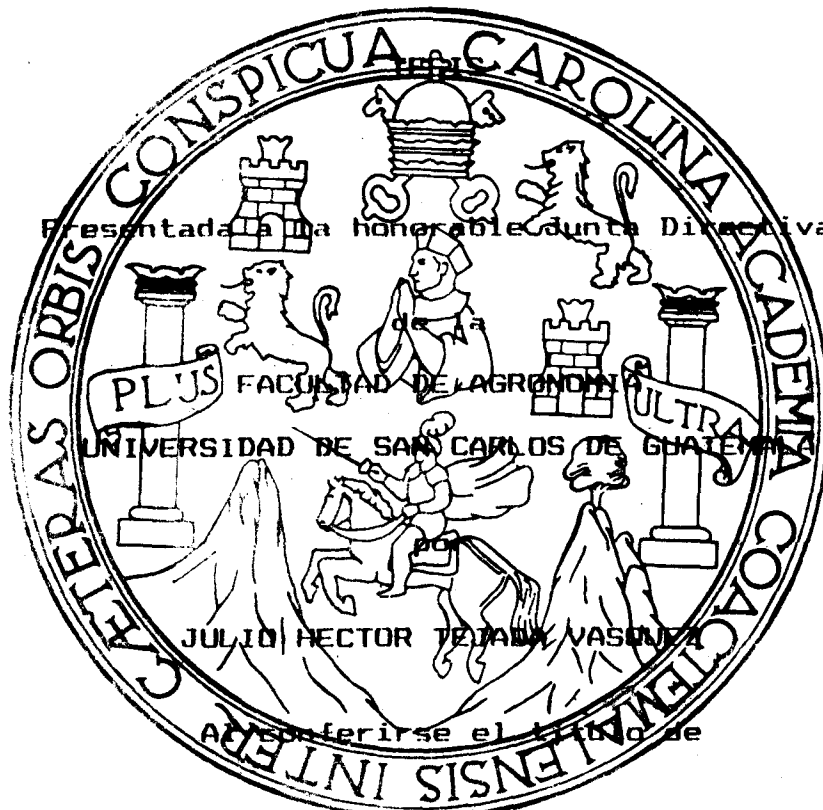


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

FACULTAD DE AGRONOMIA

DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS  
DE CUATRO ESPECIES DE BAMBU



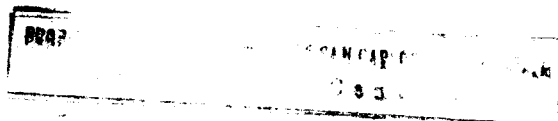
INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

en el grado académico de

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DE 1990.



DL  
01  
T(1175)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Anibal B. Martinez M.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez G.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Efraín Medina G.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Wotzbeli Méndez Estrada
VOCAL CUARTO:	P.A. Hernán Perla González
VOCAL QUINTO:	P.A. Julio López Maldonado
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio

Guatemala, mayo de 1990

Guatemala, 2 de mayo de 1990

Sr. Director del Instituto de  
Investigaciones Agronómicas  
Facultad de Agronomía  
Ing. Agr. Hugo Tobías

Señor Director:

Atentamente nos dirigimos a usted, para hacer de su conocimiento que atendiendo a la designación que nos hiciera, hemos procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante Julio Héctor Tejada Vásquez, que tiene como título:

Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de cuatro especies de bambú.

Hemos de manifestarle que dicho trabajo reúne los requisitos académicos exigidos por la facultad, por lo que solicitamos se apruebe como tesis de grado.

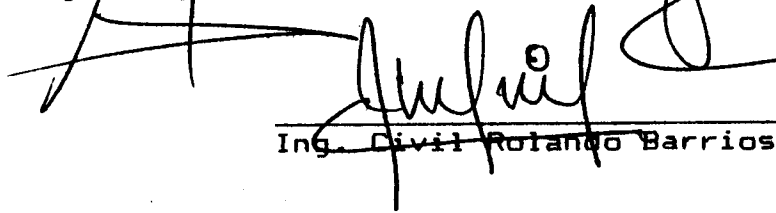
Sin otro particular nos suscribimos de usted atentamente.



Ing. Agr. Negli Gallardo



Ing. Civil Mario Morales



Ing. Civil Rolando Barrios

Guatemala, 2 de mayo de 1990

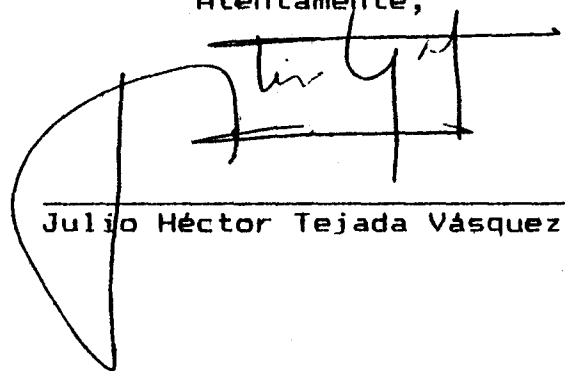
Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con lo estipulado en los Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de cuatro especies de bambú.

Al presentarlo como requisito previo para optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero que merezca vuestra aprobación.

Atentamente,

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Julio H. Tejada V.', is written over a horizontal line. To the left of the signature is a large, stylized, curved mark that resembles a large letter 'J' or a similar symbol.

Julio Héctor Tejada Vásquez

ACTO QUE DEDICO

A mis padres

Humberto Tejada Palma

Maria Adelina Vásquez de Tejada

A mis hermanos

Ing. Agr. Humberto Tejada

Sandra de Sac

Alba de Ordonez

Libertad de Díaz

P.A. Rodolfo Tejada

Lic. Miriam de Aresti

Jenifer Tejada

A mi esposa

Silvia Maria Vásquez de Tejada

A mi hijo

Diego Antonio

A mis sobrinos

A mi familia en general

A mis asesores

## AGRADECIMIENTO

Al laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, por su valiosa colaboración.

A mis asesores, en especial al Ing. Rolando Barrios, por su asesoría y ayuda en los diferentes ensayos realizados.

## INDICE

	página
RESUMEN -----	01
I.- INTRODUCCION -----	03
II.- JUSTIFICACION -----	05
III.- HIPOTESIS -----	06
IV.- OBJETIVOS -----	07
V.- REVISION DE LITERATURA -----	08
1.- Antecedentes -----	08
2.- Descripción del bambú -----	14
2.1.- Distribución del bambú -----	14
2.2.- Sitemática-----	16
2.3.- Características del bambú -----	18
2.4.- Descripción de las especies utilizadas ---	21
2.4.1.- <u>Gigantochloa apus</u> (Schult.) Kurz. -	21
2.4.2.- <u>Gigantochloa aspera</u> (Schult.) Kurz.	22
2.4.3.- <u>Schizostachyum pseudolima</u> McClure--	22
2.4.4.- <u>Chusquea pittieri</u> Hack.-----	22
3.- Usos del bambú -----	23
4.- Descripción de las propiedades físicas y mecánicas -----	26
4.1 Propiedades físicas -----	26
4.1.1.- Contenido de humedad -----	26
4.1.2.- Contracción -----	27
4.1.3.- Peso específico -----	27
4.2 Propiedades mecánicas -----	28
4.2.1.- Tensión paralela a la fibra -----	28
4.2.2.- Compresión paralela a la fibra ----	28

4.2.3.- Corte paralelo a la fibra -----	29
4.2.4.- Tensión perpendicular a la fibra --	29
4.2.5.- Clivaje -----	29
<b>VI.- MATERIALES Y METODOS -----</b>	<b>30</b>
1.-Materiales utilizados para las pruebas -----	30
2.-Metodología utilizada en los ensayos-----	30
3.-Diseño experimental a utilizarse -----	34
4.-Tratamientos a aplicarse -----	35
5.-Lecturas a tomar (variables respuesta) -----	35
6.-Análisis de resultados -----	36
<b>VII.- RESULTADOS Y DISCUSION -----</b>	<b>37</b>
1.-Pruebas físicas -----	37
2.-Pruebas mecánicas -----	49
<b>VIII.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----</b>	<b>57</b>
1.-Conclusiones -----	57
2.-Recomendaciones -----	58
<b>IX.-BIBLIOGRAFIA -----</b>	<b>59</b>
<b>X.- APENDICE -----</b>	<b>61</b>

PROP. ...  
 ...  
 ...



DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS  
Y MECANICAS DE CUATRO ESPECIES DE BAMBU

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES  
DETERMINATION OF FOUR BAMBOO SPECIES.

RESUMEN

Se realizó una investigación orientada a determinar la capacidad que presenta el bambú a soportar diferentes esfuerzos, con el fin de establecer la calidad de resistencia del material. Esta comparación se realizó en cuatro especies de bambú (Gigantochloa apus, Gigantochloa aspera, Schizostachyum pseudolima y Chusquea pittieri) en las partes del tallo de cada una de ellas (parte basal, media y apical).

El material se recolectó en 3 localidades, en la finca Nacional Chocolá, en el kilómetro 120 Río Bravo Suchitepéquez y en el municipio de Santa Elena Barrillas del departamento de Guatemala, posteriormente fue sometido a un proceso de secamiento a la sombra durante 45 días.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Las pruebas físicas realizadas fueron contenido de humedad, peso específico y contracción. Las pruebas mecánicas fueron tensión paralela a la fibra, compresión paralela a la fibra, tensión perpendicular a la fibra, corte y clivaje.

Se trabajó con un diseño experimental completamente al azar desbalanceado, con 3 repeticiones y un arreglo combinatorio factorial de 4 x 3.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

Las pruebas físicas determinaron que los materiales evaluados se encontraban dentro de los rangos de madurez esperados 16% a 18%, pues el contenido de humedad decrece con la altura del tallo.

Las pruebas mecánicas indican que la especie Gigantochloa apus posee el valor más alto en el esfuerzo a tensión paralela a la fibra de 2280 Kg/cm , la especie Gigantochloa aspera obtuvo el valor más alto en compresión paralela a la fibra de 1815 Kg/cm , corte paralelo a la fibra de 308.30 Kg/cm , tensión perpendicular a la fibra 66.89 Kg/cm y para clivaje de 93.90 Kg/cm.

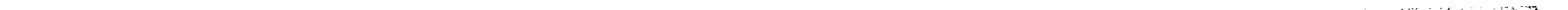
En las partes del tallo la parte media y apical resulta más resistente en la prueba de compresión paralela a la fibra con valores de 1174 y 1139 Kg/cm respectivamente y en el ensayo de tensión paralela a la fibra con valores de 1845 y 1766 Kg/cm respectivamente, en el ensayo de clivaje la mayor resistencia la obtuvo la parte basal y media del tallo con valores de 69.73 y 69.56 Kg/cm respectivamente. En los ensayos de corte y tensión perpendicular a la fibra no hubo diferencia significativa.

## I.- INTRODUCCION:

El bambú es una planta de crecimiento rápido, distribución cosmopolita y tallos resistentes, características de un recurso natural de fácil renovación y con posibilidades para ser utilizado en la construcción principalmente en las áreas rurales del país.

El Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala tiene comprendido dentro de sus programas de investigación el proyecto del bambú. El cual tiene el sub-proyecto de determinación de las propiedades físicas y mecánicas de especies de bambú para determinar la posibilidad de utilización como material de construcción.

El material que se evaluó lo constituyen cuatro especies de bambú, Gigantochloa apus, Gigantochloa aspera, Schizostachyum pseudolima y Chusquea pittierri, las cuales son utilizados con este fin (11). Las especies se recolectaron en diferentes zonas de la república, en la plantación establecida en la finca Nacional Chicolá se recolectó Gigantochloa apus y Schizostachyum pseudolima, la especie Gigantochloa aspera se recolectó en el municipio de Santa Bárbara Suchitepéquez y la especie Chusquea pittierri en Santa Elena Barillas del municipio de Villa Canales del



departamento de Guatemala .

Para lograr una utilización eficiente del bambú como material de construcción es indispensable determinar las propiedades físicas y mecánicas básicas. Para la realización de las pruebas en la determinación de dichas propiedades se adaptaron las normas de la American Society for Testing and Materiales (ASTM D-143), de pruebas en madera (1) cuyos ensayos se realizaron en el Centro de investigaciones de Ingeniería (CII), de la Facultad de Ingeniería.

## II.- JUSTIFICACION

La deforestación es un grave problema que se agudiza paulatinamente en todo el país, provocando así una disminución en las especies maderables preciosas y encarecido las especies tradicionalmente usadas en la construcción.

Es necesario encontrar un material que pueda suplir las características de la madera y se ha encontrado en el bambú una buena alternativa ya que resulta adecuado para la construcción por su rápido crecimiento, fácil adquisición y su bajo costo.

La información recabada en este estudio de cuatro especies de bambú, Gigantochloa apus, Gigantochloa aspera, Schizostachyum pseudolima y Chusquea pittieri, está analizada por un diseño completamente al azar desbalanceado, con 3 repeticiones y un arreglo combinatorio factorial, que permitió comparar las propiedades físicas y mecánicas de las 4 especies de bambú y sus respectivas partes del tallo, así como la posible interacción entre ambas para determinar que especie pueda ser más utilizada con mayor seguridad y confianza como pieza estructural.

### III.- HIPOTESIS

- 1.- Las propiedades físicas y mecánicas de las cuatro especies de bambú difieren entre sí.
  
- 2.- Las propiedades físicas y mecánicas de la parte basal, media y apical del tallo son iguales en las cuatro especies de bambú.



#### IV.- OBJETIVOS

##### 1 GENERAL:

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de cuatro especies de bambú.

##### 2 ESPECIFICOS:

2.1 Determinar si existe diferencia entre las propiedades físicas y mecánicas en cuatro especies de bambú.

2.2 Determinar si existe diferencia en las propiedades físicas y mecánicas entre la parte basal, media y apical del tallo en cada una de las especies.



## V.- REVISION DE LITERATURA

### 1.- ANTECEDENTES

El bambú pertenece a la familia Bambusoideae o Bambusaceae, se encuentra distribuido en todo el mundo. Su bajo costo y fácil disponibilidad ha permitido a las personas de escasos recursos económicos, tanto de América Latina como de algunos países de Asia, emplearlo en todo tipo de construcción, en la elaboración de muebles y artesanías y en infinidad de artículos de uso doméstico, por lo cual se le ha llamado "la madera de los pobres" (4). El empleo del bambú como elemento de refuerzo en el concreto, en reemplazo de las varillas de acero, es una de las aplicaciones más sobresalientes que este material tiene en la construcción y una de las muchas ventajas que el bambú tiene sobre la madera.

Los chinos fueron los primeros en realizar investigaciones acerca de las propiedades físicas y mecánicas del bambú, además de emplearlo en la construcción. En 1914 se publicó el primer estudio científico del bambú por H. K. Chu en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), E.E.U.U., y posteriormente, en esa misma década la Dirección de Conservación de Whangpoo en la China efectuó los primeros experimentos utilizando el bambú como refuerzo en el concreto (4).

Desde entonces se han realizado investigaciones para determinar las propiedades mecánicas de especies de bambú, sobre todo de tensión, compresión y flexión, con el propósito

de utilizar el bambú como material de refuerzo en el concreto.

En 1944 H.E. Glen realizó en Clemson Agricultural College, Carolina del Sur, E.E.U.U., con la cooperación de la War Production Board, una serie de experimentos encaminados a la utilización del bambú con este propósito (4). Para la determinación de las características mecánicas de varias especies de los géneros Arundinaria y Phyllostachys, se tuvo en cuenta lo siguiente: la especie del bambú, la edad del tallo, el grado de madurez o sazónamiento, la variación de las características mecánicas debido a los nudos y tratamientos varios del tallo. En cuanto a la edad del tallo no hubo mayor variación en las propiedades de tensión y flexión; mientras que el promedio de los valores del módulo de elasticidad y resistencia aumentaron ligeramente con la edad, donde hubo especímenes del grupo de un año de edad que mostraron valores más altos que algunos tallos de tres años de edad. Sin embargo, se obtuvieron variaciones significativas en dichas propiedades de acuerdo con las especies de bambú como sucede con la madera. El efecto del tratamiento de metilurea Dupont en las variedades ensayadas a tensión no fue tan marcado como las mismas a flexión donde incluso se llegó a aumentar la resistencia y el módulo de elasticidad con relación a los tallos verdes y sazonados.

En el estudio se demostró que generalmente el nudo es

la parte más débil de un tallo sometido a la tensión: el promedio de la máxima resistencia a la tensión de todas las especies y variedades fue de 2640 Kg/cm<sup>2</sup> en el entrenudo y de 2285 Kg/cm<sup>2</sup> en el nudo. Sólomente una especie de bambú se ensayó a compresión mostrando una resistencia promedio de 560 Kg/cm<sup>2</sup>, aproximadamente 4 veces menos que a tensión.

Al mismo tiempo que Glenn, G.E. Heck (8) realizó en el Forest Products Laboratory de Madison, Wisconsin, E.E.U.U., una serie de estudios sobre las propiedades de algunos bambúes de origen Asiático que se cultivan en Puerto Rico y de especies nativas de América, como la Bambusa quada de Colombia y Ecuador. Se ensayaron a flexión tablillas de bambú correspondiente a los entrenudos de la parte basal, intermedia y superior de los tallos de bambú sin que los resultados llegaran a diferencias apreciables.

Aún en países donde no hay especies nativas de bambú se han realizado también investigaciones para estudiar las posibilidades de su uso en la construcción. El Dr. Mohmoud Aly Reda Youssef, de la Universidad de El Cairo, Egipto citado por Urrutia(10). En su programa experimental para emplear materiales no metálicos y de bajo costo para sustituir el refuerzo de acero adecuadamente en aplicaciones estructurales de concreto, consideró la posibilidad de utilizar el bambú entre otros materiales. Para tal propósito se llevó a cabo un estudio para determinar las propiedades

físicas y mecánicas de una especie de bambú identificada como Arundinaria gigantea. Se hicieron ensayos en tensión, compresión y flexión, estudiando el efecto del grado de sazónamiento y la presencia de los nudos en los especímenes. Se ensayaron tallos verdes, o recién cortados y con tallos secos al aire por 45 días bajo la sombra. Se concluyó que el grado de sazónamiento influye enormemente en las propiedades mecánicas, siendo los bambúes secos hasta dos veces más resistentes que los verdes. La presencia de los nudos en los culmos tuvo un efecto menor. Si bien los especímenes a tensión con nudos eran hasta un 30% menos resistentes, es de notar que a compresión las muestras con y sin nudo resultaron más o menos parejas.

Con el fin de comprobar la variación de la resistencia del bambú de acuerdo con la edad, el investigador Shuen-Chao Wu de la Universidad Nacional de Taiwán midió los valores de la densidad y las propiedades mecánicas de diferentes especies de bambú de uno a seis años de edad (8). Los resultados mostraron que las densidades y las resistencias a compresión y flexión de las seis especies estudiadas incrementan rápidamente en los primeros años. Posteriormente este aumento llega a disminuirse e incluso, después del quinto y sexto año, puede ocurrir un decremento en dichas propiedades. Matemáticamente estas variaciones fueron ajustadas mediante curvas logarítmicas.

En la pasada década los colombianos realizaron varias

investigaciones acerca de la guadua, el bambú nativo de Colombia y Ecuador, con el fin de impulsar el desarrollo de nuevas y sencillas técnicas de construcción con este material. El arquitecto e investigador Oscar Hidalgo López (3), dirigió una serie de experimentos sobre el empleo de cables delgados hechos por torsión de varias cintas de bambú, tomadas de la capa externa del tallo, siguiendo la misma tecnología empleada por los chinos en la elaboración de cuerdas de bambú de gran diámetro que ellos utilizaron en la construcción de grandes puentes colgantes, con lo cual se ha demostrado su extraordinaria resistencia a tensión. Se descubrió que el empleo de estos cables de bambú, como refuerzo en el concreto, superó muchas de las dificultades que hasta ahora han hecho inoperantes el uso de tablillas o cañas de bambú como refuerzo en el concreto, comprobándose que tienen mayor resistencia a tensión, mayor adherencia con el concreto por tener mayores cambios dimensionales, y mayor capacidad de refuerzo.

A nivel nacional en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se han realizado estudios de tesis, referentes a las propiedades físicas y mecánicas del bambú. En cada una de las investigaciones se han determinado las mismas propiedades para 6 especies. Urrutia Revilla (10) estudió las especies Bambusa textilis McClure, Bambusa tuldoidea Munro, Bambusa tulda Roxburg, Bambusa vulgaris Schrader y Gigantochloa verticillata Munro.

De acuerdo a los resultados de este estudio, Bambusa tulda es la especie que posee las mejores propiedades físico-mecánicas, siguiéndole en orden de importancia la Bambusa textilis. Morales H. (8) estudió las especies Bambusa tuldoides Munro, Bambusa arundinácea Schreber, Bambusa vulgaris var. Striata Schreber, Melocanna baccifera Trinius, Phyllostachys bambusoides Siebold y tuccharini y Chusquea pittieri Kunth. Según los resultados del estudio, Chusquea pittieri es la especie que posee los valores más altos en esfuerzos de compresión y el módulo de elasticidad en compresión así como el menor peso específico. La especie Melocanna baccifera posee el valor más alto en esfuerzo de tensión y el segundo más alto en esfuerzo a compresión. Le siguen, en resistencia a tensión las especies Bambusa vulgaris, B. bambusoides, B. tuldoides, B. pittieri, y en compresión B. arundinácea, B. bambusoides, B. tuldoides y B. vulgaris.

Chusquea pittieri resultó ser la que posee las mejores propiedades físicas y mecánicas, siguiéndole la especie Melocanna baccifera.

Hidalgo (2,3) concluye que "los cables de bambú abren un nuevo campo en la construcción de pequeñas estructuras rurales y de elementos monolíticos o prefabricados, con la posibilidad de utilizarlo en el pretensionamiento de los mismos lo que valdría la pena estudiar."

## 2. DESCRIPCION DEL BAMBU:

El bambú, es una planta de tipo herbáceo que pertenece a la familia de las gramíneas, cuenta con 1,250 especies, distribuidas en 50 géneros, los cuales representan gran diversidad de tamaños que pueden ser desde pequeñas hierbas hasta grandes cañas de 37 metros de altura y de 30 ó más centímetros de diámetro. Se cree que se originó en el Sur oriente de Asia y se ha distribuido en casi todo el mundo, considerándosele por ello una especie cosmopolita de muchos beneficios para las diversas necesidades del hombre, según lo cita Juárez Barrera (4).

### 2.1. DISTRIBUCION:

El bambú es una especie ampliamente distribuida en el mundo, se localiza desde la India a la China en el Continente Asiático y de Japón a Java en las islas del mismo continente. En el Hemisferio Occidental la distribución en forma natural se extiende desde los 39°25' latitud Norte en el Este de los Estados Unidos, hasta los 45°23'30" latitud Sur en Chile y a 47° de latitud Sur en Argentina. Esta gramínea se encuentra distribuida en casi todo el mundo, exceptuándose Europa y la región Euro-Asiática (11).

En Centro América, se contaba con grandes extensiones de

la especie nativa Bambusa aculeata, pero esta fue sustituida por plantaciones de banano que explotaba la United Fruit Company, quedando completamente exterminada en algunas zonas de la región (8).

En Guatemala, según F.A. Mc Clure (6), se cuenta con 50 especies de bambú distribuidas en 11 géneros, de las cuales aproximadamente 16 fueron introducidas. Algunas de estas especies están establecidas en la finca Chicolá, Mocá y Panamá del departamento de Suchitepéquez, Parcelamiento la Blanca, Florida y algunas en la región del Polochic, de las cuales no se cuenta con mayor información (6).

Motivo de la amplia distribución del bambú en el mundo, es su alto rango de adaptación en cuanto a condiciones climáticas se refiere, se desarrolla en zonas con precipitaciones máximas de 6350 mm anuales y mínimas de 762 mm y temperaturas que oscilan entre los 9 y 36 grados centígrados, encontrándose algunas en habitats con temperaturas bajo cero, donde neva todo el tiempo. Esta amplia distribución, está en función a la diversidad de especies, es decir, que hay especies específicas para regiones tropicales y sub-tropicales y otras para zonas templadas y frías (8).

Guatemala posee varias especies, tanto nativas como exóticas debido a su diversidad de climas. Entre éstas



se puede contar como nativa a Chusquea lanceolata Hitch, con distribución de 2000 a 3500 msnm localizados en los departamentos de Chimaltenango, El Progreso, Sololá y Quetzaltenango; y como exóticas Bambusa vulgaris, que se encuentra distribuida en varias regiones del país (6).

## 2.2. SISTEMÁTICA

La clasificación sistemática en botánica utiliza partes del vegetal estudiando su morfología, posición, color y otras características útiles para la identificación de una especie en particular, teniendo éstas algunos miembros más importantes que otros para este fin. La flor como órgano reproductor, es una de las partes más importantes para la clasificación botánica contando esta con muchas características específicas para cada especie (7).

Una de las restricciones más serias en cuanto a la clasificación del bambú, es la poca frecuencia de su ciclo de floración, teniendo que esperar de 3 hasta 120 años, dependiendo de la especie, para que éste fenómeno se de. Los botánicos que se han dedicado a esta tarea, decidieron tomar en cuenta todas las partes vegetativas del bambú incluyendo, si es posible, el tipo de rizoma que poseen. La parte vegetativa más importante para su identificación es la hoja caulinar (bractea envolvente del tallo), mientras que los tipos de hoja del follaje son característicos del género, según lo cita Menendez Cahueque (7).

De acuerdo a las características botánicas es frecuente

observar una especie dentro de dos o más géneros. (10).

**Clasificación Sistemática según Mc Clure.**

Reino	Vegetal
Sub-reino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliópsida
Sub-clase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae (Gramineae)
Sub-familia	Bambusoideae
Tribu	Bambuseae

Según Mc Clure (6), en Guatemala se encuentran los siguientes géneros:

Arthrostylidium	con 2 especies
Chusquea	con 6 especies
Dendrocalamus	con 4 especies
Gigantochloa	con 4 especies
Melocanna	con 3 especies
Merostachys	con 3 especies
Phyllostachys	con 7 especies
Rhipidocladum	con 3 especies
Schizostachyum	con 5 especies
Bambusa	con 10 especies
Guadua	con 3 especies

Haciendo un total de 11 géneros con 50 especies de las cuales 16 fueron introducidas.

### 2.3. CARACTERISTICAS DEL BAMBU:

El bambú es una planta de características tan peculiares que la hacen tener una utilidad muy variada para las necesidades del hombre.

La propagación puede ser por semilla, la cual es menos común, por el largo periodo que debe pasar para su floración. La propagación asexual es la más común, teniéndose que utilizar para ello algunas partes de la planta tales como: rizomas, secciones del tallo con yemas o con ramas con yemas desarrolladas, por división de la mata (7).

Las raíces de esta planta son las típicas de una gramínea, es decir, un sistema radicular fibroso con raicillas superficiales y, algunas veces, con raíces adventicias. Estas poseen órganos de almacenamiento llamados rizomas, los cuales pueden ser de tipo paquimorfo, que tienen la característica de ser cortos y gruesos, mientras que el otro tipo llamado leptomorfo son cilíndricos y de menor diámetro que los tallos que originan. Entre estos órganos de almacenamiento hay un tipo intermedio llamado anfipodial, el cual se caracteriza por presentar una ramificación del rizoma, ya sea del grupo paquimorfo o leptomorfo (7).

En cuanto a su tallo, en general, es de forma cilíndrica y erecto contando con un diámetro que varía según la especie, de un poco más de 1 cm. hasta casi 40 cm. es hueco por dentro

contando con paredes que van desde unos pocos milímetros hasta casi un centímetro de espesor. Los nudos son tabicados por dentro, dándole esta característica mayor rigidez, resistencia y elasticidad, evitando su ruptura al doblarse, característica que lo hace apropiado para la construcción en zonas sísmicas. Los entrenudos pueden ser dilatados, lisos o constriñidos en relación al nudo. El tallo puede tener color verde, amarillo o la combinación de éstos, e incluso puede haber rojos, blancos y negros (7).

Entre las características mencionadas, hay situaciones extraordinarias, de las cuales se puede mencionar las formas cuadradas de la especie Phyllostachys quadrangularis, cuyo nombre común es bambú cuadrado de la China, las especies extremadamente pequeñas que solo tienen unos pocos centímetros de altura y unos pocos milímetros de diámetro y algunas otras especies con crecimientos tan vertiginosos como la Bambusa arundinacea (Inglaterra 1855) y la Phyllostachys edulis (Japón 1955), que llegaron a incrementarse, en 24 horas, 91.3 cm. Y 121 cm. respectivamente (7).

El bambú, desde que emerge del suelo, viene con el diámetro que tendrá durante todo su ciclo biológico reduciéndose en mínima parte cuando va creciendo. Debido a su rápido crecimiento, alcanza su altura máxima entre los 30 y 80 días, en el caso del tipo de rizoma leptomorfo y entre los 80 y 180 días para el caso de los de tipo paquimorfo, teniendo en esta época poca resistencia debido a su estado

frágil en que se encuentra por no haber iniciado el período de sazónamiento el cual se lleva a cabo inmediatamente después del crecimiento del tallo. la etapa de sazónamiento dura de 3 a 6 años según la especie, según lo cita Juárez Barrera (4).

Existen varias formas de determinar el estado de madurez en que se encuentran los tallos. Así, en la India se basan en la hoja caulinar; si ésta está pegada al tallo y el mismo posee una pelucilla cerosa blanca en los nudos y entrenudos la cual se desprende al tocarla, se trata de un bambú joven no mayor de 1 año. En los tallos mayores de 1 año, la hoja caulinar se encuentra seca y la pelucilla se vuelve algo áspera, fácilmente desprendible y además se presentan algunas ramas. El estado de madurez, que se sucede a los tres años y más, se comienza a diferenciar por la presencia de manchas jaspeadas, la pelucilla se disminuye y se adhiere bien al tallo (2,11).

Otras formas de averiguar el estado de sazónamiento es en base a las cicatrices foliares que quedan en las ramas en la parte superior del nudo al desprenderse las hojas en la etapa de renovación. La cual se lleva a cabo cada año o año y medio, siendo más jóvenes las de las orillas. También se averigua por medio del porcentaje de humedad que va en relación inversa a la edad, es decir, a mayor edad menor humedad y viceversa (6,10).

La hoja caulinar es la parte más importante para fines de clasificación, encontrándose en la parte superior del nudo

en forma envolvente y puede ser triangular, ámpliamente triangular, copulal, ámpliamente copulal o lanceolada (9).

Las hojas del follaje poseen filotaxia alterna en las ramas de esta planta, pudiendo tener peciolo cortos o en forma envolvente; estas pueden ser oblongas, ovaladas, lanceoladas, oblongolanceoladas o lineal-lanceoladas con ápices agudos u obtusos (7).

En cuanto a la floración, como se ha dicho anteriormente se presenta a los 3, 30, 60, y hasta 120 años cuando es gregaria, es decir, que se presenta en toda la macolla anunciando el final de su ciclo de vida. Cuando la floración es esporádica, solamente se presenta un tallo fuera de la época de floración de la planta debiéndose esta a condiciones adversas como el corte de tallo, por plagas o enfermedades, condiciones climáticas o por fuego (7).

#### 2.4 DESCRIPCION DE LAS ESPECIES UTILIZADAS:

##### 2.4.1.- Gigantochloa apus (Schult.) Kurz.

Bambú originario de Java, introducido en Estados Unidos de Surinam por Dr. David Fair Child en 1932. Introducido a Guatemala por el Instituto Agropecuario Nacional.

Bambú de lugares soleados, de terrenos planos, con macollas compactas; rizoma paquimorfos; culmos con alturas de 18 a 22 metros; erectos; arqueados en las puntas; largo al quinto

entrenado de 56 cm; diámetro de 8.5 a 9 cm y grosor de pared de 1.2 cm huecos, de color verde musgo, según la tabla de Munsen Nos. 27 y 28; semilustrosos; opacos y con pubescencia en los nudos (9).

**2.4.2.- Gigantochloa aspera (Schult.) Kurz.**

Bambú encontrado en los departamentos de Suchitepéquez y Escuintla, de lugares planos y soleados, forman macollas compactas, rizoma paquimorfo; culmos de 20 a 30 metros de altura, erectos, largo al quinto entrenado el mayor de 27 cm, diámetro de 20 a 25 centímetros, pared gruesa de 2 a 3 cm, de color verde, según la tabla de Munsen No. 23 y 24, nudos huecos y con pubescencia a todo lo largo (9).

**2.4.3.- Schizostachyum pseudolima McClure**

Bambú de sol, formando macollas compactas; rizoma paquimorfo; culmos de 10.35 metros de altura, erectos, subarqueados, largo al quinto entrenado de 66 cm, diámetro de 2 a 4 cm y grosor de pared de 0.6 cm; color verde musgo, según la tabla de Munsen No 26 y 30 (9).

**2.4.4.- Chusquea pittieri Hack.**

Plantas encontradas en el departamento de Guatemala, en Santa Elena Barillas, municipio de Villa Canales, a alturas que van de 1750 a 2000 msnm.

Bambúes de sombra que tienden a tupir montañas; rizomas

indeterminados con culmos trepadores, de 13 a 18 metros, formando macollas relativamente abiertas; el quinto entrenudo es glabro, a menudo ligeramente pruinoso cuando fresco, color verde oscuro, según la tabla de Munsen Nos. 26 y 27, tomando una coloración morada cuando maduro (9).

### 3. USOS DEL BAMBU:

El bambú es uno de los materiales más antiguos utilizados por el hombre. Sus usos son muchos y muy variados. En el transcurso de los siglos el hombre asiático ha obtenido de esta planta alimento, vestido, vivienda, herramientas, instrumentos musicales, armas, transporte, juguetes e infinidad de objetos de uso doméstico. Para muchas tribus primitivas, el bambú llegó a ser un elemento tan indispensable para su subsistencia que incluso llegó a constituirse en un elemento místico.

Muchos de los usos primitivos constituyen el precursor de herramientas y máquinas que hoy existen en acero. De la misma manera, muchos de los elementos y formas estructurales que se emplean hoy en la arquitectura moderna tuvieron su origen en primitivas viviendas de bambú, construidas en la India, China y demás países asiáticos. Tal es el caso de la cúpula primitiva de bambú inventada por los bengalíes, quienes la utilizaron en la construcción de templos budistas. Los constructores chinos fueron los primeros en construir pórticos de bambú y en utilizar las vigas dobles a las cuales



se les dió posteriormente el nombre de Vierendel (2).

Es invaluable el extraordinario servicio que el bambú ha desempeñado en los diversos campos de la ingeniería. En ingeniería aeronáutica, el bambú ha jugado un papel de trascendental importancia en la invención del aeroplano, del helicóptero y del cohete espacial. El primer avión con fuselaje recubierto con paneles tejidos de bambú fue construido en las Filipinas en 1952 por el Ing. Antonio J. de León, con resultados muy satisfactorios (2). En ingeniería civil sobresale el empleo de cables de bambú en la construcción de grandes puentes colgantes, con los cuales los chinos lograron cubrir luces superiores a los 100 metros. En construcción, su uso se extiende para andamios, cimentaciones, postes, columnas, vigas, armaduras, costaneras, muros, techos y hasta puertas y ventanas. En ingeniería hidráulica y sanitaria el bambú se ha prestado para construir diques de protección, para fuentes de agua y abastecer así a los habitantes de los poblados rurales, para la conducción del agua mediante tubos y canales, e incluso en algunas áreas rurales de Taiwán, el bambú es utilizado en pozos con una profundidad hasta de 150 metros en lugar de tubería de hierro galvanizado (2).

En otros campos, el bambú sigue teniendo innumerables prestaciones. En el campo de la energía eléctrica, el bambú tuvo su aplicación más sobresaliente en el descubrimiento de la luz incandescente. Después de ensayar con miles de

materiales, Thomas A. Edison utilizó en 1880 un filamento carbonizado en bambú para su primera bombilla eléctrica. En cuanto a la medicina, se sabe que en China e India se emplean diversas partes de la planta y algunas de sus secreciones con tales fines. El bambú ha sido aprovechado también en diversas formas en la elaboración de textiles. Sus fibras tienen gran importancia como materia prima en la industria de la pulpa de papel de diferentes calidades. Los chinos fueron los primeros en utilizar el bambú en la fabricación de papel (2).

En la India, donde se encuentran las mayores reservas de bambú en el mundo (unos 10 millones de hectáreas), surgió la idea de utilizar el bambú en la fabricación de papel a escala industrial. La India es uno de los mayores productores de papel del mundo y actualmente un 70% de su producción es obtenida de esta hierba gigante. Si bien el rendimiento de un área de bambú no iguala a la de una madera blanda como el pino, hay que considerar que un culmo alcanza su altura máxima a los dos o tres meses, logrando ser utilizado a los tres o cuatro años. En cambio un árbol como el pino requiere 7 años o más. Con la crisis mundial de papel que se avecina, la fuente más prometedora de materia prima estriba en el bambú (10).

En la ingeniería agrícola el bambú, a pesar de ser una gramínea de tipo herbáceo, se le ha utilizado para conservación de suelos y reforestación, resultando de mucha

utilidad por su rápido crecimiento y tipo de propagación; además se ha colocado a las orillas de ríos, para evitar así desbordamiento de estos (10).

Los agricultores lo utilizan para postes de cercos, tutores de hortalizas, construcción de beneficios económicos de café y algunas veces, como canales para transportar agua (10).

En el continente asiático utilizan los primordios como alimento y cuando esta florece, utilizan la semilla en forma de arroz; las hojas las utilizan como alimento forrajero para animales (10).

#### **4. DESCRIPCION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS EVALUADAS:**

Se eligieron 8 propiedades entre las cuales están:

Propiedades Físicas: Contenido de humedad, Contracción, Peso específico

Propiedades mecánicas: Tensión paralela a la fibra, Tensión perpendicular a la fibra, Compresión paralela a la fibra, Corte y Clivaje. Esta selección se hizo en base a las normas ASTM. específicamente ASTM D143 (1).

##### **4.1. PROPIEDADES FISICAS:**

###### **4.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD:**

A medida que los tallos de bambú se desarrollan, van

perdiendo el porcentaje de humedad, siendo esta abundante en los primeros periodos del crecimiento. El contenido de humedad de los bambúes inmaduros es casi igual en diversas partes del tallo y en cambio, en los tallos maduros el contenido de humedad decrece con la altura del mismo. El contenido de humedad se expresa como un porcentaje del peso secado al horno (8,10).

#### 4.1.2. CONTRACCION:

Durante el periodo de secado el material va perdiendo agua gradualmente, esto hace que el mismo sufra contracciones volumétricas las cuales son mayores en cuanto mayor sea el porcentaje de humedad del tallo y viceversa. El efecto de contracción se produce en forma irregular siendo mayor en los entrenudos (8,10).

#### 4.1.3. PESO ESPECIFICO:

Se representa como el peso del material por unidad de volumen. El peso especifico difiere en cada especie y su valor también varía entre los tallos de una especie en los diversos tramos de un tallo, así como en las partes internas y externas del mismo. Tanto el peso como el volumen, varían con la cantidad de humedad en la planta y por ende, con el grado de madurez del tallo (8,10).

## 4.2. PROPIEDADES MECANICAS:

### 4.2.1. TENSION PARALELA A LA FIBRA:

Se llama así, a la acción de dos fuerzas externas, colineales y de sentido contrario que ejercen tracción o estiramiento al material sobre el cual están actuando, en el caso específico del bambú, paralelamente al sentido de sus fibras (8).

En algunos estudios realizados, ha sido esta una de las propiedades más sobresalientes por tener una gran resistencia a este tipo de prueba, así se ha utilizado el bambú para cables que sirven para sostener puentes colgantes soportando de estos, esfuerzos de tensión, además ha sido probado para material de refuerzo en el concreto.

Según otros estudios, la tensión es 4 veces menor en la región del nudo.

### 4.2.2. COMPRESION PARALELA A LA FIBRA:

El material de ensayo, en este caso el bambú, está sometido a la acción de dos fuerzas colineales opuestas entre sí, ejerciendo su acción en un plano paralelo a la dirección de las fibras que lo componen (8).

No hay diferencia entre la zona del nudo y del entrenudo en este tipo de ensayo. La falla se puede presentar por aplastamiento o por rajadura paralela a la fibra, presentándose esta última principalmente en muestras sin nudo (10).

Muchas de las estructuras utilizadas en la construcción están sometidas a este tipo de carga, sobre todo las columnas, vigas y otros que además, pueden fallar flambeo lateral o flexión, dependiendo esto de la relación del diámetro respecto a la longitud del tallo, que es directamente proporcional, es decir, que a mayor longitud, mayor flexión y viceversa (10).

#### **4.2.3. CORTE PARALELO A LA FIBRA:**

Es una medida de la capacidad del material a resistir fuerzas que tienden a producir deslizamiento de una porción de éste, con relación a otra porción adyacente. El empleo del bambú en la construcción, involucra la presencia de esfuerzos cortantes en mayor o menor grado y las fuerzas que lo producen pueden actuar a lo largo de la fibra, a través de la fibra y en diagonal a la misma siendo más frecuente el corte paralelo a la fibra (12).

#### **4.2.4. TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA:**

Es la acción de dos fuerzas colineares, opuestas y en posición perpendicular a la fibra del bambú, es decir, la resistencia que provoca el bambú a la separación o desgarre de sus fibras (8).

#### **4.2.5. CLIVAJE:**

Es el esfuerzo a que está sometida una pieza estructural para provocar desgarramiento; en el caso del bambú, separación a lo largo de las fibras. La resistencia a este tipo de carga determina la utilización de pernos, clavos,

clivajes, etc. que sirven para la unión de piezas estructurales (8,10).

## VI.- MATERIALES Y METODOS:

### 1.- MATERIAL UTILIZADO PARA LAS PRUEBAS:

Gigantochloa apus (Schult.) Kurz

Gigantochloa aspera (Schult.) Kurz

Schizostachyum pseudolima McClure

Chusquea pittieri Hack

- Serruchos para poda.
- Rafia para asegurar etiquetas.
- Cartulina para hacer etiquetas.
- Cinta métrica.
- Escuadra
- Sierras circulares
- Formón
- Máquina universal de ensayos
- Bernier de precisión

### 2.- METODOLOGIA UTILIZADA EN LOS ENSAYOS

#### 2.1.- Preparación del material:

Se procedió a coleccionar el material, se cortaron 6 tallos de cada especie, comprendidos éstos en edades de tres a seis años, debido a que en este intervalo se encuentra su periodo de sazónamiento.

se determinó el grado de sazónamiento observando las

cicatrices foliares que quedan en las ramas, en la parte superior del nudo, al desprenderse las hojas en la etapa de renovación de éstas que se lleva a cabo cada año o año y medio. Cada culmo o tallo se dividió en tres partes iguales, para luego ser identificado con su respectiva codificación (ver cuadro 1), Posteriormente fueron almacenados durante 45 días a la sombra, dispuestos en forma inclinada apoyándose entre sí, esto se hizo con la finalidad de ser secados al ambiente para evitar rajamiento. Luego del secado se procedió a la elaboración de las probetas, para los diferentes ensayos, las cuales tienen las dimensiones estipuladas por las normas ASTM de pruebas de maderas, especialmente las ASTM D 143.

## 2.2.- REALIZACION DE LOS ENSAYOS.

### 2.2.1.- PRUEBAS FISICAS

#### 2.2.1.1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

Para ésta prueba se utilizó el método tradicional de secado al horno, el cual se realizó a una temperatura de 100% y se expresó como el porcentaje del peso seco. Las pruebas se realizaron, al momento del corte y cuando el material estuvo listo para ser utilizado, es decir, después del secado al ambiente (9,10).



**CUADRO 1: CLAVE DE IDENTIFICACION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS, INCLUYE PARTE DE LA PLANTA.**

No. Especie	No.	Parte del tallo	clave
1 <u>Gigantochloa apus</u>	1	basal	1.1
	2	media	1.2
	3	apical	1.3
2 <u>Gigantochloa aspera</u>	1	basal	2.1
	2	media	2.2
	3	apical	2.3
3 <u>Schizostachyum pseudolima</u>	1	basal	3.1
	2	media	3.2
	3	basal	3.3
4 <u>Chusquea pittieri</u>	1	basal	4.1
	2	media	4.2
	3	apical	4.3

#### 2.2.1.2.- CONTRACCION:

Se cortaron 6 probetas de una 2.54 cm largo de cada parte del tallo de las cuales, antes del secado al ambiente se les tomó el diámetro externo, altura de probeta y espesor de la pared; se tomaron 4 lecturas de cada uno para obtener un promedio, al que se le restó el promedio de estas medidas de probetas secadas al ambiente; así pues se determinó, contracción paralela a la fibra, contracción en el espesor de pared y contracción en el diámetro de los cilindros.

#### 2.2.1.3.- PESO ESPECIFICO:

Se obtuvo de dividir el peso seco al horno del cilindro dentro de su volumen aparente al correspondiente grado de humedad. El volumen se determinó por medición directa, con la

ayuda del micrómetro. Se tomó el peso específico solamente de los cilindros que se sometieron a esfuerzos de compresión

#### **2.2.2.- PRUEBAS MECANICAS:**

##### **2.2.2.1.- COMPRESION PARALELA A LA FIBRA:**

Se cortaron 6 probetas de cada parte del tallo de longitud 4 veces el diámetro exterior de las mismas. Todas las probetas tenían nudo por ser éste parte del material. Para distribuir uniformemente las cargas de compresión, se dejaron planos los extremos de las probetas y perpendiculares al eje longitudinal. La precisión y exactitud de esta actividad dependió mucho del equipo utilizado para su medición (ver figura 1A del apéndice).

##### **2.2.2.2.- TENSION PARALELA A LA FIBRA:**

Se cortaron las probetas en segmentos de 50 cm de largo y no mayores de 2 cm de ancho; a cada probeta se le redujo en los 10 cm centrales, para asegurar que la falla se presentara en ese tramo (ver figura 1B en apéndice).

Todas las probetas tenían nudo al centro por ser éste parte del material. En este tipo de carga la región del nudo disminuye considerablemente su intensidad. Se utilizó la máquina universal de ensayos.

##### **2.2.2.3.- CORTE PARALELO A LA FIBRA:**

Se cortaron probetas en forma de escalera, teniendo éstas las dimensiones recomendadas por la ASTM para corte en maderas (ver figura 1C en apéndice). Con la ayuda del micrómetro se midió las dimensiones de cada parte de la

probeta. Se colocó las muestras dentro de un dispositivo que se utiliza para los ensayos de corte en madera. Este aparato se introdujo luego a la máquina universal de ensayos. Se le aplicaron carga a compresión hasta provocar la falla.

#### **2.2.2.4.- TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA:**

Se prepararon las probetas como lo indican las normas ASTM, dándoles las dimensiones exactas (ver figura 1D en apéndice). Se colocaron en la máquina universal de ensayos, utilizando soportes especiales y se aplicaron las cargas de tensión hasta provocar la falla.

Se calculó el esfuerzo de tensión, dividiendo la carga máxima, dentro de la sección mínima transversal a la fibra.

#### **2.2.2.5.- CLIVAJE:**

Se utilizaron las normas ASTM, para la preparación de las probetas, dándole la forma y dimensiones exactas (ver figura 1E en apéndice). Las muestras se aseguraron con mordazas especiales y se adaptaron a la máquina universal de ensayos. La carga fue tensiva, actuando esta en un solo extremo de la probeta.

El esfuerzo de clivaje se obtuvo de dividir la carga máxima o de ruptura dentro del espesor de la probeta.

### **3.- DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO:**

Se utilizó un diseño completamente al azar desbalanceado con 3 repeticiones y un arreglo combinatorio factorial 4x3, cuyo modelo estadístico es:

$$Y_{ijk} = M + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor de la variable respuesta de la i-j-k-ésima unidad experimental.

$M$  = Media general

$A_i$  = Efecto del factor A

$B_j$  = Efecto del factor B

$(AB)_{ij}$  = Interacción entre los dos factores

$E_{ijk}$  = Error experimental asociado a la i-j-k-ésima unidad experimental.

Factor A: Especies en estudio de bambú.

Factor B: Partes del tallo a utilizar.

#### 4.- TRATAMIENTOS APLICADOS:

Se trabajó con 4 especies de bambú, utilizando para ello, la parte basal, media y apical del tallo de cada una de las especies, identificadas con sus claves.

#### 5.- VARIABLES MEDIDAS:

Los datos que se utilizaron para realizar los análisis correspondientes son:

- Contenido de humedad , que se determinó por el porcentaje de la pérdida de peso.
- contracción, se determinó por diferencia de volúmenes.

- Peso específico, se determinó por la relación entre el peso seco al horno y su volumen aparente.
- tensión paralela a a la fibra
- compresión paralela a la fibra
- Corte paralelo a la fibra
- Tensión perpendicular a la fibra
- Clivaje

Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, utilizando la máquina universal de ensayos.

#### **6.- ANALISIS DE RESULTADOS:**

Se efectuó análisis de varianza y pruebas múltiple de medias (tukey). En base a la significancia, para determinar qué especie posee mejores propiedades físicas y mecánicas, es Decir los mejores tratamientos.

## VII.- RESULTADOS Y DISCUSION:

A continuación se presenta el cuadro 2, donde se incluye los resultados promedios de las pruebas físicas para las cuatro especies con sus respectivas partes del tallo.

Podemos observar los resultados obtenidos en el contenido de humedad al momento del corte y al momento de realizar los ensayos, así como los valores obtenidos en los diferentes tipos de contracción y peso específico.

CUADRO 2: VALORES PROMEDIOS DE LAS PRUEBAS FISICAS: CONTENIDO DE HUMEDAD, CONTRACCION Y PESO ESPECIFICO.

E	PT	CONT. HUMEDAD		CONTRACCION				PESO ESPECIFICO
		AMDC	AMDE	PALF	PELF	ESP	DIA	
A1	B1	30.33	14.43	0.01	0.63	0.58	0.78	0.76
	B2	23.69	14.09	0.00	0.19	0.26	0.47	0.75
	B3	18.53	13.40	0.01	0.06	0.07	0.19	0.74
A2	B1	34.18	16.20	0.01	0.49	0.64	0.65	0.76
	B2	26.31	15.96	0.01	0.30	0.30	0.39	0.76
	B3	18.54	15.52	0.00	0.20	0.12	0.26	0.58
A3	B1	36.02	16.65	0.01	0.31	0.16	0.39	0.36
	B2	24.29	16.39	0.00	0.26	0.12	0.34	0.36
	B3	18.33	16.13	0.00	0.05	0.04	0.20	0.33
A4	B1	35.29	16.84	0.00	0.34	0.43	0.50	0.32
	B2	24.85	16.69	0.00	0.27	0.19	0.32	0.34
	B3	16.26	15.92	0.00	0.18	0.03	0.21	0.34

REFERENCIAS: E : Especies  
 PT : Partes del tallo  
 AMDC : Al momento del corte  
 AMDE : Al momento de ensayar  
 PALF : Paralela a la fibra  
 PELF : Perpendicular a la fibra  
 ESP : Espesor de pared  
 DIA : Diametro

### 1.- PRUEBAS FISICAS:

#### 1.1.- CONTENIDO DE HUMEDAD:

De acuerdo al análisis de varianza para contenido de

humedad al momento del corte del bambú y al momento de realizar los ensayos, para ver que diferencias significativas presentan las fuentes de variabilidad, el porcentaje de humedad al momento del corte, presentó diferencias significativas en las partes del tallo no así en las especies en estudio, ni en la interacción, (ver cuadro 3).

**CUADRO 3: RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE CONTENIDO DE HUMEDAD TOMADO AL MOMENTO DEL CORTE Y AL MOMENTO DE EFECTUAR LOS ENSAYOS.**

VARIABLE RESPUESTA	F.V.	F.C.	F.T.	C.V.
PORCENTAJE DE HUMEDAD AL MOMENTO DEL CORTE	FACTOR A	2.8268	3.01	
	FACTOR B	248.6838	3.40*	
	INT. A-B	2.8626	2.51	6.92
PORCENTAJE DE HUMEDAD AL MOMENTO DE LOS ENSAYOS	FACTOR A	74.2714	3.01*	
	FACTOR B	11.7187	3.40*	
	INT. A-B	0.3417	2.51	2.60

REFERENCIAS: F.V.= FUENTE DE VARIABILIDAD

F.C.= F. CALCULADA

F.T.= F. TABULADA

C.V.= COEFICIENTE DE VARIABILIDAD

\*= SIGNIFICANCIA AL 5%

En el cuadro 4 se puede observar primero que las partes del tallo son estadísticamente diferentes; marcándose el mayor porcentaje de humedad en la parte basal, siquiendo la parte media y por último la parte apical donde presenta los menores porcentajes de humedad (ver cuadro 4).

Se puede observar que la parte basal de todas las especies tiende a ser más húmeda y la parte apical tiende a ser menos húmeda (ver **Figura 2** en apendice). En cuanto a las especies no hubo diferencias significativas entre ellas, lo cual significa que las cuatro especies tienen más o menos el

mismo porcentaje de húmeda.

CUADRO 4: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA PORCENTAJE DE HUMEDAD AL MOMENTO DEL CORTE.

PARTES DEL TALLO		
FAC.B	MEDIA	CAT.
B1	33.95	A
B2	24.79	B
B3	17.91	C

REFERENCIAS: FAC.B= PARTES DEL TALLO  
CAT.= CATEGORIA

En el caso del porcentaje de humedad de las probetas secadas al ambiente al realizarse el análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas sólomente en las especies estudiadas y en las partes del tallo como se detalla en el cuadro 5. En lo que respecta a las 4 especies, es Chusquea pittieri y Schizostachyum pseudolima las que presentan mayores porcentajes de húmedad, siguiéndole Gigantochloa aspera y presentando menor porcentaje Gigantochloa apus. En cuanto a las partes del tallo, la parte basal y media son estadísticamente iguales, es decir, poseen casi el mismo contenido de humedad manifestándose únicamente menor porcentaaje de humedad en la parte apical.

Existe un rango aceptable que determina la estabilidad de las pruebas en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas que es un 18% de humedad en las probetas, por lo que se considera haber trabajado dentro del rango para la realización de los ensayos.



**CUADRO 5: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA PORCENTAJES DE HUMEDAD EN PROBETAS SECADAS AL AMBIENTE.**

ESPECIES DE bambú			PARTES DEL TALLO		
FACTOR A	MEDIA	CAT	FACTOR B	MEDIA	CAT
A4	16.48	A	B1	16.03	A
A3	16.39	AB	B2	15.78	A
A2	15.90	B	B3	15.24	B
A1	13.97	C			

REFERENCIA: CAT.= CATEGORIA

### 1.2 CONTRACCION :

Para los diferentes tipos de contracción se realizó un análisis de varianza y una prueba múltiple de medias (TUKEY), para las variables que así lo requieran tal y como se resume en el cuadro 6.

**CUADRO 6: RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CONTRACCION.**

VARIABLE RESPUESTA	FUENTE DE VARIABILIDAD	F.C.	F.T.	C.V.
CONTRACCION PERPENDICULAR A FIBRA	FACTOR A	12.6239	3.01 *	15.83
	FACTOR B	167.3487	3.40 *	
	INT. A-B	17.3795	2.51 *	
CONTRACCION EN ESPESOR DE PARED	FACTOR A	68.4324	3.01 *	16.10
	FACTOR B	297.7801	3.40 *	
	INT. A-B	18.2270	2.51 *	
CONTRACCION DE DIAMETRO DE CILINDRO	FACTOR A	52.1311	3.01 *	8.79
	FACTOR B	367.7234	3.40 *	
	INT. A-B	22.7250	2.51 *	

REFERENCIA: F.C.= F. CALCULDA

F.C.= F. TABULADA

C.V.= COEFICIENTE DE VARIABILIDAD

\*= SIGNIFICANCIA AL 5%

Para la prueba de contracción paralela a la fibra, no se hizo el análisis de varianza ya que la contracción en ese sentido casi no se da,  $\emptyset$ s prácticamente  $\emptyset$ .

En el caso de la contracción perpendicular a la fibra, presentan diferencias significativas el factor A, factor B y la interacción.

Las cuatro especies de bambú en estudio, representadas por el factor A, son estadísticamente diferentes en cuanto a la contracción perpendicular a la fibra. las especies que tuvieron mayor grado de contracción fué Gigantochloa aspera y Gigantochloa apus, posteriormente las que tuvieron menor contracción Chusquea pittieri y Schizostachyum pseudolima las cuales son estadísticamente iguales, como lo muestra el cuadro 7.

En cuanto a las partes del tallo representadas por el factor B, se puede observar una mayor contracción en la parte basal, siguiendo la parte media y una menor contracción en la parte apical del tallo, tal y como se representa en el cuadro 7.

En cuanto a la interacción de los factores, da como resultado que la zona de mayor contracción perpendicular a la fibra es la parte basal, especialmente en Gigantochloa apus, y Gigantochloa aspera que presentan un grado considerable de contracción, le siguen Chusquea pittieri y por último Schizostachyum pseudolima. (Ver cuadro 7). En cuanto a la zona que presenta menor contracción está la parte apical principalmente las especies Schizostachyum pseudolima,

Gigantochloa apus y Chusquea pittieri, como se observa en el cuadro 7.

**CUADRO 7: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA CONTRACCION PERPENDICULAR A LA FIBRA PARA LOS FACTORES Y LA INTERACCION**

ESPECIES DE BAMBU			PARTES DEL TALLO		
TRA. FAC.A	MEDIA	CAT.	TRA. FAC.B	MEDIA	CAT.
A2	0.3278	A	B1	0.4425	A
A1	0.2922	AB	B2	0.2542	B
A4	0.2644	BC	B3	0.1217	C
A3	0.2067	C			

INTERACCION		
TRA. A-B	MEDIA	CAT.
1.1	0.627	A
2.1	0.490	B
4.1	0.343	C
3.1	0.310	CD
2.2	0.297	CD
4.2	0.270	CD
3.2	0.263	CD
2.3	0.197	D
1.2	0.187	DE
4.3	0.180	DE
1.3	0.063	EF
3.3	0.047	F

LOS VALORES CON LA MISMA LETRA SON ESTADISTICAMENTE IGUALES

REFERENCIAS:

TRA.= TRATAMIENTO  
 CAT.= CATEGORIA  
 FAC.= FACTOR

El espesor de pared de los cilindros sometidos a las pruebas de contracción, mostró diferencias significativas en los factores y su interacción; realizándose una prueba múltiple de medias para cada una de los factores.

Las cuatro especies de bambú en estudio, representadas por el factor A, son estadísticamente diferentes, en cuanto a la contracción en espesor de pared. La especie que tuvo mayor grado de contracción fue Gigantochloa aspera siguiéndole Gigantochloa apus las cuales son estadísticamente iguales, y posteriormente Chusquea pittieri; la que menor contracción en espesor de pared sufrió fue Schizostachyum pseudolima como lo muestra el cuadro 8.

En cuanto las partes del tallo representadas por el factor B, se observa un aumento significativo en la contracción en espesor de pared; siendo esta mucho menor en la parte apical del tallo, que en la parte media y la mayor contracción se presenta en la parte basal, tal y como se representa en el cuadro 8.

La interacción entre las especies y las partes del tallo da como resultado que la zona de mayor contracción es la parte basal, especialmente en Gigantochloa aspera y Gigantochloa apus, siguiendo a éstas Chusquea pittieri que también presenta un grado de contracción en espesor de pared considerable. En cuanto a la parte basal de la especie Schizostachyum pseudolima, presentó un valor de contracción intermedio con respecto a las demás (ver cuadro 8). Una baja

considerable se presenta en la parte apical del tallo, resultando muy poca contracción en las especies Gigantochloa apus, Schizostachyum pseudolima y Chusquea pittieri como se observa en el cuadro 8.

**CUADRO 8: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA CONTRACCION DEL ESPESOR DE PARED.**

ESPECIES DE BAMBU			PARTES DEL TALLO		
FAC.A	MEDIA	CAT	FAC.B	MEDIA	CAT
A2	0.3511	A	B1	0.4517	A
A1	0.3044	A	B2	0.2167	B
A4	0.2144	B	B3	0.0633	C
A3	0.1056	C			

INTERACCION A-B		
TRAT.	MEDIA	CAT.
2-1	0.640	A
1-1	0.580	A
4-1	0.4267	B
2-2	0.2967	BC
1-2	0.2633	CD
4-2	0.19	CDE
3-1	0.16	DEF
3-2	0.1167	EFG
2-3	0.1167	EFG
1-3	0.07	EFG
3-3	0.04	FG
4-3	0.02667	G

NOTA: LOS VALORES CON LA MISMA LETRA SON ESTADISTICAMENTE IGUALES

REFERENCIA: TRA.= TRATAMIENTO  
 CAT.= CATEGORIA  
 FAC.= FACTOR

los diámetros de los diferentes cilindros presentaron contracciones considerables en las especies, partes del tallo y la interacción especies-partes del tallo (ver cuadro 6) por

lo que se realizó una prueba múltiple de medias que dió el siguiente resultado: con respecto al factor A, que son las especies Gigantochloa apus y Gigantochloa aspera, tuvieron mayor grado de contracción y son estadísticamente iguales, siguiéndoles Chusquea pittieri y Schizostachyum pseudolima que tuvieron menor contracción las cuales son estadísticamente iguales entre ellas pero diferentes a las dos anteriores (Ver cuadro 9 y **Figura 3,4** en apéndice).

Para el factor B, es decir las partes del tallo, se ve una diferencia clara en cuanto a contracción en el diámetro, siendo la parte basal la que más se contrae y disminuyendo gradualmente hasta llegar a la parte apical donde se contrae con menor intensidad tal y como se aprecia en el cuadro 9.

Para la interacción entre especies en estudio y partes del tallo da como resultado que la zona de mayor contracción es la parte basal, especialmente en Gigantochloa aspus y Gigantochloa aspera, siguiendo a éstas Chusquea pittieri y Gigantochloa apus parte basal y media respectivamente. ver cuadro 9. Un valor considerablemente bajo se presenta en la parte apical del tallo de las cuatro especies, principalmente Gigantochloa apus, Schizostachyum pseudolima, siguiéndoles Chusquea pittieri y por último Gigantochloa aspera. Entonces podemos decir que los tratamientos presentan muy poca diferencia entre ellos, mientras que las partes del tallo se contraen considerablemente en la parte basal y van disminuyendo gradualmente hacia la parte apical ( ver gráfica 2 del apéndice).

**CUADRO 9: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA CONTRACCION DEL DIAMETRO DE LOS CILINDROS.**

ESPECIES DE BAMBU			PARTES DEL TALLO		
FAC. A	MEDIA	CAT	FAC. B	MEDIA	CAT.
A1	0.4811	A	B1	0.58	A
A2	0.4344	B	B2	0.3817	B
A4	0.3433	C	B3	0.2142	C
A3	0.3089	C			

INTERACCION A-B		
TRA.	MEDIA	CAT.
1-1	0.7833	A
2-1	0.6533	B
4-1	0.4967	C
1-2	0.4700	CD
2-2	0.3900	DE
3-1	0.3867	DE
3-2	0.3433	EF
4-2	0.3233	EF
2-3	0.2600	FG
4-3	0.2100	G
3-3	0.1967	G
1-3	0.1900	G

NOTA: LOS VALORES CON LA MISMA LETRA SON ESTADISTICAMENTE IGUALES.

REFERENCIA: TRA.= TRATAMIENTO  
 CAT.= CATEGORIA  
 FAC.= FACTOR

### 1.3 PESO ESPECIFICO:

Los resultados del análisis de varianza, que se muestra en el cuadro 10, en la prueba de peso específico aparente resultaron significativos en todas sus fuentes de variabilidad, por lo que se realizó una prueba múltiple de medias para cada una de las fuentes de variabilidad.

CUADRO 10: RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO ESPECIFICO APARENTE.

VARIABLE RESPUESTA	FUENTE DE VARIABILIDAD	F.C.	F.T.	C.V.
PESO ESPECIFICO APARENTE	FACTOR A	237.0628	3.01 *	
	FACTOR B	6.3632	3.4 *	
	INT. A-B	4.1201	2.51 *	8.17%

REFERENCIAS:

F.C.= F. CALCULADA

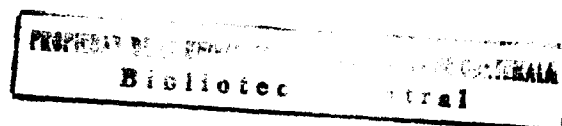
F.T.= F. TABULADA

C.V.= COEFICIENTE DE VARIABILIDAD

\*= SIGNIFICANCIA AL 5%

En lo que respecta a las especies, la especie Gigantochloa apus y Gigantochloa aspera obtuvieron los valores más altos en el ensayo y son estadísticamente iguales, le siguen Schizostachyum pseudolima y Chusquea pittieri que tuvieron los valores más bajos de peso específico como lo muestra el cuadro 11 (ver **Figura 5** en el apéndice). En lo que respecta a las partes del tallo o factor B, la parte media tuvo el valor más alto de peso específico, le siguen la parte apical y un valor más bajo lo obtuvo la parte basal (ver **Figura 5** en apéndice).

En la interacción, Gigantochloa aspera y Gigantochloa apus presentaron los valores más altos a excepción de la parte apical de Gigantochloa aspera que es estadísticamente diferente, en cuanto a las demás especies y sus respectivas secciones del tallo son estadísticamente iguales (Ver cuadro 11).





CUADRO 11: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA PESO ESPECIFICO APARENTE.

ESPECIES DE BAMBU			PARTES DEL TALLO		
FAC.A	MEDIA	CAT.	FAC.B	MEDIA	CAT.
A1	0.7500	A	B2	0.5533	A
A2	0.6989	A	B1	0.5475	A
A3	0.3489	B	B3	0.4958	B
A4	0.3311	B			

INTERACCION A-B		
TRA.	MEDIA	CAT.
2-2	0.7633	A
1-1	0.7600	A
2-1	0.7567	A
1-2	0.7533	A
1-3	0.7367	A
2-3	0.5767	B
3-2	0.3600	C
3-1	0.3567	C
4-3	0.3400	C
4-2	0.3367	C
3-3	0.3300	C
4-1	0.3167	C

NOTA: LOS RESULTADOS CON LA MISMA LETRA SON ESTADISTICAMENTE IGUALES.

REFERENCIA:

TRA. = TRATAMIENTO  
 FAC. = FACTORES  
 CAT. = CATEGORIAS

## 2.- PRUEBAS MECANICAS:

CUADRO 12: VALORES PROMEDIOS DE LAS PRUEBAS MECANICAS:  
TENSION PARALELA A LA FIBRA, COMPRESION  
PARALELA A LA FIBRA, TENSION PERPENDICULAR A  
LA FIBRA, CORTE PARALELO A LA FIBRA Y CLIVAJE.

		CPAF	TPAF	CORTE	TPEF	CLI
A1	B1	950.46	2121.65	183.86	49.87	94.23
	B2	1140.05	2366.66	274.85	52.85	97.02
	B3	999.44	2350.21	280.95	48.23	85.00
A2	B1	1748.01	1732.13	316.66	58.50	96.17
	B2	1863.13	1872.02	306.25	73.68	97.56
	B3	1833.36	2292.94	302.09	68.49	87.98
A3	B1	518.77	1516.66	115.63	41.23	43.37
	B2	583.91	1543.69	109.42	39.07	41.45
	B3	587.64	1480.96	121.68	36.69	44.73
A4	B1	1135.86	1256.97	209.16	64.31	45.16
	B2	1110.76	1282.43	186.63	59.08	42.20
	B3	1137.01	1255.32	186.35	57.25	39.89

REFERENCIAS: CPAF: CORTE PARALELO A LA FIBRA.  
TPAF: TENSION PARALELA A LA FIBRA.  
TPEF: TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA.  
CORTE: CORTE PARALELO A LA FIBRA.  
CLI: CLIVAJE.

### 2.1.- COMPRESION PARALELA A LA FIBRA.

Se realizó un análisis de varianza (ver cuadro 13) y una prueba multiple de medias, donde se obtuvo diferencias significativas en dos fuentes de variabilidad, en el factor A ó especies en estudio y en el factor B.

Las cuatro especies de bambú en estudio, representadas por el factor A, son estadísticamente diferentes, en cuanto a la compresión paralela a la fibra. La especie que tuvo mayor esfuerzo a compresión fue Gigantochloa aspera, siguiéndole a

esta Chusquea pittieri y luego Gigantochloa apus, siendo el resultado más bajo para Schizostachyum pseudolima (ver cuadro 14).

Las partes del tallo en este ensayo, tendieron a mejorar la calidad en la parte media, siguiendo por la parte basal y tuvo un menor esfuerzo de compresión la parte apical del tallo (ver cuadro 13 y figura 6 en apéndice).

CUADRO 13: RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA.

VARIABLE RESPUESTA	FUENTE DE VARIABILIDAD	F.C.	F.T.	C.V.
COMPRESION PARALELA A LA FIBRA	FACTOR A	469.9042	3.01*	
	FACTOR B	4.4136	3.40*	
	INT. A-B	1.4613	2.51	6.3%

REFERENCIAS:

F.C.= F. CALCULADA

F.T.= F. TABULADA

C.V.= COEFICIENTE DE VARIABILIDAD

\*= SIGNIFICANCIA AL 5%

CUADRO 14: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA COMPRESION PARALELA A LA FIBRA.

ESPECIES DE BAMBU			PARTES DEL TALLO		
-----			-----		
FAC.A	MEDIAS	CAT.	FAC.B	MEDIAS	CAT
-----			-----		
A2	1815.00	A	B2	1174.00	A
A4	1128.00	B	B3	1139.00	AB
A1	1030.00	C	B1	1088.00	B
A3	563.40	D			
-----			-----		

REFERENCIAS: FAC.= FACTOR  
CAT.= CATEGORIA

## 2.2.- TENSION PARALELA A LA FIBRA:

Con los resultados obtenidos de tensión paralela a la fibra, se realizaron los análisis correspondientes de varianza y prueba múltiple de medias para las tres fuentes de variabilidad cuyos resultados se observan en los cuadros 15 y 16.

El comportamiento de las especies de bambú en estudio en el ensayo a tensión paralela a la fibra, la especie Gigantochloa apus obtuvo el valor más alto de esfuerzo a tensión, luego Gigantochloa aspera siguiéndole Schizostachyum pseudolima y por último Chusquea pittieri, que obtuvo el valor más bajo de esfuerzo a tensión. (ver cuadro 16).

En cuanto al factor B ó partes del tallo, se ve poca diferencia en cuanto a esfuerzo a tensión, siendo la parte apical y media las que obtuvieron los valores más altos y la parte basal y media poseen valores un poco más bajos de esfuerzo a tensión paralela a la fibra, pero en general las tres partes obtuvieron valores bastante altos a este tipo de esfuerzo (ver **Figura 7** en apéndice).

En cuanto a la interacción, las especies en estudio siguen el mismo comportamiento, es decir el orden de calidad en cuanto a esfuerzo máximo está dado por: Gigantochloa apus, Gigantochloa aspera, Schizostachyum pseudolima y por último Chusquea pittieri, manifestando estos buenos resultados a lo largo de las tres partes del tallo.

**CUADRO 15: RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA DE TENSION PARALELA A LA FIBRA.**

VARIABLE RESPUESTA	FUENTE DE VARIABILIDAD	F.C.	F.T.	C.V.
TENSION PARALELA A LA FIBRA	FACTOR A	93.5613	3.01*	
	FACTOR B	5.3996	3.40*	
	INT. A-B	3.5093	2.51*	8.02%

REFERENCIAS: F.C.= F. CALCULADA  
 F.T.= F. TABULADA  
 C.V.= COEFICIENTE DE VARIABILIDAD  
 \*= SIGNIFICANCIA AL 5%

**CUADRO 16: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS PARA TENSION PARALELA A LA FIBRA.**

ESPECIES DE BAMBU			PARTES DEL TALLO		
FAC.A	MEDIAS	CAT.	FAC.B	MEDIAS	CAT.
A1	2280.00	A	B3	1845.00	A
A2	1966.00	B	B2	1766.00	AB
A3	1514.00	C	B1	1657.00	B
A4	1265.00	D			

INTERACCION A-B		
TRA.	MEDIA	CAT.
1-2	2367	A
1-3	2350	A
2-3	2293	A
1-1	2122	AB
2-2	1872	BC
2-1	1732	BC
3-2	1544	CD
3-1	1517	CD
3-3	1481	CD
4-2	1282	D
4-1	1257	D
4-3	1255	D

NOTA: LOS VALORES CON IGUAL LETRA SON ESTADISTICAMENTE IGUALES

REFERENCIAS: FAC.= FACTOR  
 TRA.= TRATAMIENTO  
 CAT.= CATEGORIA

### 2.3 CORTE PARALELO A LA FIBRA:

El análisis de varianza que para los ensayos de corte se realizó, presentó diferencias significativas en dos fuentes de variabilidad pero no así en el factor B, es decir las partes del tallo (Ver cuadro 17).

La especie que mejor resultados dió fué Gigantochloa aspera, siguiendole Gigantochloa apus, luego chusquea pittieri y por último Schizostachyum pseudolima que dió los valores más bajos de esfuerzos en el ensayo de corte (Ver cuadro 18 Y **Figura 8** en el apéndice).

En cuanto a la interacción el orden de calidad en cuanto a esfuerzo máximo esta dado por: Gigantochloa aspera, Gigantochloa apus, le sigue Chusquea pittieri y por último Schizostachyum pseudolima con los valores más bajos de esfuerzo en corte paralelo a la fibra (Ver cuadro 18).

### 2.4.- TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA:

Se realizó analisis de varianza (ver cuadro 16), en el cual resultó diferencia significativa solo en una fuente de variabilidad, que corresponde a las especies de bambú en estudio.

Para las especies en estudio resultó que el mayor esfuerzo de tensión perpendicular lo tuvieron las especies Gigantochloa aspera y Gigantochloa apus, las cuales tuvieron casi el doble del valor que alcanzaron las especies Schizostachyum pseudolima y Chusquea pittieri (Ver cuadro 19 y **Figura 9** en el apéndice).

## 2.5 CLIVAJE:

El análisis de varianza que para los ensayos de clivaje se realizó, presentó diferencias significativas en todas sus fuentes de variabilidad ( ver cuadro 17). al analizar este tipo de ensayo nos damos cuenta la baja resistencia que presenta el bambú a este tipo de carga.

En cuanto a las especies, la que obtuvo los valores de esfuerzo más altos se encuentra: Gigantochloa aspera y Gigantochloa apus respectivamente, le siguen con valores muy bajos Schizostachyum pseudolima y Chusquea pittieri (Ver cuadro 20 y **Figura 10** en apéndice).

En cuanto a las partes del tallo la parte basal y media obtuvieron los valores más altos, le sigue la apical que obtuvo el valor más bajo de esfuerzo en el ensayo de clivaje (Ver cuadro 20 y **Figura 10** en apéndice).

Con respecto a la interacción de los dos factores, siempre las especies del género Gigantochloa mostraron los valores más altos principalmente con la parte del tallo media y basal. Así pues el valor más alto lo obtuvo Gigantochloa aspera parte media y Gigantochloa apus parte media.

Los valores más bajos corresponden para las especies Schizostachyum pseudolima y Chusquea pittieri (Ver cuadro 20).

**CUADRO 17: RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANZA DE CORTE PARALELO A LA FIBRA, TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA Y CLIVAJE.**

VARIABLE RESPUESTA	FUENTE DE VARIABILIDAD	F.C.	F.T.	C.V.
CORTE PARALELO A LA FIBRA	FACTOR A	202.8695	3.01 *	
	FACTOR B	3.0407	3.40	
	INT. A-B	9.8676	2.51 *	7.96
TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA	FACTOR A	36.6498	3.01 *	
	FACTOR B	1.1144	3.40	
	INT. A-B	1.9318	2.51	11.13%
CLIVAJE	FACTOR A	626.4937	3.01 *	
	FACTOR B	9.1229	3.40 *	
	INT. A-B	3.2557	2.51 *	5.12%

REFERENCIAS; F.C.= F. CALCULADA  
 F.T.= F. TABULADA  
 C.V.= COEFICIENTE DE VARIABILIDAD  
 \*= SIGNIFICANCIA AL 5%.

**CUADRO 18: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA CORTE PARALELO A LA FIBRA.**

ESPECIES DE BAMBU			INTERACCION A-B		
FAC.A	MEDIA	CAT.	TRA.	MEDIA	CAT.
A2	308.3	A	2-1	316.7	A
A1	246.6	B	2-2	306.3	A
A4	194.00	C	2-3	302.1	A
A3	115.60	D	1-3	280.9	A
			1-2	274.8	A
			4-1	209.2	B
			4-2	186.6	B
			4-3	186.4	B
			1-1	183.9	B
			3-3	121.7	C
			3-1	115.6	C
			3-2	109.4	C

NOTA: LOS RESULTADOS CON IGUAL LETRA TIENEN EL MISMO VALOR ESTADISTICO

REFERENCIA: TRA.= TRATAMIENTO  
 CAT.= CATEGORIA



**CUADRO 19: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA**

ESPECIES DE BAMBU		
FAC.A	MEDIA	CAT.
A2	66.89	A
A1	60.21	A
A3	50.32	B
A4	39.00	C

NOTA: LOS RESULTADOS CON LA MISMA LETRA TIENEN EL MISMO VALOR ESTADISTICO

REFERENCIAS: CAT.= CATEGORIAS

**CUADRO 20: PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS (TUKEY) PARA CLIVAJE**

ESPECIES DE BAMBU			PARTES DEL TALLO		
FAC.A	MEDIAS	CAT	FAC.B	MEDIAS	CAT.
A2	93.90	A	B1	69.73	A
A1	92.09	A	B2	69.56	A
A3	43.18	B	B3	64.40	B
A4	42.42	B			

INTERACCION		
TRA.	MEDIA	CAT.
2-2	97.56	A
1-2	97.02	A
2-1	96.17	A
1-1	94.23	AB
2-3	87.98	AB
1-3	85.00	B
4-1	45.16	C
3-3	44.73	C
3-1	43.37	C
4-2	42.20	C
3-2	41.45	C
4-3	39.89	C

NOTA: LOS RESULTADOS CON LA MISMA LETRA TIENEN EL MISMO VALOR ESTADISTICO

REFERENCIAS: TRA.= TRATAMIENTOS  
CAT.= CATEGORIAS

**VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:****1.- CONCLUSIONES:**

- 1.1.- Los porcentajes de humedad al momento del corte del material, es indicador de que el material recolectado estuvo dentro de los rangos de madurez, ya que para tallos maduros el porcentaje de humedad es inversamente proporcional a la altura.
- 1.2.- Las pruebas físicas indican que las especies que más se contraen son Gigantochloa apus y Gigantochloa aspera, encontrándose una menor contracción en Schizostachyum pseudolima.
- 1.3.- En las propiedades mecánicas, las especies Gigantochloa aspera obtuvo el valor más alto en esfuerzo a compresión, tensión perpendicular a la fibra, corte y clivaje.
- 1.4.- En el ensayo a tensión paralela a la fibra la especie que obtuvo el valor más alto de esfuerzo a tensión fue Gigantochloa apus.
- 1.5.- En cuanto a partes del tallo en los ensayos de compresión paralela a la fibra y tensión paralela a la fibra, la parte media y apical obtuvieron los valores más altos al calcular los esfuerzos respectivos y son estadísticamente iguales.
- 1.6.- El valor más alto de esfuerzo en el ensayo de clivaje lo obtuvo la parte basal del tallo, notándose la baja resistencia del bambú a este tipo de carga en todas las especies. El valor más bajo de esfuerzo en el ensayo de clivaje fué para la parte apical del tallo.

## 2.- RECOMENDACIONES;

- 2.1.- Efectuar análisis, estudios y ensayos con las especies Gigantochloa aspera y Gigantochloa apus utilizándolas como miembros estructurales.
- 2.2.- Someter a las especies Gigantochloa aspera y Gigantochloa apus a estudios sobre secado, durabilidad, y preservación con métodos de curado y tratamientos químicos que permitan incrementar la aplicación del bambú como elemento estructural.
- 2.3.- Implementar el cultivo de las especies Gigantochloa aspera y Gigantochloa apus en diversas regiones del país con el fin de promover su uso en la construcción.
- 2.4.- Promover trabajos de investigación para elaborar diseños de viviendas de bajo costo para su rápida aplicación y difundición en las zonas rurales del país.

## X.- BIBLIOGRAFIA:

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. 1979. Book of ASTM Standards. Philadelphia. v.22, p.41-101.
2. HIDALGO LOPEZ, O. 1974. Bambú; su cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanías. Colombia, Estudios Técnicos Colombianos. p.138.
3. \_\_\_\_\_. 1978. Nuevas técnicas de construcción con bambú. Colombia, Estudios Técnicos Colombianos. p.136.
4. JUARES BARRERA, C.A. 1985. Estudio del crecimiento en 12 especies de bambú, bajo condiciones naturales durante época lluviosa en cuatro localidades de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p.119.
5. MARDEN, L. 1980. Bamboo the gigant grass. National Geographic 80 (4): 504-529.
6. Mc-CLURE, F.A. 1973. Genera of bamboos native to the new world. Washington, Smithsonian Institution Press. ---- p.12-23
7. MENENDEZ CAHUEQUE, R. 1983. Caracterización de 11 cultivos de bambú en la finca Chocolá, Suchitepéquez. Tesis-Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 106 p.
8. MORALES JOLA, H.E. 1985. Propiedades físico-mecánicas del bambú (6 especies recolectadas en los departamentos de: Guatemala. Santa Rosa y Jutiapa). Tesis Ing. Civil.- Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 68 p.
9. SAGASTUME ANDRADE, F. 1986. Muestreo y caracterización preliminar de las especies de la sub-familia Bambusoideae (Poaceae) en la región de la vertiente de Océano Pacífico. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 140 p.

- 10. URRUTIA REVILLA, J.F. 1983. Propiedades físico-mecánicas del bambú (estudio preliminar de 6 especies de la finca Chocollá, Suchitepéquez). Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.- 95 p.
- 11. VELA GALVEZ, L. 1977. Los bambúes. México, Instituto Nacional de Investigación Forestal. 39 p.

*Vo. Bo.*  
*Petrucci*



XI.- APENDICE

## GLOSARIO

- Clivaje:** Esfuerzo a que está sometido una pieza estructural para provocar desgarramiento.
- Compresión:** Estado producido sobre un cuerpo por dos fuerzas iguales y opuestas que tienden a aproximar los dos puntos sobre los que actúan.
- Contracción:** disminución de tamaño debido a la pérdida de humedad en el proceso de secado.
- Corte:** Fuerza que tiende a producir deslizamiento de una porción de bambú, con relación a otra porción adyacente.
- Ensayo:** Operación destinada a conocer el comportamiento de un material o de una estructura respecto a una propiedad determinada.
- Esfuerzo:** Resistencia interna por unidad de área.
- Peso específico:** Peso de material por unidad de volumen
- Probeta:** Pieza de pequeño tamaño, representativa de la calidad de un material de construcción, su forma, dimensiones, fabricación y conservación están generalmente normalizadas y se utilizan para ensayar dicho material.
- Propiedades Físicas:** Son las características que definen el comportamiento de un material sin la acción de fuerzas mecánicas.
- Propiedades mecánicas:** Propiedades que tienen que ver con el comportamiento de un material bajo fuerzas aplicadas. Se expresa en términos de cantidades que son funciones de esfuerzo.
- Resistencia:** Esfuerzo máximo que un material puede desarrollar.
- Tensión:** Cociente que resulta de dividir la acción de una fuerza por el área de la sección, tendiendo a alejar las secciones sobre las que actúan.

PRESUPUESTO DETALLADO DE LA INVESTIGACION

COSTO DE LOS ENSAYOS.	VALOR UNITARIO (Q)	No. DE ENSAYOS	SUB-TOTAL (Q)	TOTAL (Q)
CONTENIDO DE HUMEDAD AL MOMENTO DEL CORTE	5.00	36	180.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD AL MOMENTO DE ENSAYAR	5.00	36	180.00	
CONTRACCIONES	3.00	36	108.00	
PESO ESPECIFICO	5.00	36	180.00	
TENSION PARALELA A LA FIBRA	15.00	36	540.00	
TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA	5.00	36	180.00	
COMPRESION PARALELA	10.00	36	360.00	
CORTE	5.00	36	180.00	
CLIVAJE	5.00	36	180.00	
VALOR DEL BAMBU	3.00	32	96.00	
TRANSPORTE			175.00	
				2359.00

NOTA: LOS VALORES UNITARIOS FUERON ESTABLECIDOS SEGUN ARANCEL DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA AL 31-1-90, INCLUYE PAGO DE LABORATORISTA Y CALCULO DE ESFUERZOS MAXIMOS.





Fig. No. 1.b;  
Tensión paralela a  
la fibra.

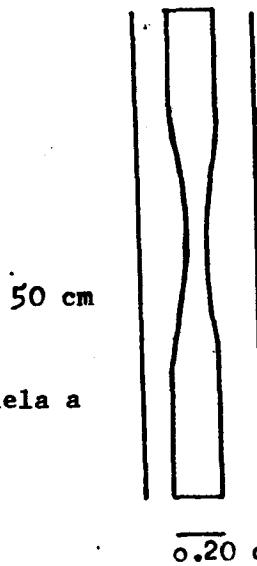


Fig. No. 1.a;  
Comprensión paralela a  
la fibra.

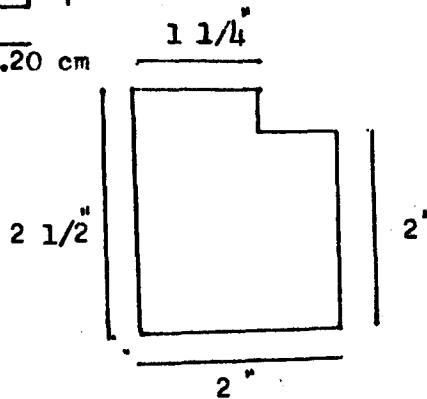
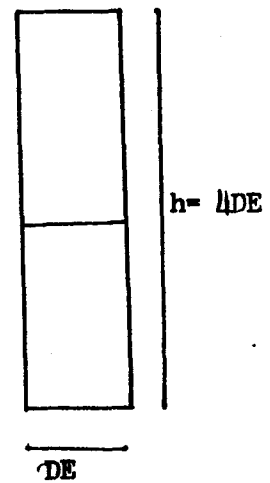


Fig. No. 1.c;  
Corte paralelo a la  
fibra.

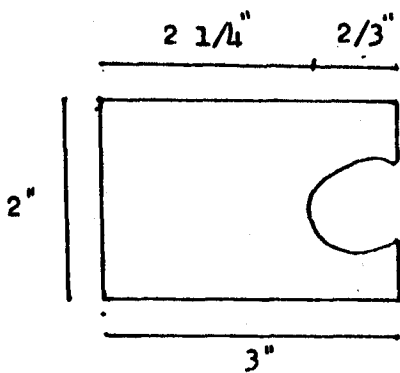


Fig. No. 1.e;  
Clivaje.

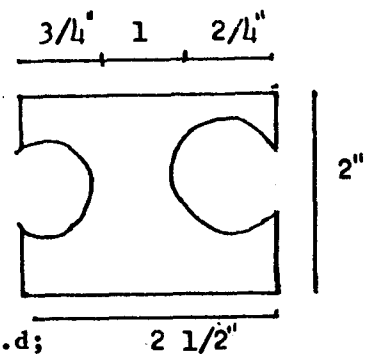
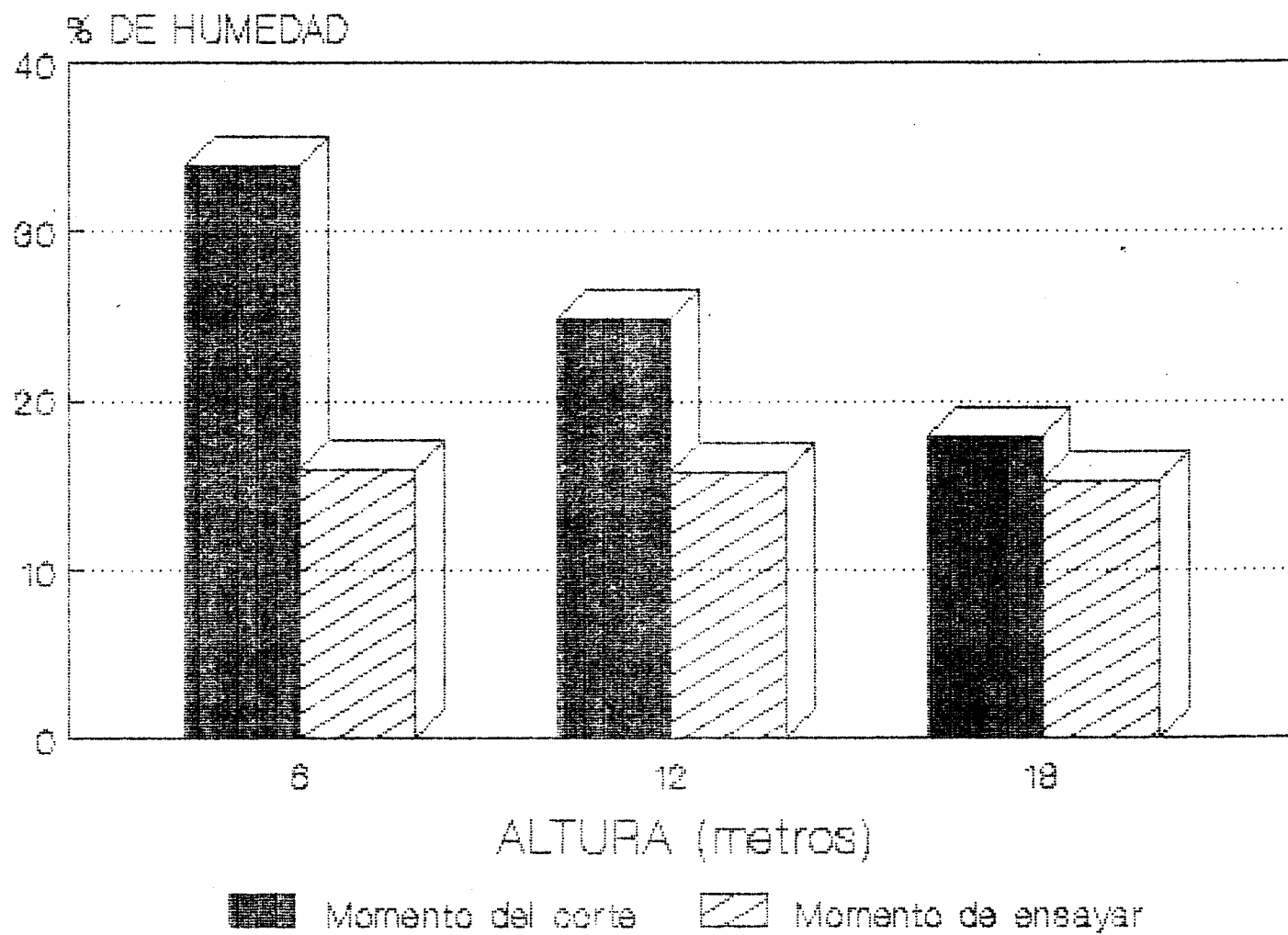
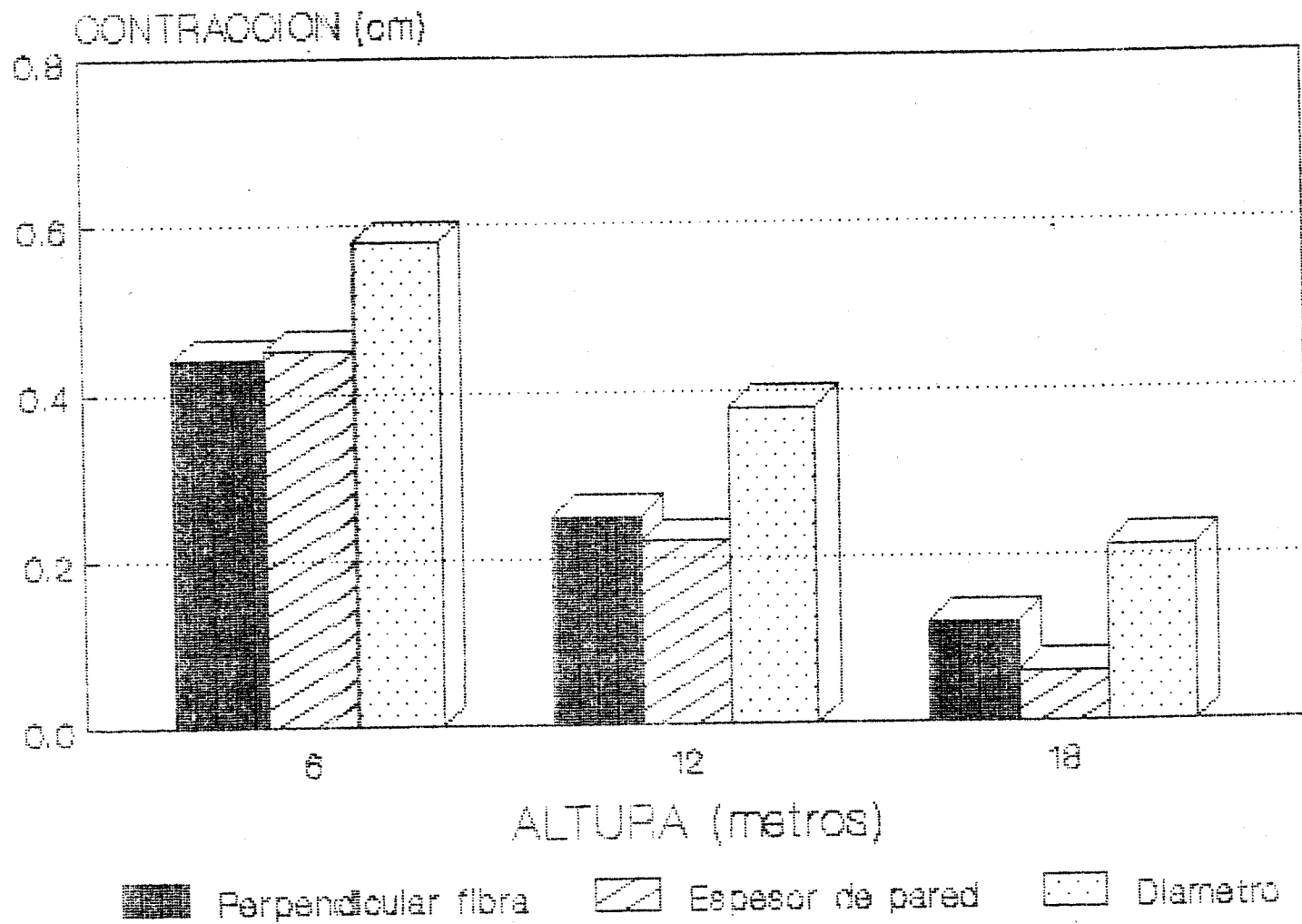


Fig. No. 1.d;  
Tensión perpendicular  
a la fibra.

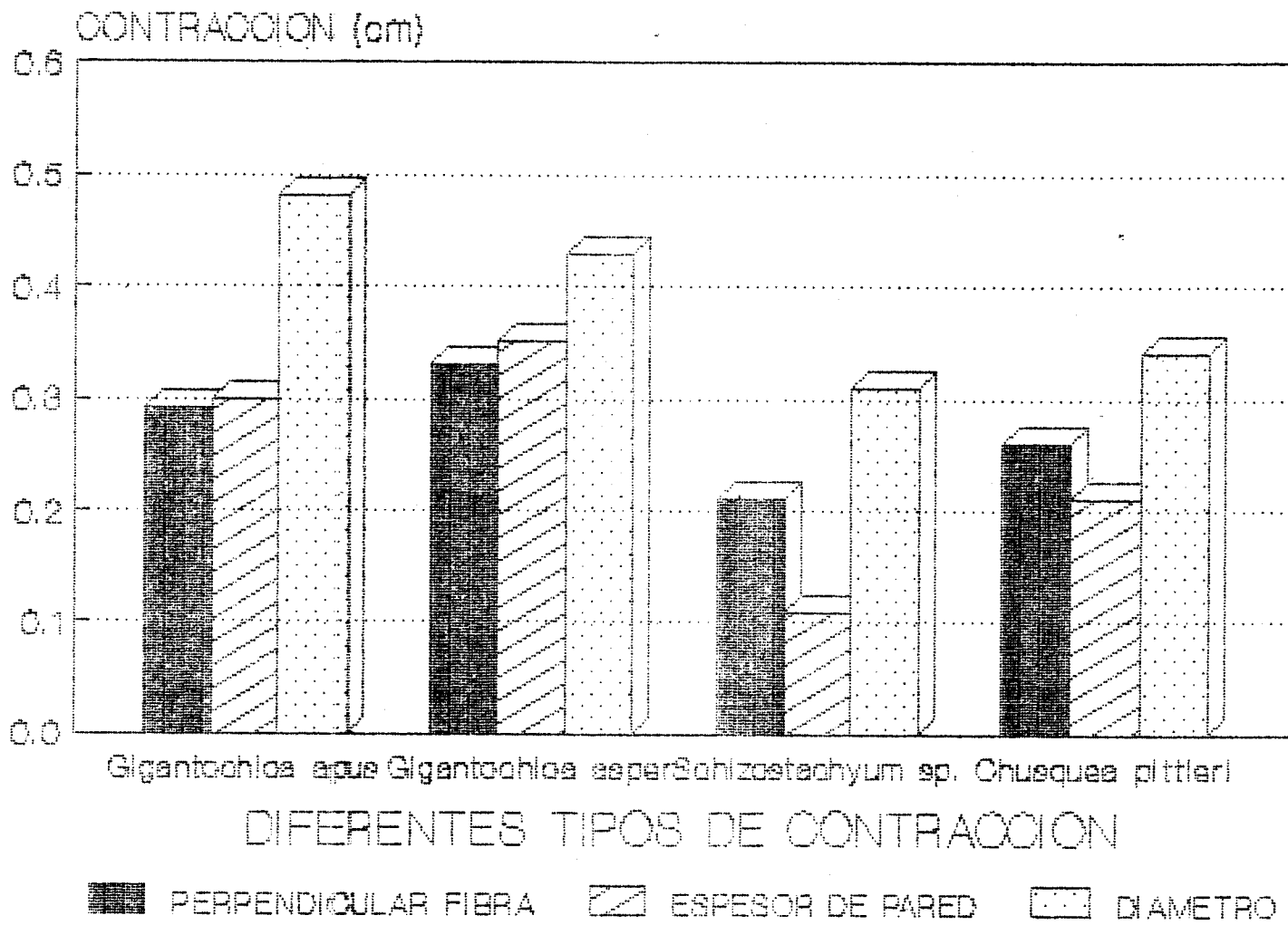
**FIGURA 1:** Representación Gráfica de las probetas elaboradas.-  
Según Normas ASTM.-



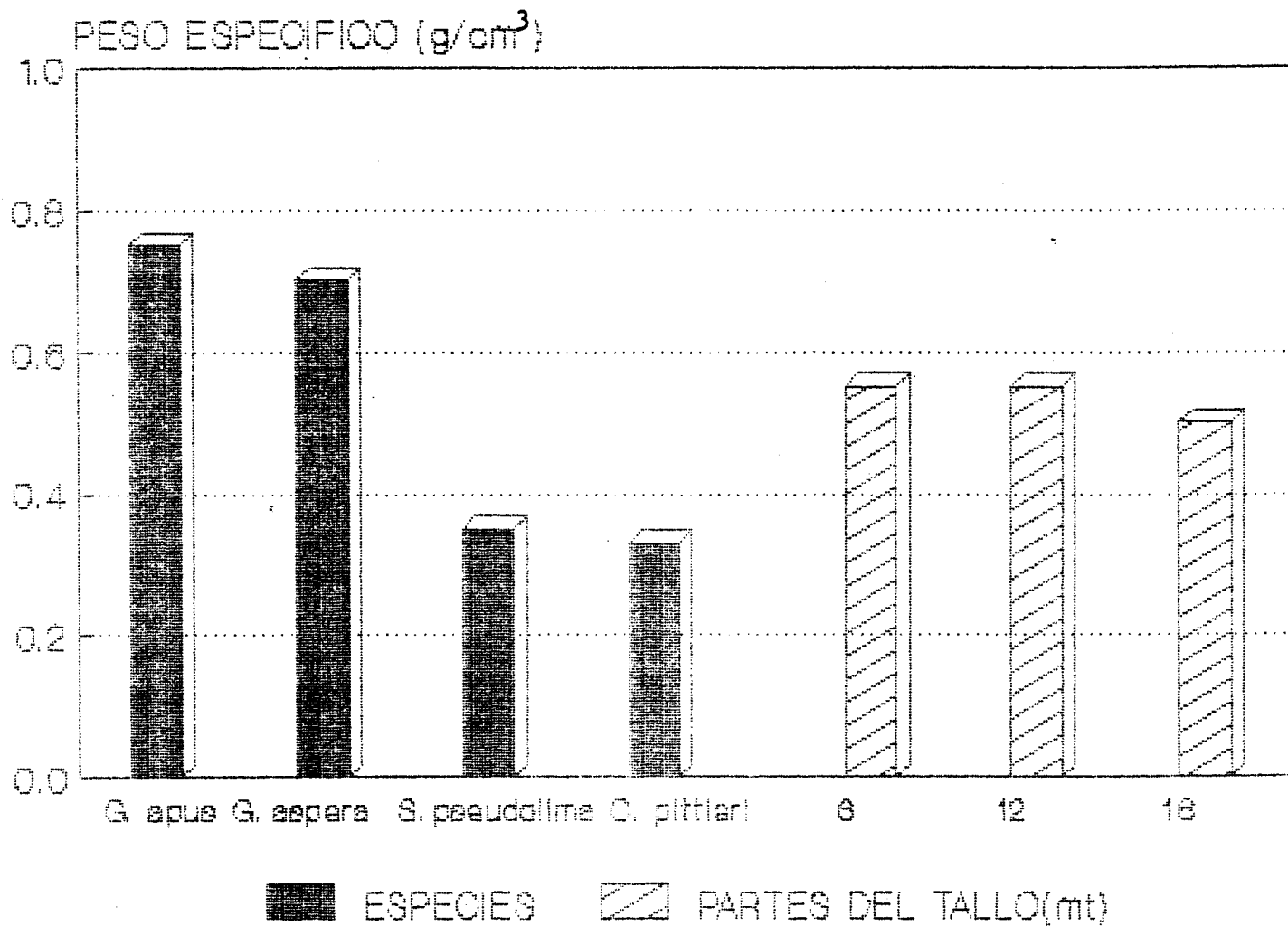
**FIGURA 2:** CONTENIDO DE HUMEDAD



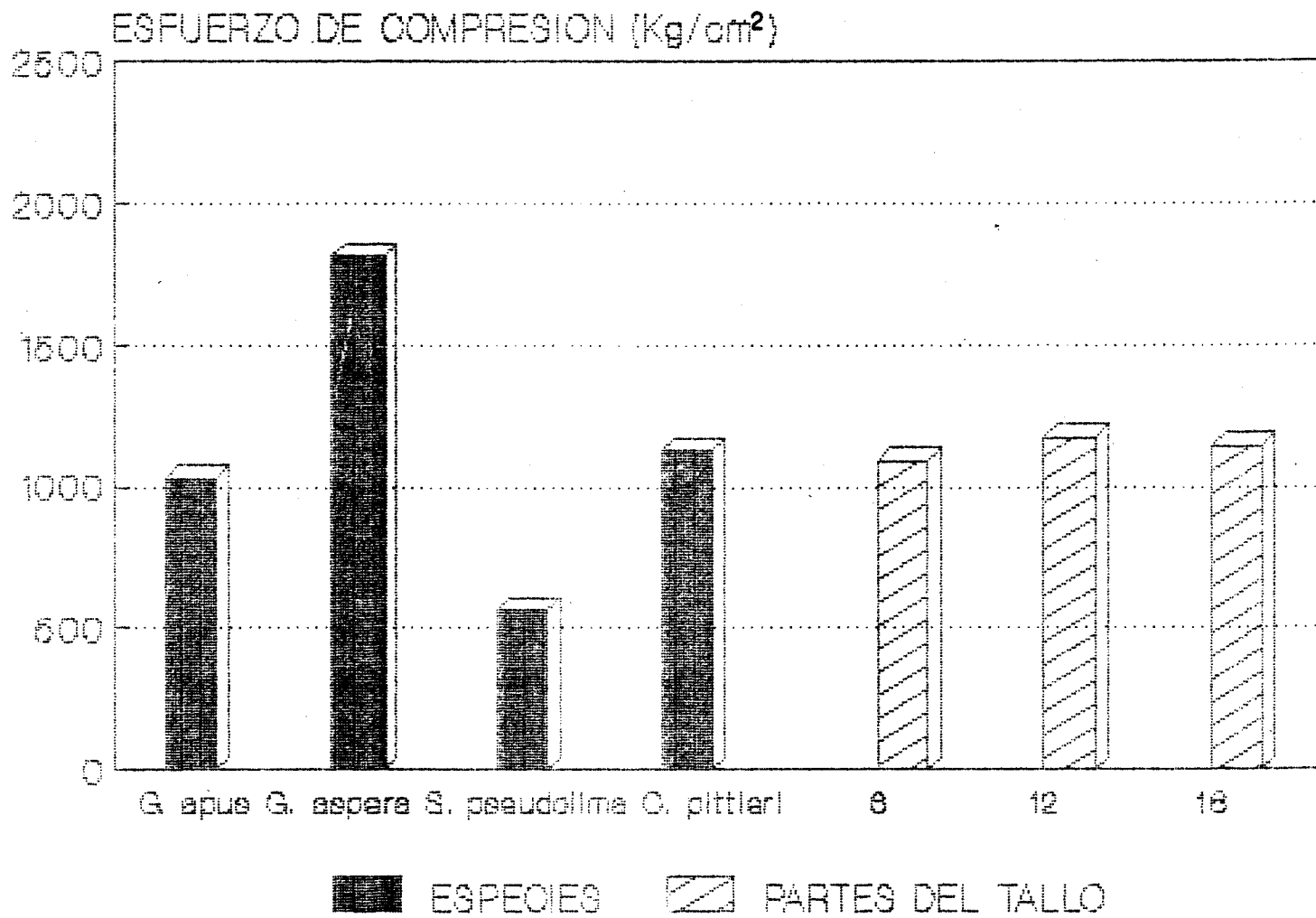
**FIGURA 3:** CONTRACCION DEL TALLO



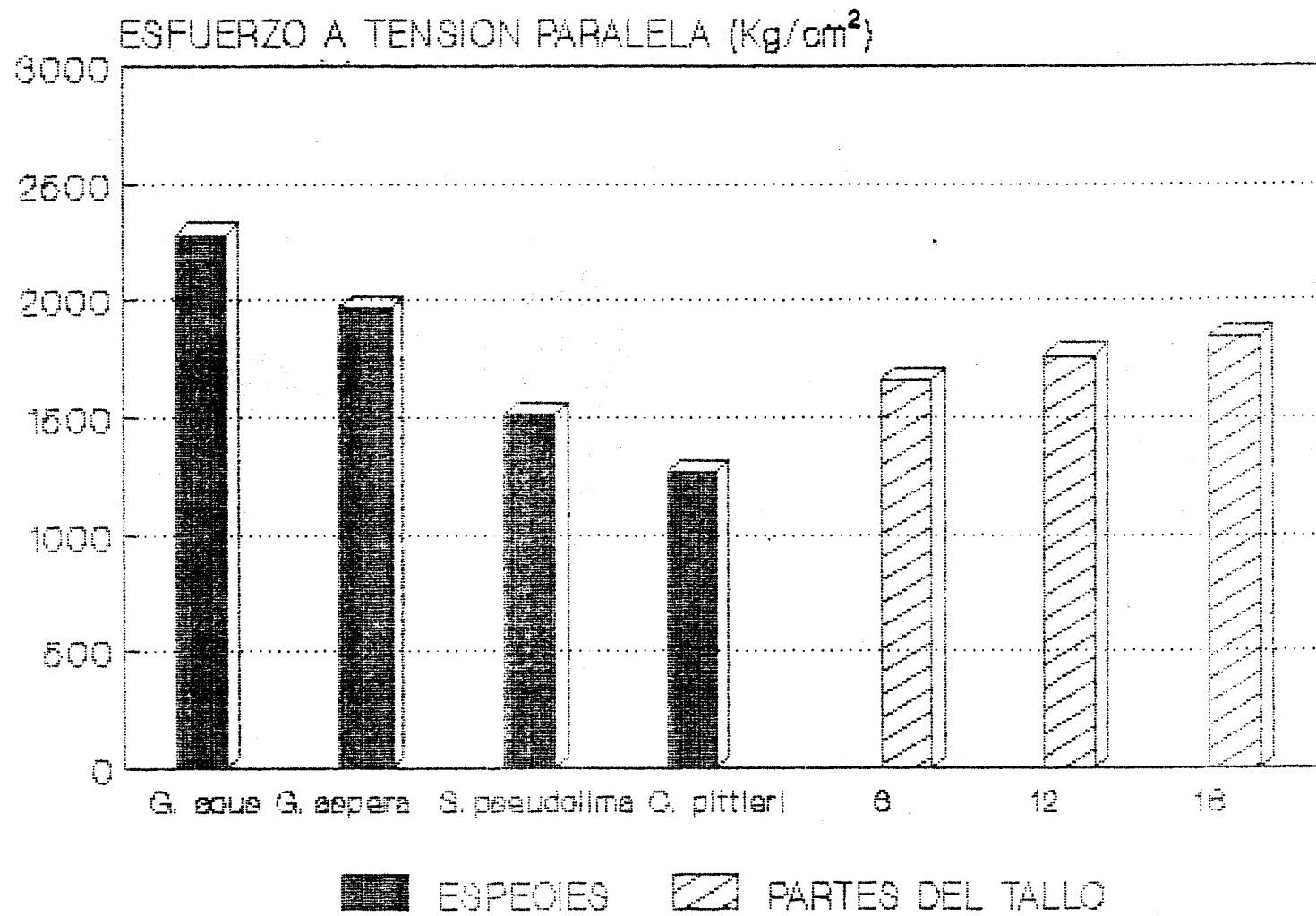
**FIGURA 4:** CONTRACCION POR ESPECIES



**FIGURA 5:** PESO ESPECIFICO



**FIGURA 6:** COMPRESION PARALELA



**FIGURA 7:** TENSION PARALELA



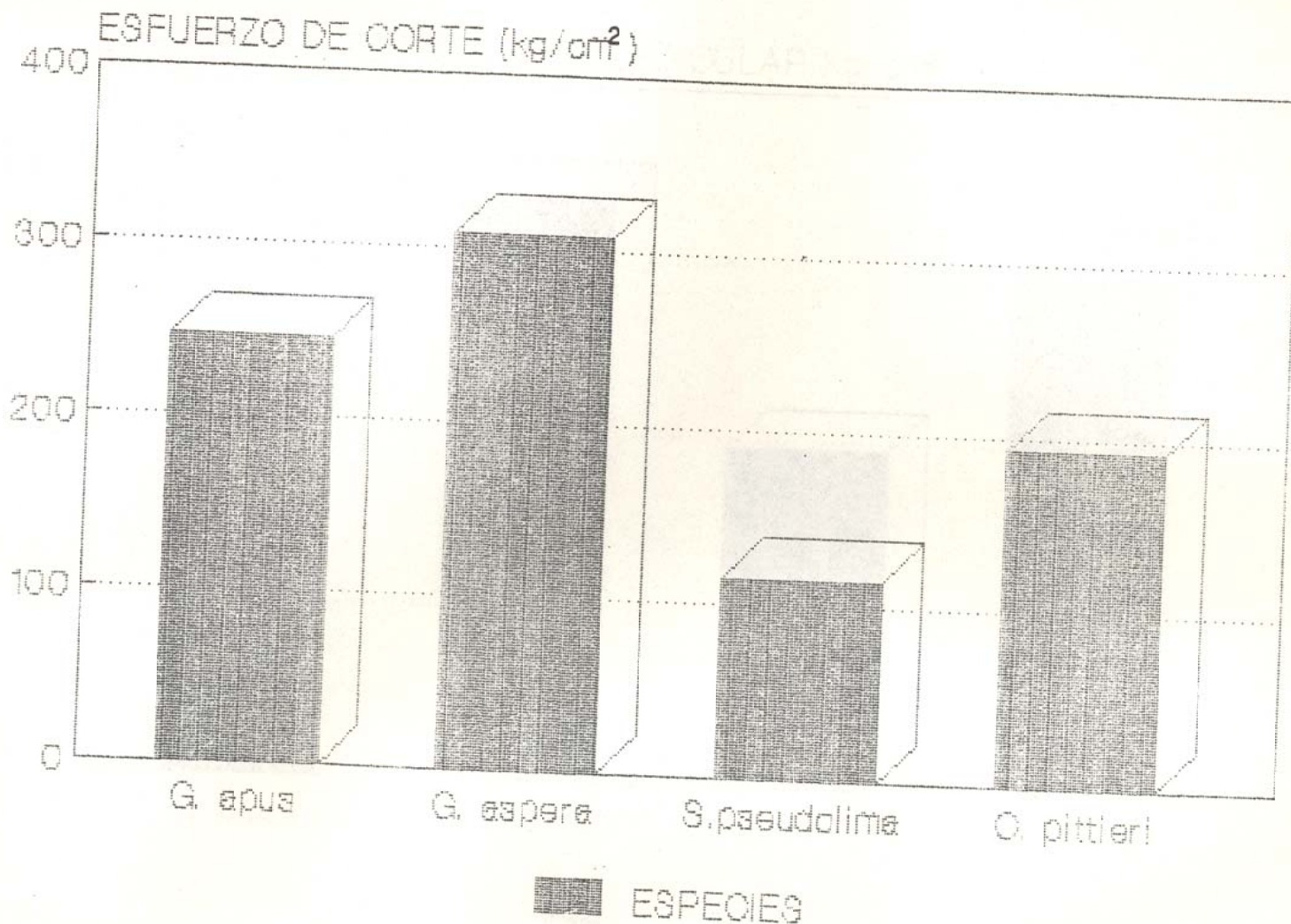
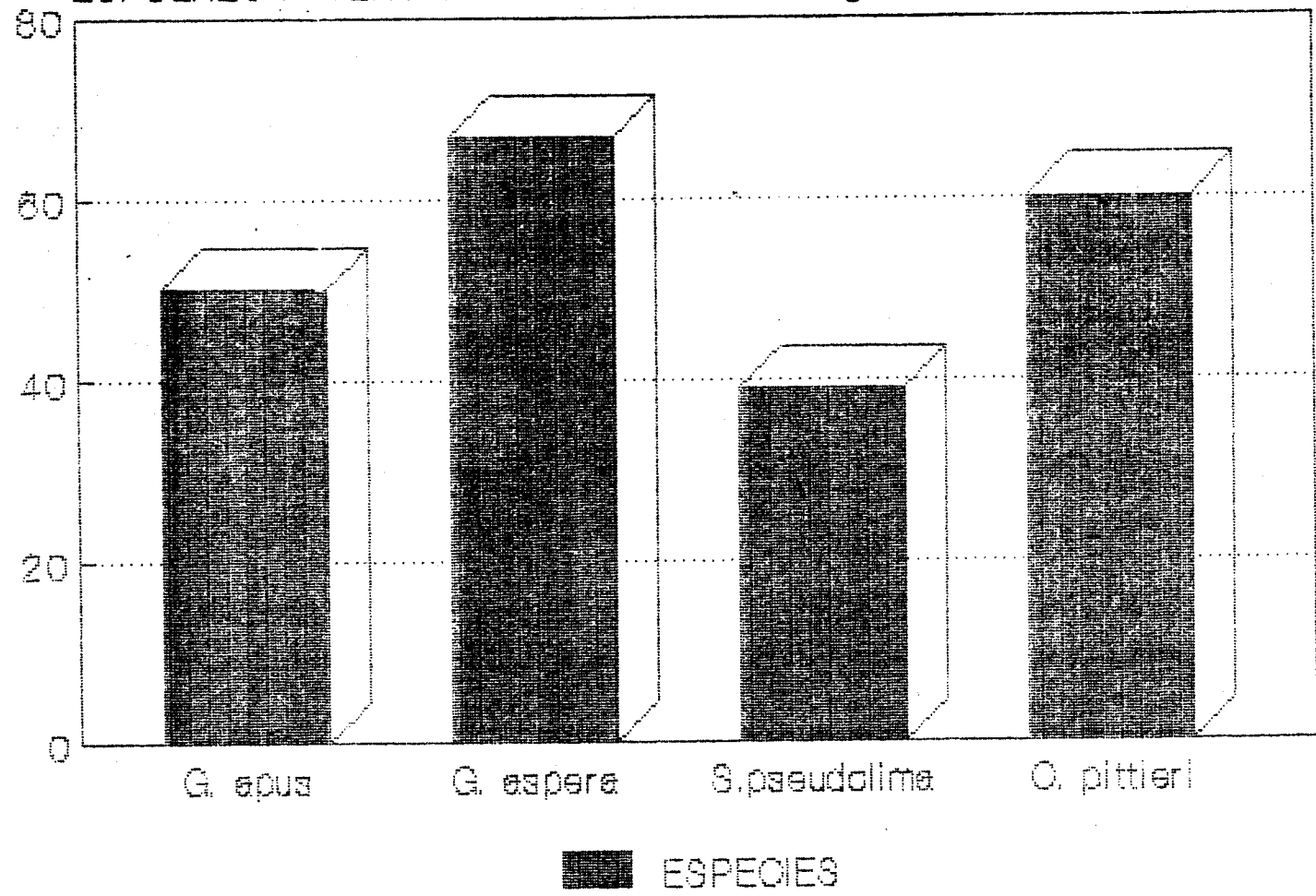


FIGURA 8: CORTE PARALELO A LA FIBRA

ESFUERZO A TENSION PERPENDICULAR Kg/cm<sup>2</sup>



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
LIBRERÍA

FIGURA 9: TENSION PERPENDICULAR

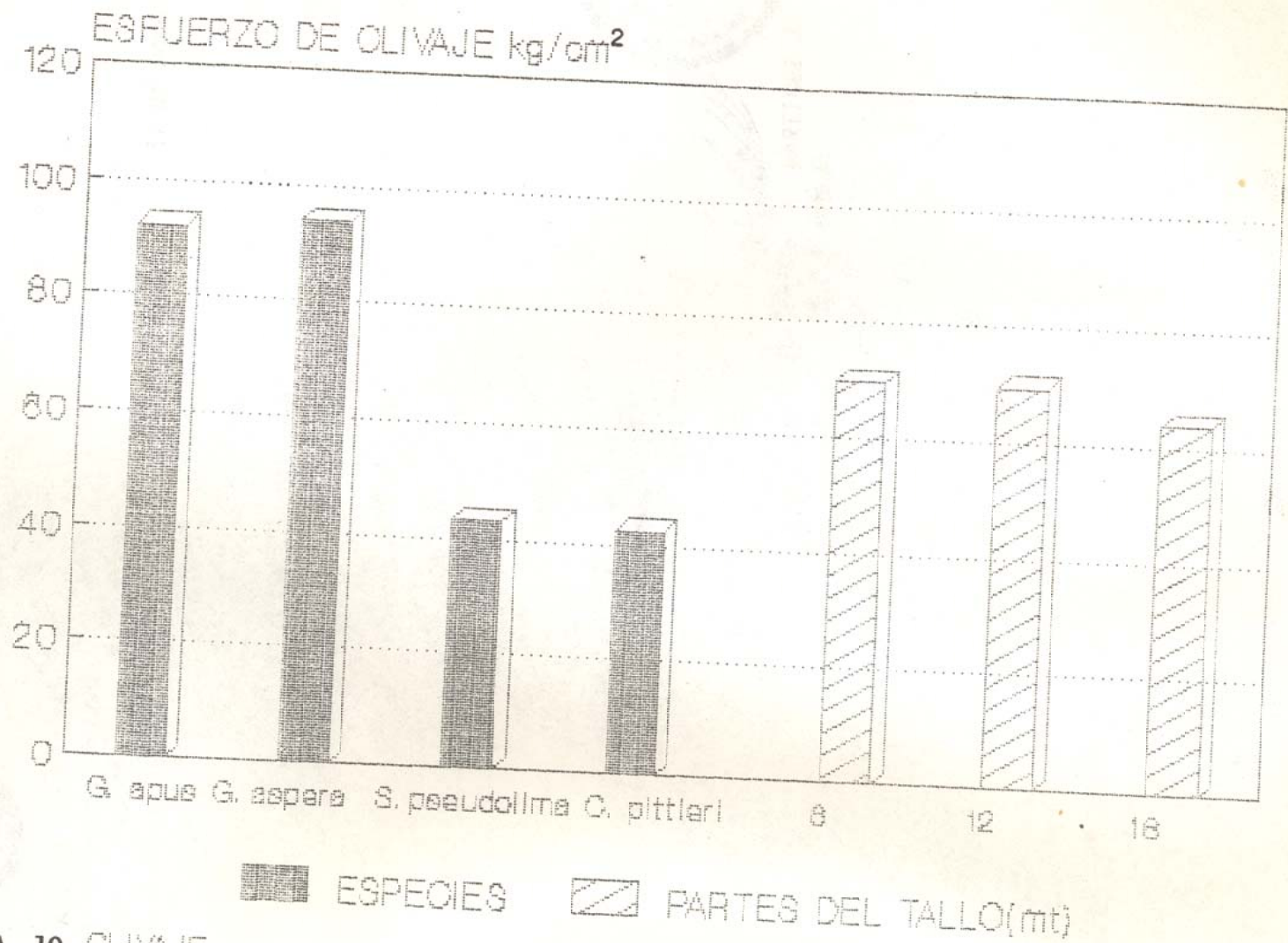


FIGURA 10 OLIVAJE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ACULTAD DE AGRONOMIA  
Ciudad Universitaria, Zona 12.  
Apartado Postal No. 1545  
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia \_\_\_\_\_  
Asunto \_\_\_\_\_

31 de mayo de 1,990

"IMPRIMASE"



*Anibal B. Martinez M.*

ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.  
**DECANO**

PROHIBIDO EL REEMBOLSO  
DEPOSITO LEGAL