiliza el bambú como un elemento de diseño arquitectónico en forma original y artística. El bambú tiene ventajas sobre otros materiales como material de construcción (Nieto, 2009; Rubio, 2007; Monroy, 2006 y Ruso *et al.*, sf)., algunas de las cuales se mencionan a continuación:

Es un material cuya relación de peso con respecto a su resistencia, no la tiene ningún otro material excepto el acero.

Su flexibilidad permite esfuerzos que muy pocos materiales resistirían sin ruptura.

Es un material económico frente a los costos de otros productos empleados en la industria de la construcción.

Es un material que naturalmente se encuentra disponible en dimensiones finales, contrario a otros materiales, disminuyendo el uso de maquinarias y por lo tanto del costo final del material.

Las viviendas construidas con bambú presentan características de aislamiento térmico y acústico.

Pulpa y Papel

La creciente demanda mundial por pulpa para papel presiona constantemente a la industria papelera hacia la búsqueda de nuevos y mayores suministros de materia prima (Bonfatti, 2010). Brasil es el único país que actualmente utiliza bambú como materia prima en la industria del papel, para estos propósitos se cultiva la especie *Bambusa vulgaris*. En el noreste del Brasil (Maranhao y Pernambuco) más de 40 000 hectáreas de bambú se cultivan para la producción de celulosa para papel. Estudios de composición física de las fibras muestran fibras de 3430 μm de longitud para dicha especie (Reátegui, 2009).

Alimento

Los cogollos y las semillas han sido utilizados como alimento humano en Asia desde tiempos remotos. En los países asiáticos, especialmente en China, Taiwán, Japón y Tailandia, los renuevos se consumen frescos, secos, ahumados o encurtidos, y se venden generalmente enlatados en salmuera. (Monroy, 2006).

El bambú ha sido utilizado en la alimentación del poblador americano, reportándose su uso en la alimentación de los Piro y Machiguengas (Perú) quienes comen los frutos crudos o cocidos de *Guadua sarcocarpa*, asimismo, en Brasil los cariopsis de *Guadua paraguayana* se utilizan como alimento (Reátegui, 2009). Las hojas de bambú sirven de alimento para animales; en algunas especies los valores nutritivos reportados en hojas de bambú son comparados

favorablemente con pastos convencionales, siendo los primeros más ricos en proteínas y grasas y más bajos en fibras (Monroy, 2006).

Medicinal

Algunas comunidades indígenas americanas lo utilizan como antimicóticos, ungüentos medicinales que incluyen mordedura contra serpientes, a su vez la ceniza de sus hojas es utilizada como cicatrizante (Monroy, 2006).

En Colombia el *Rhipidocladum harmonicum* es utilizado para aliviar dolencias renales y en Ecuador se reportan diversos usos para *Guadua angustifolia* donde las hojas son utilizadas en la preparación de diuréticos, las raíces son empleadas para el alivio de dolores corporales. (Reátegui, 2009).

Muebles, artesanías e instrumentos varios

Se utiliza para la fabricación de todo tipo de muebles, cestería, artesanías, fabricación de flechas; instrumentos musicales, etc. (Monroy, 2006).

2.7.2 IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Las raíces del bambú constituyen un medio de protección de taludes, evitando la erosión en las márgenes de los ríos, quebradas y montañas, permitiendo el incremento del nivel hídrico de las cuencas y sirve además como cortina rompeviento protegiendo sembríos (Nieto, 2008).

El crecimiento rápido de muchas especies de bambú, sus redes abultadas de rizomas en capas superficiales del suelo (arriba de 20 centímetros), y su tendencia a ocupar bosques perturbados

hace de los bambúes leñosos erectos un recurso ideal para conservar suelos inestables. Los suelos ricos volcánicos de los andes norcentrales han estado en constante cultivo por miles de años, actualmente los cultivos están situados en lugares donde se puede exacerbar la erosión y en laderas deforestadas. *Chusquea scandens* y especies relacionadas aparentemente ayudan a combatir la erosión naturalmente estabilizando los suelos, rodeando su sistema de rizomas y protegiendo la superficie del suelo de la insolación a través de la sombra y deposición de hojas (Reátegui, 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El estudio se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2 ZONA DE ESTUDIO

Las muestras fueron colectadas en la Comunidad Nativa de Puerto Pascuala, en el distrito de Puerto Bermúdez, provincia Oxapampa, región Pasco, de acuerdo a lo establecido en la Norma NTP 251.008. Las coordenadas UTM correspondientes a la comunidad nativa son 18L 510822 y 8841525: limita por el norte con la margen izquierda del río Samantushiari y por el sur con la margen izquierda del río Azupizú.

3.3 MATERIALES

3.3.1 MATERIAL VEGETATIVO

La identificación de las especies se realizó en el Herbario MOL de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Las especies motivo del presente estudio se presentan en el Cuadro N°6.

Cuadro 6 Especies de bambú utilizadas en el presente estudio.

Nombre común	Nombre botánico	Procedencia
Bambú delgado, Kapiro	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland	CCNN Puerto Pascuala – Puerto Bermúdez
Bambú nacional, Bambú común o Kapiro	<i>Dendrocalamus asper</i> Schult y Schult. F. Backer ex K. Heyne	CCNN Puerto Pascuala- Puerto Bermúdez

3.3.2 MATERIALES DE CAMPO Y PREPARACIÓN DE PROBETAS

- Cámara fotográfica digital.
- GPS.
- Serrucho de podar de hoja curva
- Machete.
- Libreta de campo.
- Wincha de 30 metros.
- Lápiz.
- Formato de toma de datos.
- Pintura en spray.
- Cuña.
- Martillo.
- Bolsas.
- Etiquetas.
- Plumón indeleble.

3.3.3 MATERIALES DE LABORATORIO

- Solución de alcohol de 30°, 60° y 96° G.L.
- Solución de glicerina y alcohol en partes iguales.
- Solución de ácido nítrico, concentraciones 10 y 33%.
- Solución de hidróxido de sodio, concentración 3%.

- Bálsamo de Canadá.
- Abrasivo fino y grueso para micrótopo.
- Safranina.
- Agua destilada.
- Xilol.
- Vasos de precipitación, vasos graduados de vidrio, Placas Petri y Erlenmeyers.
- Porta y cubre objetos.
- Pincel Pelo de Marta.
- Computadora.
- Material de escritorio.
- Software: Image Tool version 4,5 y Assisat 7,6.

3.3.4 EQUIPOS DE LABORATORIO

- Micrótopo horizontal.
- Microscopio binocular.
- Estereoscopio.
- Cocina y estufa eléctrica.
- Equipo fotográfico.

3.4 METODOLOGÍA

3.4.1 SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRAS

En el campo, se eligieron aleatoriamente cinco culmos maduros (edades aproximadas de 5 años) y representativos de cada especie. Los culmos fueron extraídos con un serrucho curvo. Se eliminó el primer metro y medio pues representaban una transición entre el rizoma y el culmo y las dimensiones no eran representativas, posteriormente se procedió a obtener un segmento de seis metros de longitud de las secciones basal, media y apical del culmo y se codificaron para su fácil identificación, según se muestra en las Figuras 15 y 16.

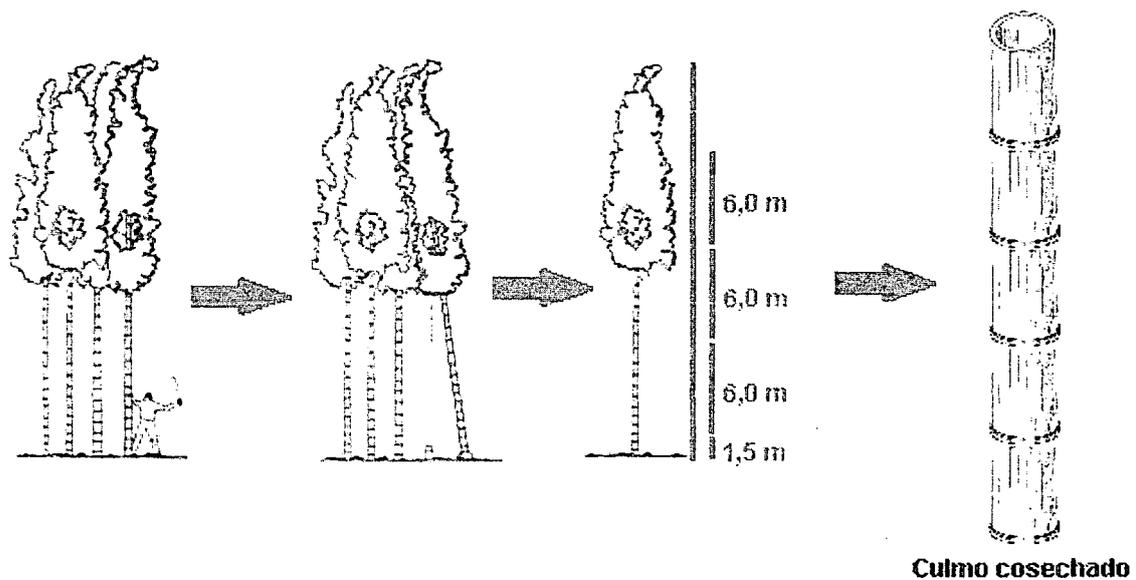


Figura 15 Determinación de secciones de culmo de bambú.

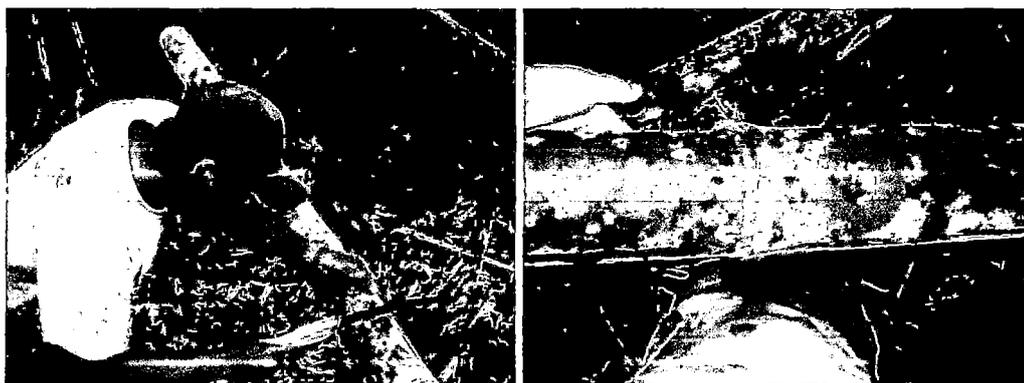


Figura 16 Corte y codificación de sección media de culmo de *Bambusa vulgaris*

3.4.2 ESTUDIO ANATÓMICO

El estudio anatómico se realizó en base a la Norma de procedimientos en estudios de anatomía de Madera: I. Angiospermae, II. Gimnospermae del IBAMA (1991) y a la Lista de características microscópicas para identificación de madera dura del IAWA (1989).

A) DESCRIPCIÓN GENERAL Y MACROSCÓPICA

Con las muestras de bambú se realizó la descripción de las siguientes características: forma del culmo, longitud de entrenudos, dimensiones generales del culmo, color, textura, descripción de los haces vasculares y parénquima.

B) DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

La metodología empleada, corresponde a la utilizada en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Agraria La Molina. (Chavesta y Rosero, 2010), que fue adaptada para ser utilizada con bambú.

Las secciones de culmo de 1 x 1 x 3 cm, orientadas longitudinalmente, fueron empleadas para la obtención de láminas para la descripción microscópica, también se obtuvieron pequeñas astillas, para la preparación de tejido macerado.

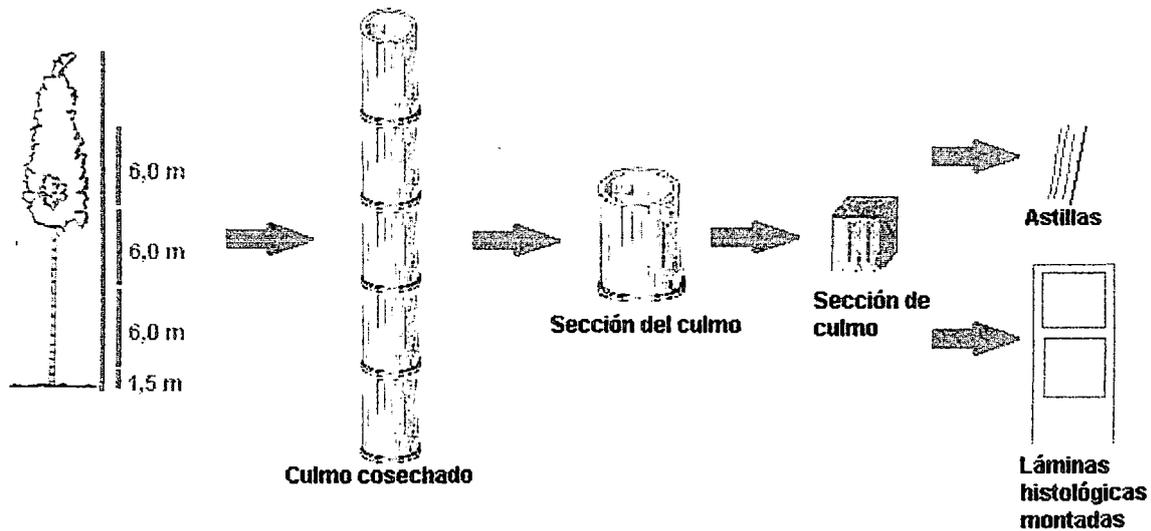


Figura 17 Diagrama de flujo de Microtecnia

B.1. Microtecnia

B.1.1. Preparación de láminas histológicas

Se siguieron los siguientes pasos:

Ablandamiento de muestras: Se ablandaron en hidróxido de sodio al 3% a temperatura ambiente por un tiempo aproximado de dos horas.

Corte de Láminas: Se cortaron láminas de 20 a 22 μ m de espesor para dos secciones, transversal y longitudinal; colocándose los cortes en placas petri.

Deshidratado: Se realizó con distintos grados de alcohol, 30°, 60° y 96° G.L. En cada tipo de alcohol los tejidos permanecieron por un tiempo aproximado de 15 minutos, al término de los cuales se realizó el cambio a un alcohol de mayor grado.

Coloración y Montaje: Terminado el proceso de deshidratación, se procedió a agregar de 5 a 6 gotas de safranina, por un tiempo promedio de 30 minutos. Transcurrido ese tiempo se realizó el lavado de las láminas con alcohol de 96°, repitiéndose el procedimiento hasta eliminar el exceso de colorante en los tejidos; para luego agregar xilol para fijar el colorante. Posteriormente se realizó el montaje, colocando los tejidos en placas portaobjetos y agregando una gota de Bálsamo de Canadá antes de cubrirlas con el cubreobjetos. En cada placa portaobjeto fueron colocadas dos láminas, una correspondiente al corte longitudinal y otra al corte transversal respectivamente.

Secado de Láminas: Las láminas fueron secadas en estufa a 40°C durante una semana.

B.1.2. Preparación de tejido macerado

Se siguieron los siguientes pasos:

Maceración: Se colocó los palitos de madera en un vaso de vidrio, luego se agregó una solución de ácido nítrico al 33% en una cantidad que cubriera los palitos completamente, permaneciendo por 30 minutos a una temperatura de 40° C de la plataforma de la cocina eléctrica.

Coloración y montaje: Luego de lavar con agua para eliminar el ácido, se procedió a aplicar 3 o 4 gotas de safranina. Parte del tejido macerado se colocó en una placa petri y se le agregó xilol para fijar el colorante. Seguidamente se comenzó la selección de fibras y vasos con ayuda de una aguja hipodérmica y un microscopio. Los vasos y fibras escogidos se colocaron en portaobjetos, vertiéndose una gota de Bálsamo de Canadá y se cubrió con el cubreobjeto respectivo. Se prepararon quince portaobjetos para cada especie.

Secado de láminas: Las láminas fueron secadas en estufa a 40° C durante una semana.

3.4.3 REGISTRO DE IMÁGENES

Se realizó la toma de macro y microfotografías para ambas especies; para lo cual se empleó una cámara Power Shot 50 adaptada a un microscopio Binocular Olympus BH2.

En las vistas transversales del culmo, las fotografías fueron tomadas de la zona fibro vascular, debido a que ésta es la zona más homogénea y representa mejor las características del culmo según lo descrito por Iglesias *et al.* (2011).

3.4.4 MEDICIÓN DE FIBRAS Y ELEMENTOS VASCULARES

Se realizaron 25 mediciones por cada sección del culmo (basal, media y alta). Se midió el espesor de pared, diámetro y longitud de fibras; así como la longitud de los vasos.

Para el uso y análisis de imágenes digitales y medición de elementos anatómicos se empleó el software Image Tool Version 4,5. (Rosero *et al.*, 2010).

3.4.5 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se analizó el efecto de la sección longitudinal del culmo (variable independiente) sobre las características y dimensiones de sus estructuras anatómicas (variables dependientes). Para tal efecto, el método empleado fue la observación y comparación cualitativa de estructuras anatómicas (tipos de tejidos y haces vasculares) y medición de elementos anatómicos (vasos y fibras) en las secciones basal, media y apical del culmo de dos especies de bambú.

3.4.6 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las variables cualitativas fueron evaluadas por comparación directa.

En las variables cuantitativas se evaluaron los siguientes parámetros estadísticos: promedio, desviación estándar y coeficiente de variabilidad. Con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los resultados evaluados en el presente estudio y con el objetivo

de identificar el o los resultados que tuvieron un comportamiento diferenciado se realizó un análisis de varianza simple conocido como la prueba de Tukey.

La prueba de Tukey, también conocida como la prueba de rangos de Tukey o el método de Tukey, es un procedimiento de un solo paso que permite realizar una comparación múltiple, generalmente utilizado junto con un análisis de varianza (ANVA) para encontrar qué resultados son significativamente diferentes dentro de un grupo de muestras estudiados. El test de Tukey, compara todos los posibles pares de medias, es decir, se aplica simultáneamente al conjunto de todas las comparaciones por pares e identifica cuando la diferencia entre dos medias es mayor que el error estándar que se esperaría.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ESPECIES

Comprende la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de ambas especies; complementada con macro y microfotografías en sus planos transversal y longitudinal.

4.1.1 BAMBUSA VULGARIS

A) CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los culmos recolectados presentaron una altura promedio de 24,40 m.; el diámetro del culmo disminuye desde la base (107.43 mm) hacia el ápice (63.70mm), y el mismo comportamiento se observa en el espesor de pared del culmo, conforme se observa en el Cuadro N°7.

Cuadro 7 Dimensiones de los culmos de *Bambusa vulgaris*, evaluados según sección.

Culmo	Longitud total (m)	Diámetro de culmo (mm) según sección			Espesor de pared de culmo (mm) según sección		
		Basal	Media	Apical	Basal	Media	Apical
1	23,00	93,31	93,35	65,91	13,33	6,37	4,81
2	26,00	120,47	104,25	59,54	11,99	6,88	5,35
3	24,00	104,47	92,34	66,11	13,11	6,51	4,39
4	25,00	127,08	104,93	59,38	12,31	6,57	4,21
5	24,00	91,82	89,79	67,55	12,38	5,63	4,64
Promedio	24,40	107,43	96,93	63,70	12,62	6,39	4,68

B) DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Los culmos se caracterizan por ser de color verde oscuro, cilíndricos, huecos, presentar textura fina y lisa al tacto. Los culmos cuando maduros presentan manchas circulares y blanquecinas

formadas por líquenes; en contraste con la etapa juvenil que presentan una capa cerosa. Los culmos constan de nudos y entrenudos, éstos últimos miden aproximadamente 40 cm, y en los entrenudos las células están orientadas axialmente mientras que los nudos proveen las conexiones transversales.

De hábito erecto y arqueado en la punta, el culmo se diferencia longitudinalmente en tres secciones: basal, media y apical; además, presenta una coloración oscura característica por encima del nudo, como se observa en la Figura 18.



Figura 18 Nudo de *Bambusa vulgaris* con coloración característica encima del nudo.

Transversalmente se distinguen tres partes principales: tejido epidérmico o corteza exterior, la capa interior de la pared del tallo y el área fibrovascular, ésta última se encuentra entre las dos anteriores, en donde se observa el tejido parenquimático, los haces vasculares y las fibras.

El tejido parenquimático es de color crema y visible a simple vista, constituye el tejido sobre el cual se insertan los demás elementos anatómicos. Se distribuye en toda la superficie transversal; sin embargo, la concentración es menor en la parte externa del culmo y mayor en la parte interna.

Los haces vasculares son fácilmente diferenciados del tejido parenquimático debido a su color oscuro y forma característica; cuya concentración cambia transversalmente dentro del culmo tal como se muestra en la Figura 19, siendo abundantes, pequeños y alargados en la parte externa, en tanto que hacia el interior del culmo son más grandes, ovalados y menos abundantes.

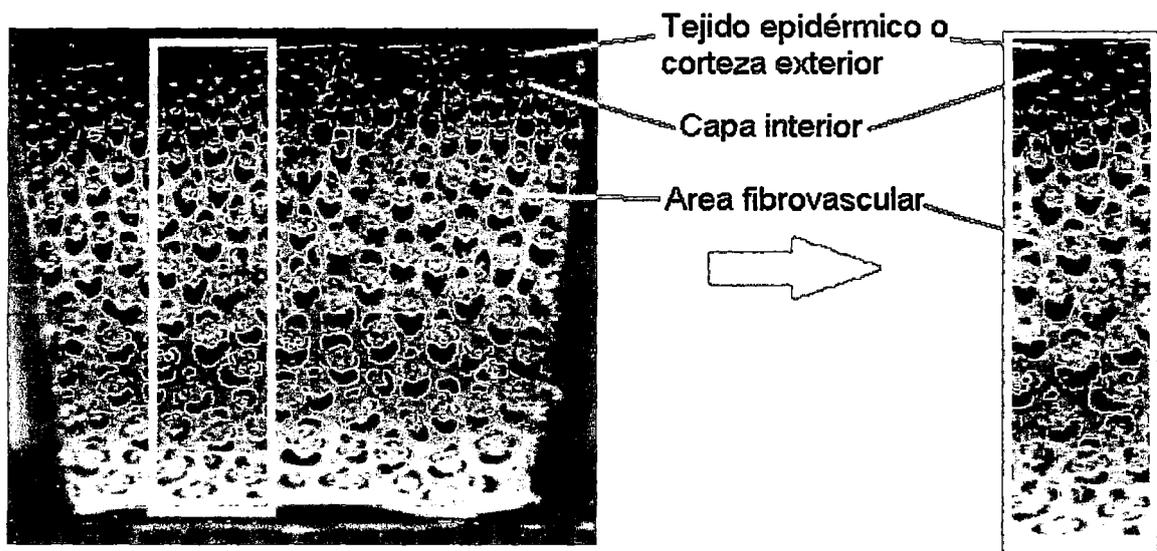


Figura 19 Variación del parénquima y haces vasculares en *Bambusa vulgaris*.

C) DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Sección transversal

En la figura 19 se muestran los cortes transversales de los culmos tomados de la zona fibrovascular para las secciones basal (a), media (b) y apical (c); donde se observa gran cantidad de haces vasculares individuales, insertos en el tejido parenquimático y esparcidos a través del mismo en toda la sección. Los haces vasculares en la sección basal son más grandes que en las secciones media y apical, conforme a la Figura 20.

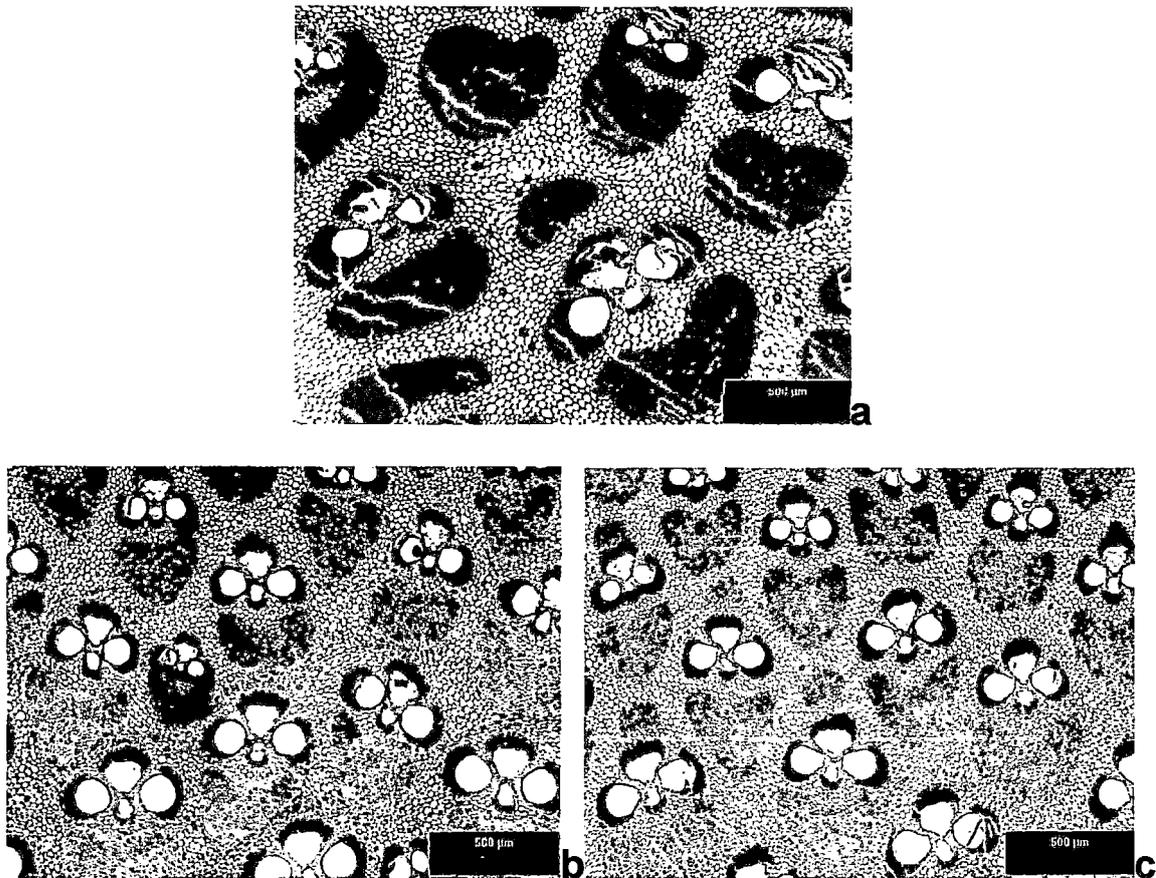


Figura 20 Secciones transversales del culmo de *Bambusa vulgaris*. a) sección basal, b)sección media y c) sección apical.

Pereira y Beraldo (2007) los bambúes paquimorfos como *Bambusa* y *Dendrocalamus* presentan haces vasculares de tipos III y IV.

Los tipos de haz vascular encontrados para *Bambusa vulgaris* corresponden a los tipos III y tipo IV , el tipo III se encuentra distribuido en los tres niveles del culmo, sin embargo el tipo IV se observa en la sección basal del culmo y en menor grado en la sección media. Dicho comportamiento difiere del reportado por Nieto (2008), quien observó únicamente haces vasculares tipo III en las secciones basal y media de los culmos; sin embargo, Tomazello y Azzini (1987) observaron haces vasculares tipo IV en *Bambusa vulgaris*.

Cada haz vascular tiene dos vasos de metaxilema separados por un protoxilema o espacio intercelular, observándose en la parte superior una agrupación de floema, el cual está formado por tubos cribosos de paredes delgadas. En la figura 21 se observa un haz vascular de la sección basal de *Bambusa vulgaris*.

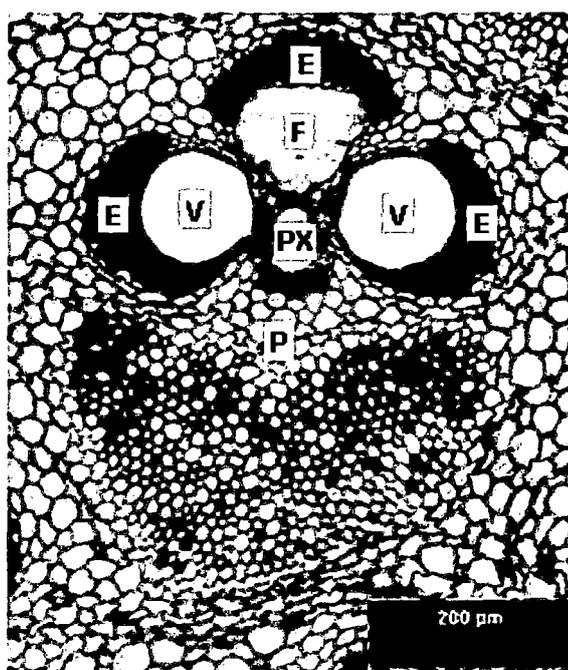


Figura 21 Haz vascular tipo III de *Bambusa vulgaris*.

Sección longitudinal

En la Figura 22 se observa que el tejido parenquimático presenta alternancia de células cortas y largas, de paredes delgadas y con presencia de punteaduras simples dispuestas en forma alterna.

Las fibras se reconocen fácilmente por presentar un color oscuro, agrupadas en haces y formando paquetes insertos en el tejido parenquimático. Constituyen el tejido de soporte del culmo y realizan el esfuerzo mecánico al que está sometido debido al viento y otros factores externos además de su propio peso. Se caracterizan por ser delgadas, largas y ahusadas en ambos extremos como se observa en la Figura 23; su longitud varía entre 3 219 y 4 111 μm;

valores mayores a los reportados por Pereira y Beraldo (2007); Nieto (2008) y Bonfatti (2010). En la Figura 24; puede observarse una disminución en el espesor de pared de las fibras conforme se incrementa en la altura del culmo que varía de 6,08 a 5,44 μm .

Los vasos se encuentran uno a continuación de otro formando el tejido conductivo y envuelto en paquetes de fibras, dentro del cual se observan punteaduras simples y alternas.

Realizado el análisis cualitativo en los tres niveles del culmo, se puede indicar que no se observaron mayores diferencias estructurales en los elementos que conforman el culmo.

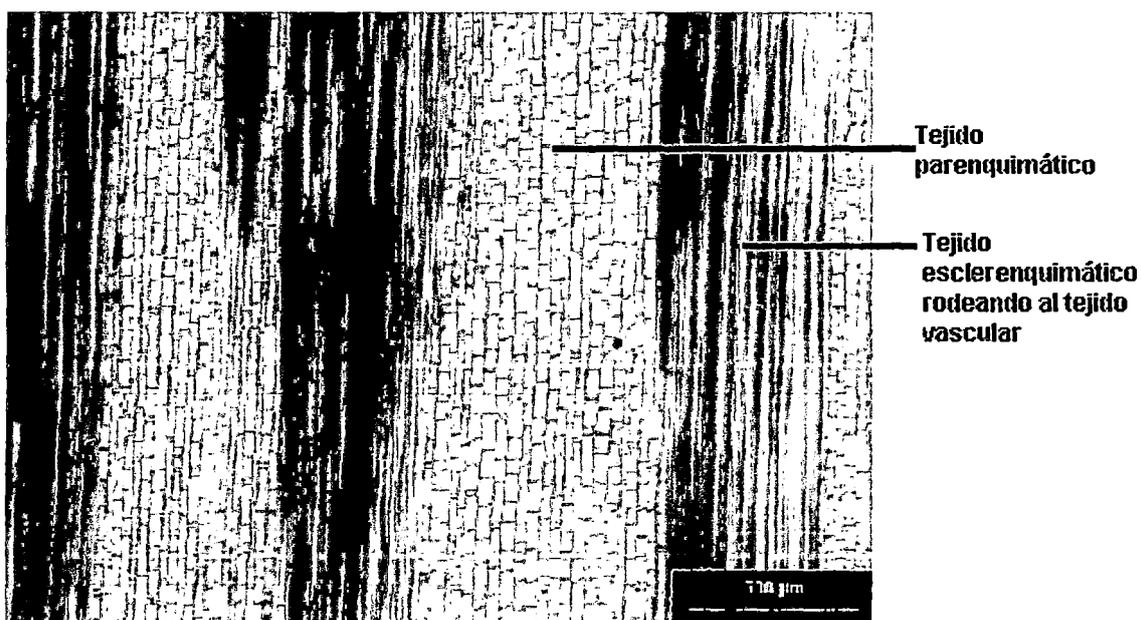


Figura 22 Corté longitudinal de culmo de *Bambusa vulgaris*.

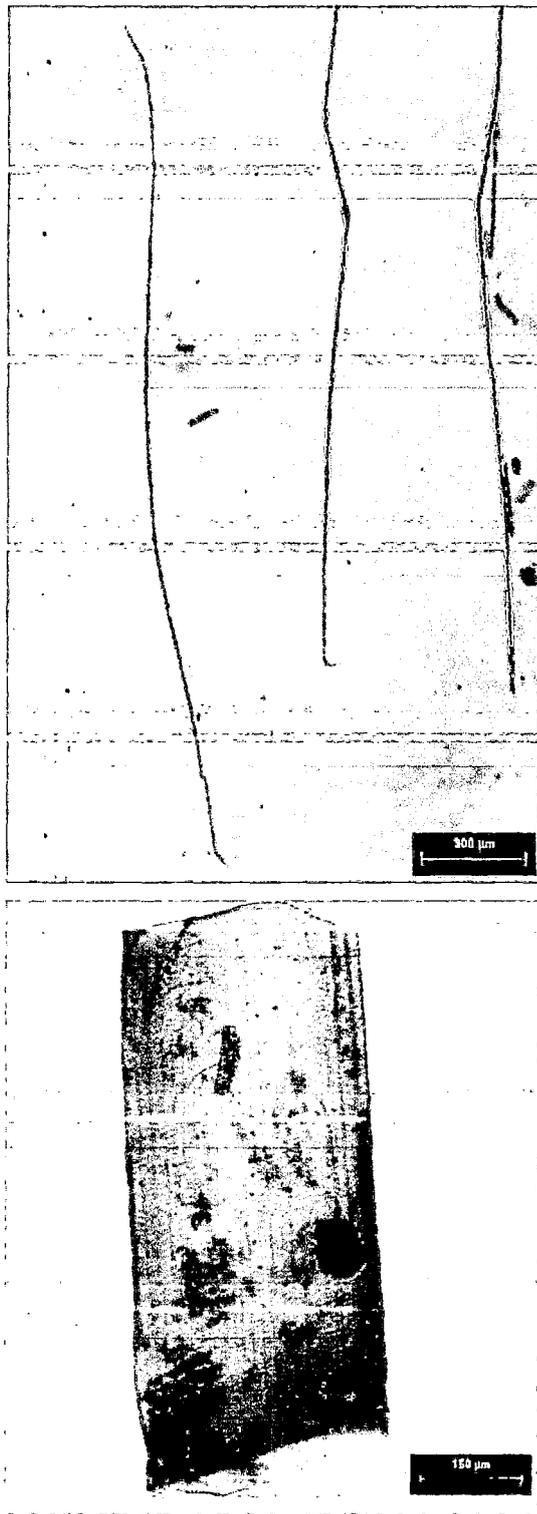


Figura 23 Fibras y vaso de *Bambusa vulgaris*.

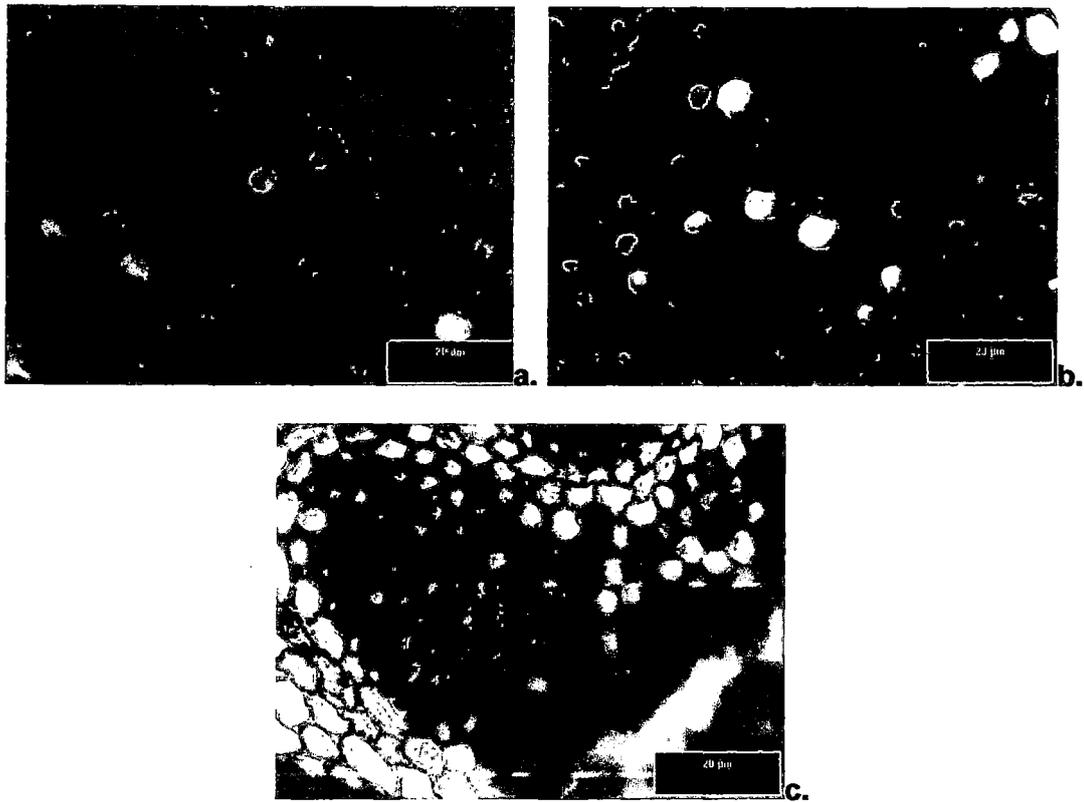


Figura 24 Espesor de pared de fibras en las secciones basal, b) media y c) apical.

4.1.2 *DENDROCALAMUS ASPER*

A) *CARACTERÍSTICAS GENERALES*

Los culmos recolectados presentaron una altura promedio de 24,60 m; el diámetro del culmo disminuye desde la base (136,00 mm) hacia el ápice (101,99 mm), y comportamiento similar se observa en el espesor de pared del culmo, cuyos valores se muestran en el Cuadro N°8.

Cuadro 8 Dimensiones de los culmos de *Dendrocalamus asper*, evaluado según sección.

Culmo	LT (m)	Diámetro de culmo según sección(mm)			Espesor de pared de culmo según sección(mm)		
		B	M	A	B	M	A
1	23,00	124,28	113,09	99,69	11,44	7,45	5,88
2	24,00	140,01	134,35	104,41	17,08	16,15	8,86
3	24,00	127,84	120,91	102,35	16,35	11,26	8,00
4	28,00	121,95	131,69	100,12	11,71	7,84	5,77
5	24,00	165,94	114,22	103,38	15,80	11,97	7,87
Promedio	24,60	136,00	122,85	101,99	14,48	10,93	7,28

B) DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

El culmo se caracteriza por ser cilíndrico, hueco, de textura fina y pubescente. Los culmos cuando maduros presentan manchas circulares blanquecinas formadas por líquenes y un color café; en contraste, con la etapa juvenil que presentan un color verde oscuro. Los culmos constan de nudos y entrenudos, éstos últimos miden aproximadamente 40 cm, y en los entrenudos las células están orientadas axialmente mientras que los nudos proveen conexiones transversales.

De hábito erecto y arqueado en la punta, el culmo se diferencia longitudinalmente en tres secciones: basal, media y apical, presenta cuña supranodal con raíces adventicias o brotes de éstas en la sección basal del culmo, como se observa en la Figura 25.



Figura 25 Culmo de *Dendrocalamus asper*. a: Secciones de culmo, b: Cufia supranodal y raíces adventicias.

Transversalmente se distinguen tres partes principales: tejido epidérmico o corteza exterior, la capa interior de la pared del tallo y el área fibrovascular; ésta última se encuentra entre las dos anteriores en donde se observa el tejido parenquimático, los haces vasculares y las fibras.

El tejido parenquimático es de color crema y visible a simple vista y constituye el tejido sobre el cual se insertan los demás elementos anatómicos, se distribuye en toda la superficie transversal; su concentración es menor en la parte externa del culmo y mayor en la parte interna.

Los haces vasculares se reconocen fácilmente del tejido parenquimático debido a su color oscuro y forma característica; siendo abundantes, pequeños y alargados en la parte externa del culmo, y menos abundantes, grandes y ovalados en la parte interna, tal como se muestra en la Figura 26.

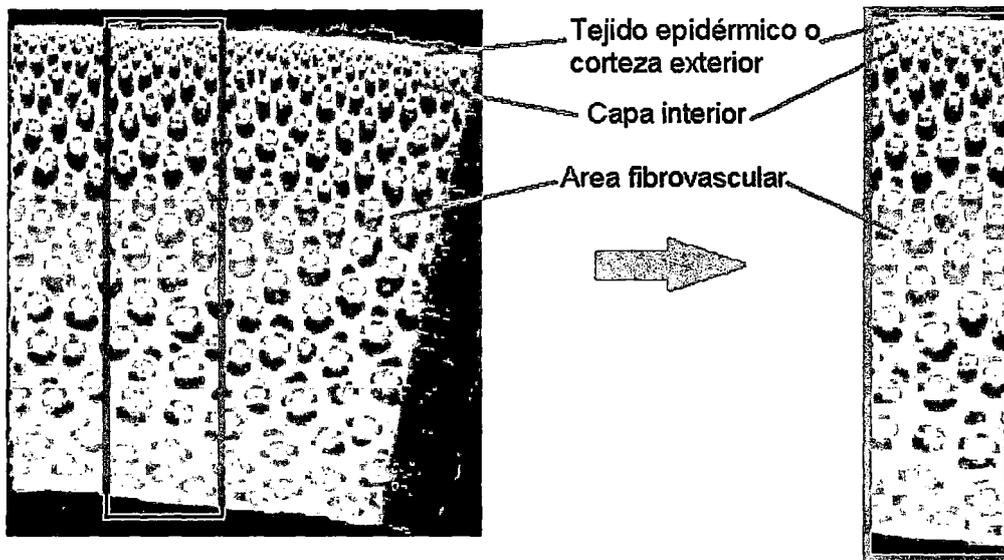


Figura 26 Variación de parénquima y haces vasculares en *Dendrocalamus asper*.

C) DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Sección transversal

En la Figuras 27 se observan los cortes transversales de los culmos tomados de la zona fibrovascular para las secciones basal (a), media (b) y apical (c); donde se observa una gran cantidad de haces vasculares individuales, insertos en el tejido parenquimático y esparcidos a través del mismo. Además, se observa que los haces vasculares de la sección basal y media son notablemente mayores que los de la sección apical.

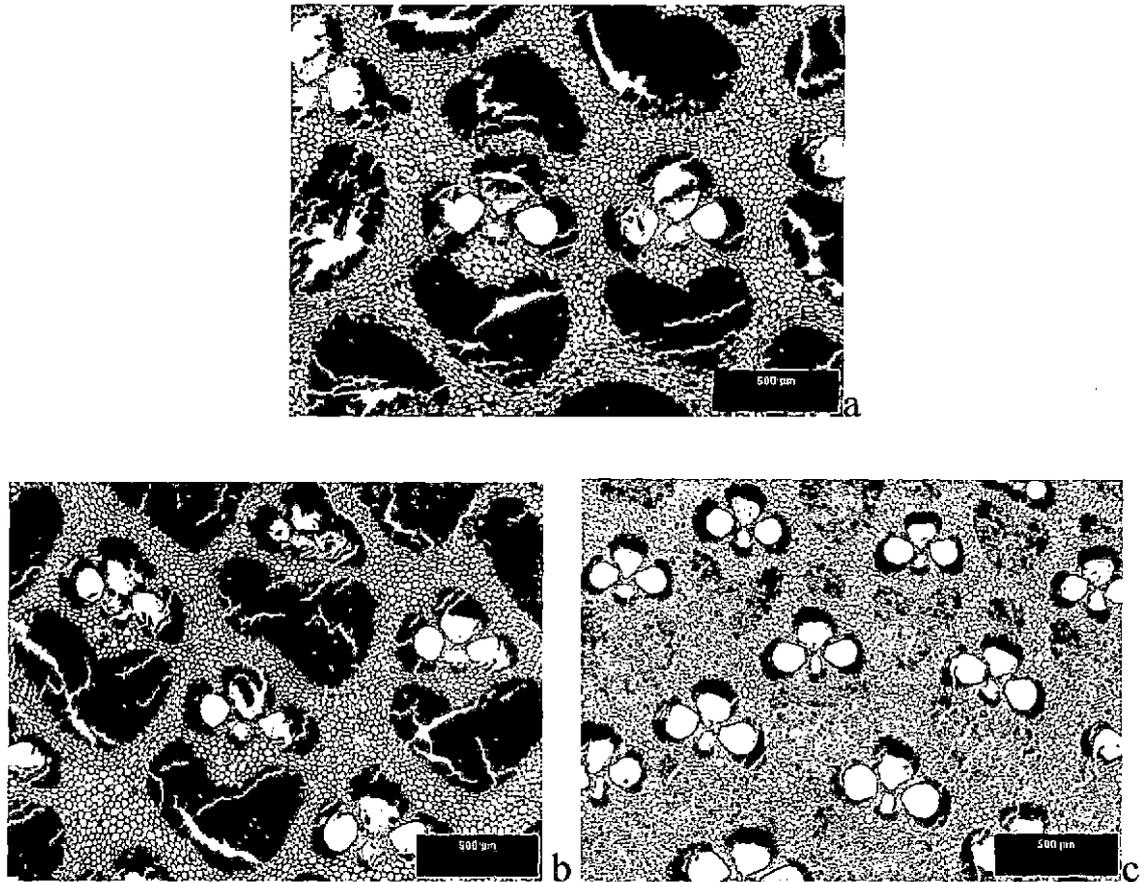


Figura 27 Secciones transversales del culmo de *Dendrocalamus asper*. a) Sección basal, b) Sección media y c) Sección apical.

Según Liese (1998), *Dendrocalamus asper* presenta haces vasculares tipo III y IV. Los tipo III se encuentran en los tres niveles del culmo y los tipo IV se encuentran en mayor concentración en la base del culmo al cual le confieren resistencia mecánica gracias a los paquetes de fibra extra. Pereira y Beraldo (2007) también manifiestan que *Dendrocalamus asper* presenta haces vasculares tipo III y IV, sin embargo, no especifican cómo varía la concentración de los diferentes tipos a lo largo del culmo.

En el presente trabajo se observa que el *Dendrocalamus asper* presenta haces vasculares tipo III en los tres niveles del culmo; en tanto, los haces vasculares tipo IV se presentan en la sección baja del culmo y se observaron en menor grado en la sección apical.

Cada haz vascular tiene dos vasos de metaxilema separados por un protoxilema o espacio intercelular, en la parte superior se observa una agrupación de floema, el cual está formado por tubos cribosos de paredes delgadas, conforme se muestra en la Figura 28.

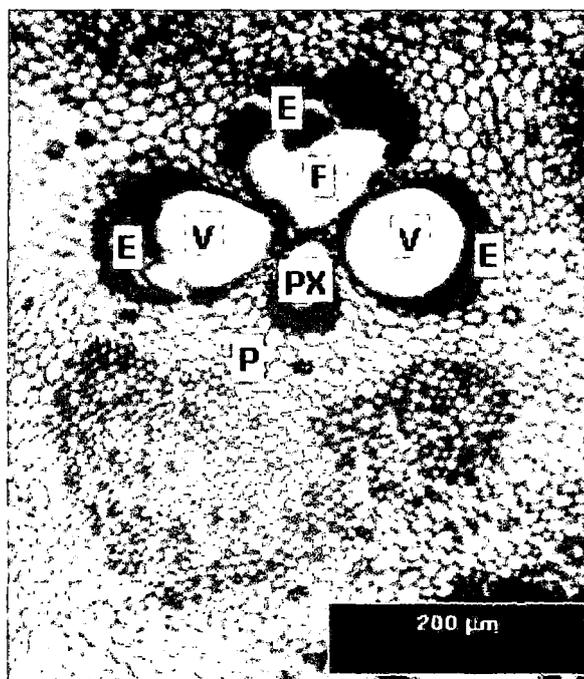


Figura 28 Haz vascular tipo IV de *Dendrocalamus asper*.

Sección longitudinal

En la Figura 29 se observa que el tejido parenquimático presenta alternancia de células cortas y largas, de paredes delgadas y con presencia de punteaduras simples y dispuestas en forma alterna.

Las fibras se reconocen fácilmente por presentar un color oscuro, agrupadas en haces vasculares y formando paquetes insertos en el tejido parenquimático. Las fibras constituyen el tejido de soporte del culmo y realizan el esfuerzo mecánico al que está sometido debido al viento y otros factores externos además de su propio peso. Se caracterizan por su forma delgada, larga y ahusada en ambos extremos como se observa en la Figura 30; cuyas longitudes varían entre 4 071 y 4 377 μm ; valores mayores a los reportados por Pereira y Beraldo (2007). En la Figura 31; puede observarse una disminución en el espesor de pared de las fibras conforme se incrementa en la altura del culmo que varía de 6,08 a 5,44 μm .

Los vasos se encuentran uno a continuación del otro formando el tejido conductor y envuelto en paquetes de fibras, dentro del cual se observan punteaduras simples y alternas.

Al igual que para *Bambusa vulgaris*, en *Dendrocalamus asper* cualitativamente no se observaron mayores diferencias estructurales en los tres niveles del culmo.

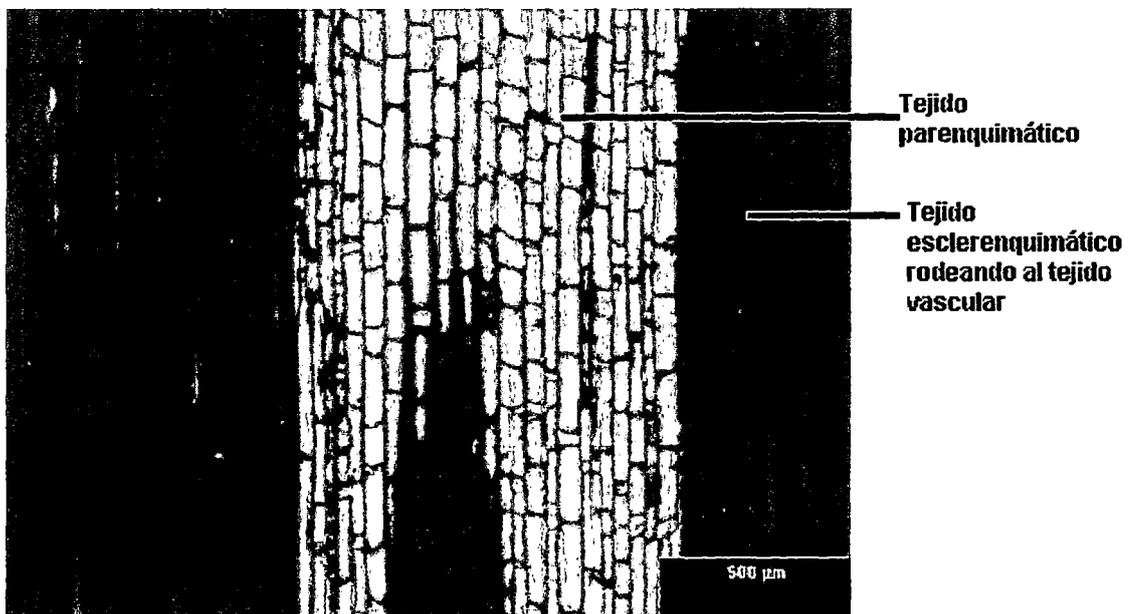


Figura 29 Corte longitudinal de culmo de *Dendrocalamus asper*.

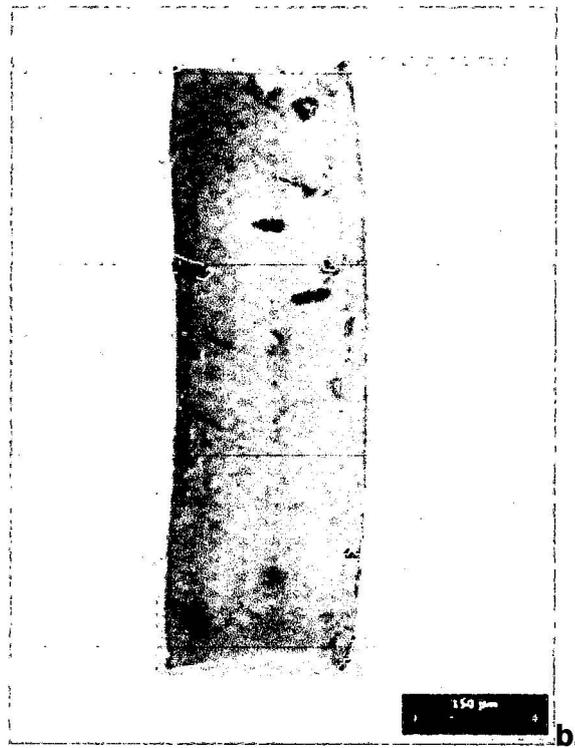


Figura 30 Fibra y vaso de *Dendrocalamus asper*.

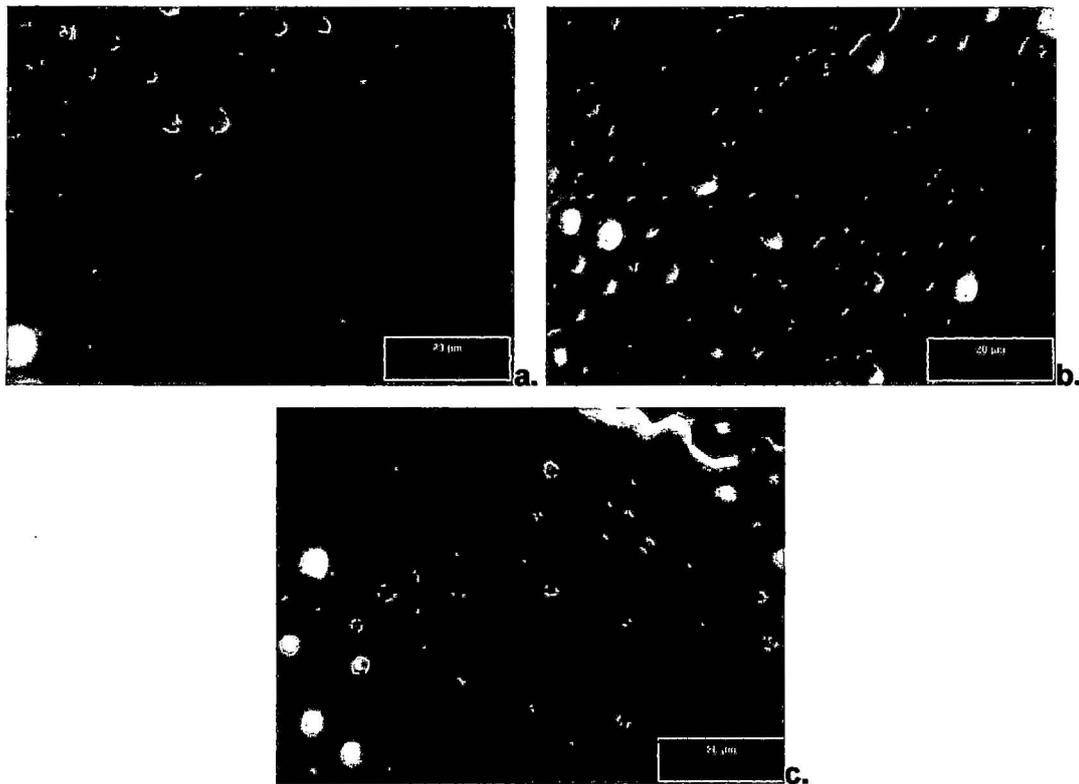


Figura 31 Espesor de pared de fibras en secciones Basal, b) Media y c) Apical.

4.2 RESULTADOS DE MEDICIONES EFECTUADAS EN LOS TRES NIVELES

Cuantitativamente se han encontrado ligeras diferencias entre las especies estudiadas, indicándose lo siguiente:

4.2.1 *BAMBUSA VULGARIS*

El Cuadro 9 muestra los valores promedios obtenidos de las mediciones para las tres secciones del culmo (basal, medio y apical) en *Bambusa vulgaris*. En dicho cuadro se aprecia que la longitud de las fibras es 4 111; 3 159 y 3 219 μm para las secciones basal, media y apical respectivamente. Asimismo, el espesor de pared de las fibras es 6,08; 5,72 y 5,44 μm para las secciones basal, media y apical respectivamente; a su vez el diámetro de fibra promedio para la

sección basal es de 16,05 μm , para la sección media es de 14,72 μm y para la sección apical 14,42 μm .

En general, el nivel basal presenta valores mayores para diámetro y espesor de pared de fibras, la longitud de fibras es mayor en la sección basal y presenta valores similares en las secciones media y apical, los vasos por otro lado presentan valores similares en las secciones basal y apical siendo menores en la sección media.

Los valores obtenidos son similares a los valores obtenidos por Pereira y Beraldo (2007); sin embargo, se observan valores mayores a los reportados por Nieto (2008), Bonfatti (2010) y Castro y Silva (2010); variación que podría deberse a factores como: origen de la muestra, calidad de sitio, ubicación de los elementos vasculares dentro del culmo, madurez del culmo, etc.; parámetros no evaluados en el presente estudio, el Cuadro N° 9 muestra dichos resultados.

Cuadro 9 Valores promedio de fibras y vasos de culmo de *Bambusa vulgaris* en las secciones basal, media y apical del culmo.

Sección	N	Fibras (μm)			Vasos (μm)
		Diámetro	Espesor de pared	Longitud	Longitud
Basal	1	13,96	5,54	3837	131
	2	12,97	4,77	3404	123
	3	16,21	6,07	4007	119
	4	19,47	7,59	4342	141
	5	17,64	6,44	4965	131
Valor promedio		16,05	6,08	4111	129
Coeficiente de variabilidad (%)		16,51	17,28	14,23	6,35
Media	1	15,19	5,70	3030	994
	2	12,50	4,68	2912	873
	3	15,78	6,39	3224	1057
	4	15,51	6,17	3304	936
	5	14,62	5,66	3328	1101
Valor promedio		14,72	5,72	3159	992
Coeficiente de variabilidad (%)		8,92	11,51	5,74	9,22
Apical	1	13,21	4,88	2604	964
	2	17,80	7,24	3401	1193
	3	15,6	5,89	3583	1164
	4	12,25	4,33	3196	1770
	5	13,25	4,86	3313	1783
Valor promedio		14,42	5,44	3219	1375
Coeficiente de variabilidad (%)		15,64	21,16	11,55	27,42

4.2.2 DENDROCALAMUS ASPER

El Cuadro 13 muestra los valores promedios obtenidos de las mediciones para las tres secciones del culmo (basal, medio y apical) en *Dendrocalamus asper*. En dicho cuadro se aprecia que la longitud de las fibras es 4 224; 4 377 y 4 071 μm para las secciones basal, media y apical respectivamente. Asimismo, el espesor de pared de las fibras es 7,03; 6,03 y 5,80 μm para las secciones basal, media y apical respectivamente; a su vez el diámetro de fibra promedio para la sección basal es de 17,63 μm , para la sección media es de 16,42 μm y para la sección apical 15,50 μm .

En general el nivel basal presenta valores mayores para diámetro de fibras y espesor de pared de fibras; la longitud de fibras es similar en la sección basal y media siendo menor en la sección apical; respecto a la longitud de vasos los valores obtenidos en la sección basal son mayores que en la sección media y apical.

Los valores obtenidos respecto a las mediciones de fibras y vasos difieren a los obtenidos por Pereira y Beraldo (2007), esta variación podría deberse al origen de la muestra, calidad de sitio, ubicación de los elementos vasculares dentro del culmo, madurez del culmo, etc.; parámetros no evaluados en el presente estudio. Resultados que se resumen en el Cuadro N° 10.

Cuadro 10 Valores promedio de fibras y vasos de *Dendrocalamus asper* en las secciones basal, media y apical del culmo.

Sección	N	Fibras (μm)			Vasos (μm)
		Diámetro	Espesor de pared	Longitud	Longitud
Basal	1	19,39	7,85	4136	2336
	2	19,40	7,71	4474	1067
	3	13,19	5,08	3787	1133
	4	19,26	8,14	4838	2152
	5	16,93	6,38	3886	2433
Valor promedio		17,63	7,03	4224	1824
Coeficiente de variabilidad %		15,29	18,24	10,26	36,66
Media	1	16,45	5,86	4029	2362
	2	17,98	6,29	4338	1065
	3	15,39	5,70	4743	1037
	4	18,74	6,70	4071	2199
	5	13,52	5,61	4707	2130
Valor promedio		16,42	6,03	4377	1759
Coeficiente de variabilidad %		12,67	7,53	77,40	37,04
Apical	1	15,25	5,98	3638	2052
	2	14,48	5,80	4034	936
	3	15,81	4,77	4493	1207
	4	17,29	7,16	3577	2182
	5	14,68	5,28	4612	2415
Valor promedio		15,50	5,80	4071	1759
Coeficiente de variabilidad %		7,27	15,45	11,68	36,81

4.3 COMPARACIÓN DE ELEMENTOS ANATÓMICOS EN *Bambusa vulgaris* Y *Dendrocalamus asper*.

Con los resultados obtenidos se procedió a hacer una comparación de los elementos entre las especies estudiadas.

Respecto a la longitud de fibras, en la Figura 32 se observa que las fibras de *Dendrocalamus asper* son de mayor longitud que las de *Bambusa vulgaris* en las tres secciones del culmo.

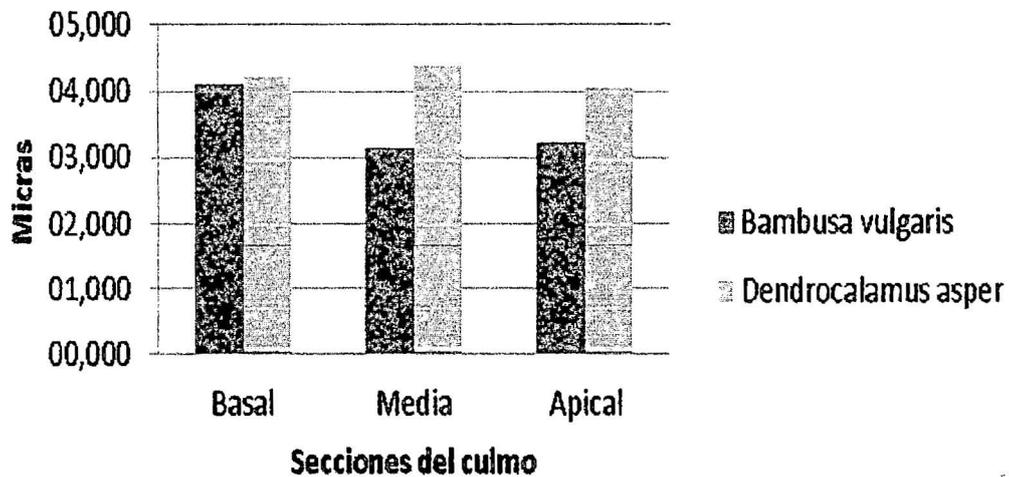


Figura 32 Longitud de fibra en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* (μm)

Del mismo modo se comparó la el espesor de la pared de la fibra, en la Figura 33 se observa que en ambas especies éste disminuye desde la base hacia el ápice del culmo. Además, las fibras de *Dendrocalamus asper* son ligeramente más gruesas que las de *Bambusa vulgaris*.

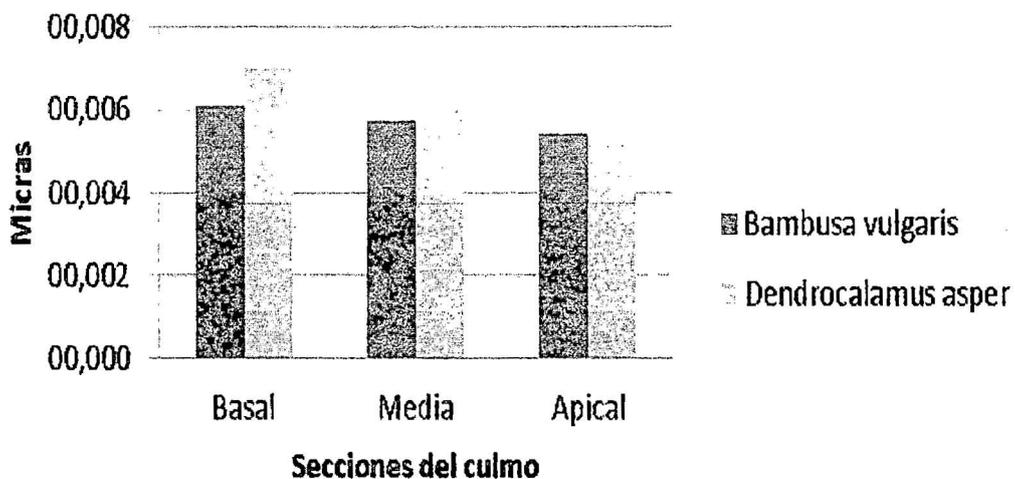


Figura 33 Espesor de pared fibra en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* (μm)

Por otro lado, con respecto a la longitud de vasos en la Figura 34 se observa que es mayor y más homogénea en *Dendrocalamus asper* que en *Bambusa vulgaris*.

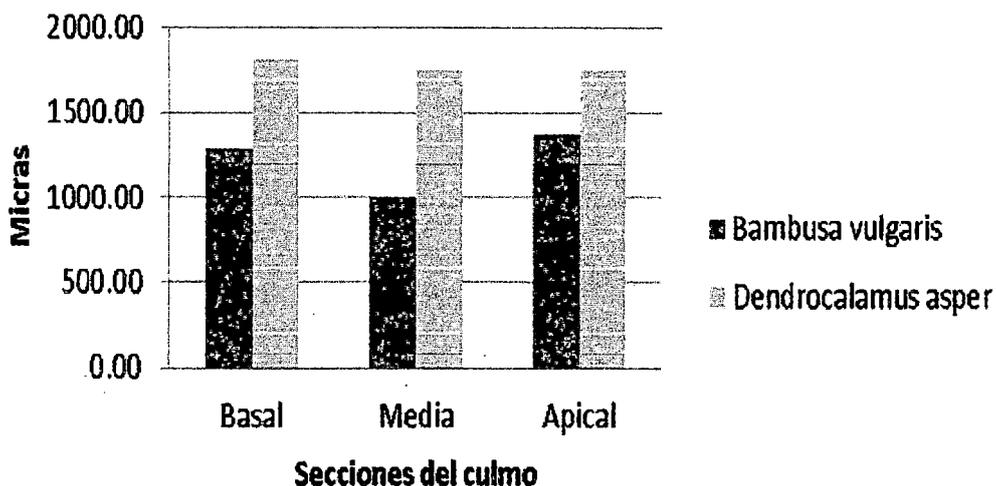


Figura 34 Comparación de longitud de vasos en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* (μm)

4.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Pese a las observaciones anteriores el análisis estadístico demostró que únicamente existe una diferencia estadísticamente significativa, entre los valores de longitud de fibra con respecto a su sección de culmo en la especie *Bambusa vulgaris*. El resto de los análisis realizados demostraron que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las variables en estudio con los diversos tratamientos.

5. CONCLUSIONES

- A nivel microscópico, cualitativamente *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* no presentan mayores diferencias en cuanto a su estructura anatómica.
- Se observan variaciones cuantitativas en cuanto a dimensiones de las fibras y vasos en ambas especies, sin embargo dichas diferencias no son estadísticamente significativas.
- Las fibras en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* son largas; sin embargo, son mayores en *Dendrocalamus asper*.
- Evaluados los tres niveles de culmo; no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el diámetro y espesor de pared de fibras en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*, sin embargo el espesor de pared de fibras es mayor en *Dendrocalamus asper*.
- En longitud de vasos en *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para los tres niveles del culmo; sin embargo se observa que la longitud de vasos es mayor en *Dendrocalamus asper*.
- *Bambusa vulgaris* presenta haces vasculares tipo III en las tres secciones del culmo; en tanto, los haces vasculares tipo IV se observaron en la sección basal del culmo y en menor grado en la sección media.
- *Dendrocalamus asper* presenta haces vasculares tipo III en las tres secciones del culmo; en tanto los haces vasculares tipo IV se observaron en la sección basal y en menor grado en la apical.
- A nivel microscópico las diferencias anatómicas encontradas entre ambas especies no permiten una identificación concluyente.

6. **RECOMENDACIONES**

- Realizar futuros estudios en caracterización anatómica, propiedades físico-mecánicas y tecnológicas de diferentes especies de bambú; con el objetivo de identificar posibles usos industriales y promoción
- Futuros trabajos de caracterización anatómica del culmo de bambú, deben incluir la caracterización de los elementos anatómicos de los nudos y edad de culmo.
- Dados los resultados obtenidos en cuanto a longitud de fibras se recomienda realizar investigaciones en obtención de pulpa de papel a partir de las especies *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper*.
- Determinar en futuros estudios el porcentaje de los diferentes tejidos constituyentes del culmo de bambú considerando las secciones longitudinales de culmo.
- Futuros trabajos de caracterización anatómica del culmo de bambú deberían de utilizar una metodología y equipos que permitan observar estructuras microscópicas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, M.** 2000. Analysis of Calcutta Bamboo for structural composite materials. Thesis (Ph. D) Virginia. US. Virginia Polytechnic Institute and State University. 210 p.
- Bonfatti, E.** 2010. Caracterização das propriedades anatómicas, química e densidade da espécie *Bambusa vulgaris* Schrad. Ex J.C. Wendl., para a produção de celulose Kraft com diferentes cargas de álcali. Brasília D.F. BR. Universidade de Brasília. BR. 67 p.
- CICAP.** Centro de investigación, capacitación, asesoría y promoción, (en línea). Chiclayo, PE. Consultado 28 de enero 2010. Disponible en: <http://www.cicap.org.pe>.
- Castaño, F.; Moreno R.** 2004. Guadua para todos: Cultivo y aprovechamiento. Ed. B Trujillo. Ed. Rev. Bogota, CO, Panamericana Formas e impresión 187 p.
- Chavesta, M.; Rosero J.** 2010. Manual de Prácticas de Anatomía de la Madera. UNALM Lima, PE.
- Ghavami, K.; Marinho A.** 2005. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9(1): 107-114.
- Gritsch, S.; Murphy, C.** 2004. Anatomical changes in *Guadua angustifolia* culms in age, site, and physico-mechanical properties. Informe de proyecto "Guadua-Bambú. Investigación para el manejo y el mercadeo sostenible del bambú en Costa Rica y Colombia" Unión Europea Proyecto INCO-DC ICA4-CT2001-10091. Imperial College London, GB.
- Grosser, D.; Liese W.** 1971. On the anatomy of Asian bamboo with especial reference to their vascular bundles. Wood Science and Technology, 5: 290-312. DE.
- Guarnetti, R.** 2007. Estudo da sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu gigante: produção de colmos e brotos. Universidade Paulista – UNIP. BR. 289 p.
- Hidalgo López, O.** 2003. Bamboo: The Gift of the Gods. Bogota, CO. 283 p.

- Hughes, J. F.** 1973. The wood structure of *P. caribaea* (Morelet) in relation to use characteristics, growth conditions and tree improvement. In Burley J. Nikkles D. G. Selection and breeding to improve some tropical Conifers Oxford Commonwealth Forestry Institute. Oxford. GB.
- International Network for bamboo and rattan INBAR.** 2006. In partnership for a better World Strategy to the year 2015. Consultado 26 enero 2009. Disponible: <http://www.inbar.int/documents/INBAR%20Strategy.pdf>.
- IAWA.** 1989. List of microscopic features for hardwood identification.
- IBAMA.** 1991. Norma de procedimientos em estudos de anatomia de Madeira: I. Angiospermae, II. Gimnospermae. US.
- León Hernández, W.; Espinoza de Pernía, N.** 2001. Anatomía de la madera. Consejo de Publicaciones-Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Universidad de Los Andes. Mérida. VE. 397 p.
- Liese, W.** 1998. The Anatomy of Bamboo Culms. Reporte técnico Internacional Network for Bamboo and Rattan. Beijing. CN. Consultado 2 de jun. 2011. Disponible en: <http://www.inbar.int/publication/pubdetail.asp?publicid=34>.
- Londoño, X.** 2002. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. Cátedra Maestría en Construcción – Módulo de Guadua, Universidad Nacional de Colombia, Bogota. CO. Consultado 20 de feb. de 2010. Disponible en: <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>.
- Londoño, X.** 2004. Bambúes exóticos en Colombia. CO. Sociedad Colombiana del Bambú. 74 p.
- Ministerio de Agricultura. Programa para el Desarrollo de la Amazonia.** 2008. Plan Nacional de Promoción del Bambu 2008-2020. Lima. PE. 33 p.

- Monroy García, E.** 2006. Tratamiento químico de cuatro especies de bambú para su preservación, utilizando ácido bórico bórax- dicromato de sodio por el método de inmersión y baño caliente frío. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado 20 de feb. de 2010. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1001_Q.pdf.
- Nieto, F.** 2008. Estudio anatómico de los culmos de “bambú macho” (*Guadua angustifolia* Kunth) y “bambú hembra” (*Bambusa vulgaris* Schard. ex.J.C. Wendl) del distrito de Santa Cruz de Flores, Cañete. Lima. PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis (Ing. Forestal). 67 p.
- Pereira, M. ; Beraldo A.** 2007. Bambu de corpo e alma. Rio de Janeiro. BR. 240 p.
- Reátegui, N.** 2009. Caracterización y Clave de identificación de Bambúes en el ámbito de Chanchamayo, departamento de Junín, PE. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, 168 p.
- Rosero, J.; Pérez, P.; Moreano, V.; Vera, A.; Ortega, R; Tapia, A.; Llacsahuanga, J.; Coronado, P.; Zúñiga, C.; Lozano, C.; Lobao, M. y Chavesta, M.** 2010. Aplicación de la técnica de análisis de imagen digital para caracterización y medición de elementos xilemático de especies forestales. *Xilema* 27(23): 62-69.
- Rubio, G.** 2007. Arte y Mañas de la Guadua. Una guía sobre el uso del bambú gigante. CO 355 p.
- Russo R.; Maurício P. (SF)** Análise morfológica do Bambu *Dendrocalaus Giganteus*. Departamento de Ciencia dos Materiais e Metalurgia. Consultado el 10 de enero del 2010. Disponible en: http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/dcmm/dcmm_roberta_russo_pinheiro_paula_mauricio_nunes.pdf
- Takahashi, J.; Ascencios, D.** 2004. Inventario de Bambúes en el Perú. GTZ. Contrato 01.2459.4-001.00/P1-030/03, Lima. PE.
- Tomazello, F.; Azzini A.** 1987, A. Estructura Anatómica, dimensões das Fibras e Densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. Piracicaba. BR. IPEF 36,43-50.
- Trujillo, D.** 2009. Conexiones en bambú guadua cargadas axialmente. Actas de la 11^a Conferencia Internacional Materiales no convencionales y tecnologías. Bath. GB.

ANEXO 1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas en las dimensiones de los elementos anatómicos evaluados a lo largo del culmo se realizó un análisis estadístico comparando los valores obtenidos en cada nivel, basado en la prueba de Tukey

Bambusa vulgaris

Longitud de fibra:

En el Cuadro N 11, se presenta la prueba de Tukey, que compara los valores de longitud de fibra en los tres tratamientos realizados, encontrándose que existe diferencia significativa en los tres niveles, de modo que la longitud de fibras en el nivel basal del culmo presenta un comportamiento diferente al observado en los otros dos niveles.

Cuadro N° 11: Análisis estadístico de longitud de fibras en *Bambusa vulgaris*.

CUADRO DE ANALISIS				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamientos	2	2,84	1,42	8,30 ^{ns}
Residuo	12	2,05	0,17	
Total	14	4,89	*	

**Significativo a nivel de 1% de probabilidad ($p < .01$)
 *Significativo a nivel de 5% de probabilidad ($.01 \leq p < .05$)
 Es no significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	12	6,92	8,30	>0,050

Medias y medidas

MEDIAS DE TRATAMIENTO		
1	4.11	a
2	3.16	b
3	3.22	b
*	*	*
DMS*	0.69*	*

MG = 3.50 CV% = 11.83

Espesor de pared de fibra:

En el Cuadro N 12, se presenta la prueba de Tukey, que compara los valores de espesor de pared de fibra en los tres niveles evaluados, encontrándose que no hay diferencia significativa en la variable examinada.

Cuadro N°12: Análisis estadístico de espesor de pared de fibras en *Bambusa vulgaris*.

CUADRO DE ANALISIS				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamientos	2	1,02	0,51	0,54 ns
Residuo	12	11,46	0,96	*
Total	14	12,48	*	*

** Significativo a nivel de 1% de probabilidad ($p < .01$).
 * Significativo a nivel de 5% de probabilidad ($.01 \leq p < .05$)
 Es no significativo ($p \geq .05$).

GL	GLR	F-crit	F	p
2	12	0,03	0,54	>0.050

Medias y medidas

MEDIAS DE TRATAMIENTO		
1	6,08	a
2	5,72	a
3	5,44	a
*	*	*
DMS*	1,65*	*

MG = 5,75 CV% = 17,00

Longitud de vasos:

En el Cuadro N 13, se presenta la prueba de Tukey, que compara los valores de longitud de vasos en los tres niveles evaluados, no existiendo diferencia significativa en la variable examinada.

Cuadro N°13: Análisis estadístico de longitud de vasos en *Bambusa vulgaris*.

CUADRO DE ANALISIS				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamientos	2	0,40	0,20	3,86 ns
Residuo	12	0,63	0,05	*
Total	14	1,03	*	*

** Significativo a nivel de 1% de probabilidad ($p < .01$)
 * Significativo a nivel de 5% de probabilidad ($.01 \leq p < .05$)
 Es no significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	12	3,89	3,86	0,05

Medias y medidas

MEDIAS DE TRATAMIENTO		
1	1,29	α
2	0,99	a
3	1,37	α
*	*	*
DMS	0,39	

MG = 1,22 CV% = 18,77

Dendrocalamus asper

Longitud de fibra

En el Cuadro N 14, se presenta la prueba de Tukey, que compara los valores de longitud de fibra en los tres niveles evaluados, demostrándose que no existen diferencias significativas en la variable examinada.

Cuadro N°14: Análisis estadístico de longitud de fibras en *Dendrocalamus asper*.

CUADRO DE ANALISIS				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamientos	2	0,23	0,12	0,66-ns
Residuo	12	2,11	0,18	∞
Total	14	2,35	∞	∞

**Significativo a un nivel de 1% de probabilidad ($p < 0,01$)
*Significativo a un nivel de 5% de probabilidad ($0,01 = < p < ,05$)
Es no significativo ($p \geq ,05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	12	0,026	0,67	$> 0,005$

MÉDIAS Y MEDIDAS

MEDIAS DE TRATAMIENTO		
1	4,22	a
2	4,38	a
3	4,07	a
DMS	0,71	∞

MG= 4.22 CV%= 9.94

Espesor de pared de fibra

En el Cuadro N 15, se presenta la prueba de Tukey, que compara los valores de espesor de pared de fibra en los tres niveles evaluados, no existiendo diferencia significativa en la variable analizada.

Cuadro N°15: Análisis estadístico de espesor de pared de fibras en *Dendrocalamus asper*.

CUADRO DE ANALISIS				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamientos	2	4,30	2,15	2,43·ns
Residuo	12	10,62	0,89	**
Total	14	14,92	**	**

**·Significativo·a·nivel·de·1%·de·probabilidad·(p·<·001).
 *·Significativo·a·nivel·de·5%·de·probabilidad·(01·=<·p·<·005).
 Es·no·significativo·(p·>=·005).

GL	GLR	F-crit	F	p
2	12	3,89	2,43	0,13

MÉDIAS Y MEDIDAS

MEDIAS DE TRATAMIENTO		
1	7,03	a
2	6,03	a
3	5,80	a
DMS	1,59	**

MG = 6,29 CV% = 14,96

Longitud de vaso

En el Cuadro N 16, se presenta la prueba de Tukey, que compara los valores de longitud de vasos en los tres niveles, encontrándose que no existen diferencias significativas en la variable examinada.

Cuadro N°16: Análisis estadístico de longitud de vaso en *Dendrocalamus asper*.

CUADRO DE ANALISIS				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamientos	2	0,01	0,01	0,02
Residuo	12	5,16	0,43	*
Total	14	5,18	*	*

**Significativo a un nivel de 1% de probabilidad ($p < .01$)
 *Significativo a un nivel de 5% de probabilidad ($.01 = < p < .05$)
 Es no significativo ($p \geq 0,05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	12	0,03	0,03	0,03

MÉDIAS Y MEDIDAS

MEDIAS DE TRATAMIENTO		
1	1,82	a
2	1,76	a
3	1,76	a
DMS	1,11	*

MG = 1,78 CV% = 36,84