

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**Caracterización histológica y evaluación
de propiedades físico mecánicas de la fibra
de Cashavara (*Desmoncus polyacanthos*
Martius) proveniente de una plantación del
distrito Jenaro Herrera, Loreto- Perú**

Presentado por:

Mariela Andrea López Gonzales

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL**

Lima - Perú
2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **MARIELA ANDREA LÓPEZ GONZALES**, intitulado “ **CARACTERIZACIÓN HISTOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA FIBRA DE CASHAVARA (*DESMONCUS POLYACANTHOS MARTIUS*) PROVENIENTE DE UNA PLANTACIÓN DEL DISTRITO JENARO HERRERA, LORETO- PERÚ** ”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 27 de diciembre de 2016

.....
PhD. **Carlos Reynel Rodríguez**
Presidente

.....
Ing. **Martín Araujo Flores**
Miembro

.....
Ing. **Neptalí Bustamante Guillén**
Miembro

.....
PhD. **Héctor Gonzales Mora**
Asesor

Mg. Sc. **Manuel Chavesta Custodio**
Coasesor

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este trabajo:

A mis padres, Víctor y Gilma, por creer en mí en todo momento, ser mi apoyo incondicional y haberme inculcado desde pequeña valores de perseverancia con amor.

A mis hermanas Rocío, Valeria y Claudia por brindarme siempre su respaldo y cariño.

A Frangi, mi compañero eterno, el que me motiva día a día a seguir mis metas con su entusiasmo, bondad y su hermosa manera de ver la vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, mi casa de estudios, y financista principal de la presente investigación.

Al Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, IIAP, por fomentar estudios sobre “cashavara”. y brindarme su apoyo en la logística del trabajo de campo. En especial a la investigadora M.Sc. Ximena Tagle, por su tiempo, paciencia y sobre todo confianza que me permitió empezar con este proyecto.

A mis asesores de tesis, PhD. Enrique Gonzales Mora y M.Sc. Manuel Chavesta Custodio, mi agradecimiento eterno, porque desde el primer momento, estuvieron prestos a ayudarme y brindarme su tiempo, su confianza, compartiéndome sus conocimientos, y sobre todo su amistad. Durante todo este tiempo pude ser testigo de su calidad de profesionales y sobretodo de seres humanos.

A los profesores M.Sc. Abelardo Calderón e Blga. Ysabel Prado, por compartirme sus conocimientos en cuanto a anatomía de palmeras.

A Helia Canayo y Lusmila Flores, artesanas del distrito de Jenaro Herrera, gracias a las que pude conocer el hermoso trabajo que se realiza con fibras naturales en ese distrito.

A David Huamán y Marco Panduro, por su valeroso apoyo durante la fase de laboratorio.

A todas las personas que de alguna u otra forma me apoyaron ya sea con su amistad o su tiempo durante esta etapa: Anita Altez, Milagros Castañeda, Cecilia Ballón, Badys Chuquizuta, Zarela Cerdán, Yanett Chumbimune, Juanita Del Águila, Jimmy Hidalgo, Catharine Lázaro, Ikeda Lora, Erika Pinto, Erick Suarez y Efraín Suarez. Grandes personas gracias a las que puedo tener hermosos recuerdos de mi etapa como tesista.

RESUMEN

La presente investigación pretende realizar una primera caracterización de las propiedades físico-mecánicas y anatomía de los estípites de *Desmoncus polyacanthos* “cashavara”. Una palmera cuya principal importancia económica radica en su potencial productivo de fibras, obtenidas de los estípites maduros, y cuya corteza es utilizada para hacer amarres de todo tipo o como material para complementar el tejido de canastos. Estípites maduros de la especie proveniente de una plantación en el distrito de Jenaro Herrera fueron sometidos a pruebas físicas (contenido de humedad y color) y mecánicas (tensión, alargamiento, TEA, torsión y plegado). Los ensayos fueron realizados a la parte periférica de los tallos, zona usada como esterilla para uso como material trenzable por concentrar el mayor porcentaje de fibras. Además, para evaluar el efecto de la humedad y el intemperismo en las propiedades mecánicas de las fibras, se realizaron evaluaciones en condiciones secas y húmedas, así como de muestras sometidas a envejecimiento acelerado respectivamente. La caracterización anatómica microscópica se realizó a estípites enteros en cortes transversales, así como la medición de elementos xilémicos. Se encontró que las propiedades físico-mecánicas del tallo en fibras de la palmera “cashavara” son comparables con otras fibras vegetales que actualmente se vienen comercializando en el mercado local para uso en cestería y mueblería. Se obtuvieron mejores resultados en los ensayos de Tensión, Alargamiento, TEA y plegado en fibras húmedas y sin envejecimiento. Finalmente, en cuanto a la caracterización anatómica, se pudo diferenciar tres zonas en cortes transversales: epidermis, córtex y cilindro central y se encontró que existe una variación cuantitativa de los haces vasculares desde la periferia hasta la zona central; la mayor proporción de fibras se encontró en los extremos.

Palabras clave: “cashavara”, anatomía, propiedades físico-mecánicas, humedad, envejecimiento

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. Introducción	1
II. Revisión de Literatura	3
1. Características generales de la especie	3
1.1. Clasificación taxonómica.....	3
1.2. Descripción general.....	4
1.3. Descripción botánica	4
1.4. Distribución y hábitat.....	5
1.5. Importancia económica y usos	6
2. Fibras vegetales	7
3. Anatomía del tallo de palmeras	9
3.1. Anatomía de especies del género <i>Desmoncus</i>	19
3.2. Anatomía de especies del ratán <i>Calamus</i>	23
4. Propiedades físico mecánicas en tallo de palmeras	27
4.1. Aspectos generales.	27
4.2. Estudios previos de Propiedades físico- mecánicas en <i>Desmoncus</i> y otras fibras vegetales.....	33
4.3. Influencia del contenido de humedad e intemperismo en la resistencia	37
III. Materiales y Métodos	39
1. Zona de estudio	39
1.1. Lugar de cosecha	39
1.1.1. Ubicación.....	39
1.1.2. Ecosistema.....	40
1.1.3. Temperatura y precipitación.....	41
1.2. Lugar de ensayos	41
2. Materiales y equipos	41
2.1. Primera etapa: Jenaro Herrera.....	41
2.2. Fase de laboratorio de Pulpa y Papel	42
2.3. Fase de laboratorio de Anatomía de la madera	42
2.4. Fase de procesamiento de datos.....	43
3. Metodología	43
3.1. Primera Etapa: Jenaro Herrera.....	43
3.1.1. Fase de campo	43
3.1.2. Fase de Gabinete	44
3.2. Segunda etapa: Lima.....	45
4. Diseño experimental	57
IV. Resultados y discusión	59
1. Características generales	59
2. Caracterización anatómica microscópica	60
3. Caracterización de Propiedades Físicas	71
3.1. Contenido de humedad.....	71
3.2. Color.....	73
3.3. Denier.....	74
4. Caracterización de propiedades mecánicas	75
4.1. Tracción	77
4.2. Porcentaje de Alargamiento.....	80

4.3.	Absorción de energía de tracción (TEA)	81
4.4.	Plegado	82
4.5.	Torsión	82
5.	Influencia de la humedad y el envejecimiento en las propiedades mecánicas	83
V.	Conclusiones	87
VI.	Recomendaciones	89
VII.	Referencias bibliográficas	91
VIII.	Anexos.....	101

Índice de tablas

	Página
Tabla 1:	Longitud y diámetro promedio para fibras de cinco palmeras 16
Tabla 2:	Longitud y ancho de fibras y vasos de Iriartera, Calamus y posibles sustitutas .. 17
Tabla 3:	Valores promedio de los vasos del metaxilema para especies del género <i>Desmoncus</i> 21
Tabla 4:	Diámetro y número de vasos de xilema para especies del género Calamus 24
Tabla 5:	Valores promedio de longitud y ancho de fibras de especies del género Calamus 26
Tabla 6:	Propiedades mecánicas de <i>Calamus manan</i> y <i>Desmoncus quasillarius</i> 34
Tabla 7:	Propiedades mecánicas de compresión y flexión en tallos de <i>Desmoncus orthocanthos</i> 35
Tabla 8:	Diseño experimental: variables Independientes y Dependientes..... 57
Tabla 9:	Características cuantitativas de los once estípites de <i>Desmoncus polyacanthos</i> cosechados 59
Tabla 10:	Valores promedio de los elementos xilemáticos por estípite evaluado 70
Tabla 11:	Valores de contenido de humedad para la especie <i>Desmoncus polyacanthos</i> en condición verde y seca al aire. 71
Tabla 12:	Contenidos de humedad promedio de especies de trepadoras leñosas y no leñosas usadas en mueblería 72
Tabla 13:	Colores de muestras de estípites maduros de “cashavara” 73
Tabla 14:	Valores promedios de propiedades mecánicas de Tracción, Alargamiento y TEA, plegado y Torsión bajo dos condiciones de humedad y envejecimiento.... 75
Tabla 15:	Valores de Análisis de Varianza para las propiedades mecánicas de Tracción, Alargamiento y TEA 76
Tabla 16:	Valores de la prueba de Tukey para las propiedades mecánicas de Tracción, Alargamiento y TEA bajo dos condiciones de humedad y envejecimiento 77
Tabla 17:	Valores de resistencia a la tracción de fibras vegetales 78
Tabla 18:	Comparación de porcentaje de alargamiento de la fibra de “cashavara” con otras fibras comerciales en estado seco y húmedo. 81

Índice de figuras

	Página
Figura 1: Estípites de “cashavara”.....	4
Figura 2: Vista microscópica de un corte transversal de estípites de palmeras.	11
Figura 3: Elementos traqueales amplios de metaxilema tardío aislados, con paredes terminales en orden de especialización creciente.	13
Figura 4: Sección longitudinal de metafloema mostrando placas cribosas compuestas muy oblicuas en <i>Washingtonia robusta</i>	15
Figura 5: Tipos de tejido parenquimático fundamental.	18
Figura 6: Sección transversal del estípite de “cashavara”.....	19
Figura 7: Haces vasculares en sección transversal.....	20
Figura 8: Representación gráfica de la variación de espesor de pared y diámetro de lumen a lo largo de estípites de <i>Desmoncus polyacanthos</i>	22
Figura 9: Serie de elementos del protoxilema con pared helicoidal en un solo haz amplio de <i>ratán</i> . Escala 100 μm	25
Figura 10: Células de parénquima asociado.....	26
Figura 11: Carga vs. Deformación.....	30
Figura 12: Fibra de algodón.....	32
Figura 13: Fibra de alpaca.....	32
Figura 14: Tendencia radial de Esfuerzo máximo de tensión en relación a la posición del tallo en cinco especies de <i>ratán</i>	36
Figura 15: Ubicación de la plantación de <i>Desmoncus polyacanthos</i> Martius.....	39
Figura 16: Disposición de fajas en la plantación de “cashavara”, en Supay Braga-Distrito de Jenaro Herrera.	40
Figura 17: Esquema representativo de la sección transversal de muestras para ensayos de propiedades mecánicas.	44
Figura 18: Secuencia de desfibrado manual de estípites de “cashavara”.....	45
Figura 19: Muestras de 5 cm de longitud para determinación de contenido de humedad....	46
Figura 20: Dimensionamiento final de las muestras para ensayos mecánicos.....	48
Figura 21: Ensayo de tensión.....	49
Figura 22: Aparato tipo MIT para determinación de resistencia al plegado.	51
Figura 23: Procedimiento previo de ensayo de muestras húmedas.	52
Figura 24: Muestras de estípites de “cashavara” en cámara de envejecimiento acelerado....	53

Figura 25:	Secuencia metodológica de caracterización Anatómica y de Propiedades físico-mecánicas de la fibra de “cashavara” (<i>Desmoncus polyacanthos</i>).....	56
Figura 26:	Diferenciación de tres regiones del tallo.	61
Figura 27:	Epidermis y CórTEX en estípite de “cashavara”	61
Figura 28:	Cilindro central del estípite de “cashavara”	62
Figura 29:	Haz vascular aislado del cilindro central.	63
Figura 30:	Haces vasculares en la zona periférica del cilindro central.....	64
Figura 31:	Haces vasculares en la zona centro del cilindro central	64
Figura 32:	Elementos de los vasos del xilema	66
Figura 33:	Porción de haz vascular en sección transversal con un solo campo floemático. Barra 100 μm	67
Figura 34:	Fibras aisladas de <i>Desmoncus polyacanthos</i>	68
Figura 35:	Tejido fundamental	69
Figura 36:	Fibras de “cashavara” con y sin presencia de mancha	74

Índice de anexos

	Página
Anexo 1 Mediciones de elementos xilemáticos de los 11 Estípites de “cashavara”	101
Anexo 2 Número de vasos del Protoxilema.....	111
Anexo 3 Datos de ensayo	112
Anexo 4 Resultados ensayos de tensión, alargamiento y TEA (húmedo y seco).....	130

I. INTRODUCCIÓN

La manufactura de muebles, a partir de productos forestales no maderables como las fibras vegetales, es una actividad antigua que ocupa mano de obra y genera ingresos económicos a muchas familias de pequeñas localidades; sin embargo, esta no ha progresado debido a diversos factores que limitan su desarrollo: el mercado todavía es pequeño y no se cuenta con mucha información respecto a las propiedades y calidad de las fibras. La exportación de materiales trenzables, representan tan solo el 0,0005 % de las exportaciones de productos no maderables en el país, según MINAM-DGFFS (2013), pero localmente, IIAP (2014) en un estudio de mercado realizado en Iquitos, se encontró que el mercado de muebles con fibras naturales se encuentra en crecimiento.

La especie *Desmoncus polyacanthos Martius*, conocida como “cashavara” en la Amazonía Peruana, se encuentra de forma natural en áreas que se inundan estacionalmente (Henderson et al., 1995). Esta palmera se caracteriza por ser monoica, trepadora, formar una mata a veces muy densa y presentar tallos flexibles que alcanzan las copas de los estratos medios del bosque (Torres s.f). El género *Desmoncus* ha sido considerado como el equivalente americano de las palmeras trepadoras del Viejo Mundo, en especial se la compara con el ratán (*Calamus sp.*), fibra de gran demanda y alto valor económico (Henderson et al., 1995), pues mencionan encontrar propiedades físicas y características ecológicas similares entre ambas (Isnard et al. 2005). Por ello, el uso de la fibra de esta palmera podría ser considerado una alternativa para generar beneficios económicos en comunidades, en donde las actividades de agricultura y ganadería son practicadas de manera deficiente. Si bien en algunos lugares se da uso a las fibras extraídas de los estípites de “cashavara” obteniendo muy buenos beneficios económicos, aún es escasa la información de las propiedades de resistencia, siendo considerada incluso como una maleza para muchos pobladores.

Debido a que algunos estudios sugieren los altos beneficios económicos que se podrían obtener con el manejo adecuado de productos forestales no maderables (FAO, 1996), al creciente interés por parte del sector industrial nacional por las fibras vegetales para su uso en mueblería, al déficit que existe en la actualidad para cubrir esta demanda interna, y a la

falta de información científica sobre fibras vegetales; la presente investigación realiza el estudio de las propiedades físico mecánicas y anatomía de la especie *Desmoncus polyacanthos* Martius proveniente de una plantación en el distrito de Jenaro Herrera-IQUITOS, con la finalidad de generar una caracterización inicial de la especie que sirva como fundamento científico-teórico para futuras decisiones sobre su uso. Además, se realiza la evaluación de la influencia de la humedad y del envejecimiento acelerado en las propiedades mecánicas de las fibras, teniendo en cuenta que los artesanos recomiendan realizar el trenzado con fibras frescas o en condición saturada y que, en ocasiones, los muebles de fibra vegetales son expuestos al intemperismo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE

1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

En cuanto al género *Desmoncus*, Uhl y Dransfield, citado por Torres (2003) consideran alrededor de 60 especies dentro del género, Henderson et al. (1995) sólo 7 con 7 variedades (Escalante, 2000) mientras que Pérez y Rebollar (2008) hacen mención de 64 especies distribuidas desde el sur de México hasta Brasil y Bolivia, siendo la mayoría de las especies sudamericanas.

Según Henderson et al. (1995), Khan y Moussa (1994), *Desmoncus polyacanthos* posee la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Liliopsida
- Orden : Arecales
- Familia : Arecaceae
- Sub familia : Arecoideae
- Tribu : Cocoeae
- Subtribu : Bactridinae
- Género : *Desmoncus*
- Especie : *Desmoncus polyacanthos* Martius

1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Khan y Moussa (1994), describe a la especie localmente conocida como “cashavara” o “vara casha”, como el único género de palmas trepadoras en el trópico americano. Se caracteriza por formar una macolla no muy densa, cuyos estípites flexibles alcanzan las copas del estrato medio del bosque, a través de sus hojas cuyo ráquis termina en un apéndice en forma de garfios reflexos, apoyándose para ello en los árboles más cercanos (Henderson et *al.* 1995, Torres 2003). A su vez, Escalante (2000) la describe como parte de un género de fácil reconocimiento por ser muy espinosa y de hábito trepador.

Según Isnard et *al.* (2005), un estípite se reconoce como "maduro" y listo para la cosecha cuando es flexible y puede soportar cualquier ángulo de flexión. Además, estos tallos maduros son de claro a marrón oscuro y en algunos casos casi negro.

1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Isnard, et *al.* (2005) menciona que un individuo (mata) puede tener entre 1 a 40 estípites al mismo tiempo, con un crecimiento promedio de 1,5 m por año, logrando alcanzar hasta 13 m de longitud y hasta 1,3 cm de diámetro por estípite. Souza (2012), encontró valores máximos de 14,46 m de longitud aprovechable y diámetros de 0,66 cm en la base y 0,65 cm en el ápice. También Torres (2003) describe individuos cuyo número de tallos puede llegar a 105 por mata, y con diámetros que oscilan entre 0,5 a 2,5 cm (Ver Figura 1).



a) Una mata (individuo) con 6 estípites de “cashavara” b) Un estípite de “cashavara”

Figura 1: **Estípites de “cashavara”.**

FUENTE: IIAP (2014)

Según Souza (2012), sus tallos no suelen alcanzar diámetros grandes, son caracterizados como estrechos o finos y clasificados como calamiforme. Poseen finas espinas de hasta 6 cm de largo que cubren regularmente los tallos (Torres, 2003). Para trepar por las plantas sostenes, esta especie utiliza sus hojas. (Torres et al. 2010).

Posee **inflorescencias** con el raquis generalmente engrosado, estrechamente espaciados y en forma de espiral con respecto al raquis, cada raquis sujeto por bracteas agudas y protuberancias de glándulas; pedúnculos 3.5 mm de ancho; brácteas pedunculares de 26.3 cm largo, amplios, escasamente cubierto con espinas cortas, con la base notablemente agrandada y firme, orientadas diagonalmente, con sección transversal triangular, marrón blanquecino, marrón distal, con márgenes tomentosos, raramente con espinas o ausentes; raquis proximal de 7.4 cm de largo, 1.1 mm de ancho; de 5 a 6 estambres; **frutos** de 16.4 mm largo, 11.9 mm de ancho, las superficies lisas, sin fibras subepidérmicas; corolas de fructificación en menos de la cuarta parte a lo largo de los frutos, se dividen irregularmente en 3 lóbulos; endocarpos globosos a ovoboides con ápices redondeados, poros laterales no equidistantes, los poros cerrados latitudinalmente. (Portal WEB: Palm Web).

1.4. DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

Desmoncus es un género neotropical de palmas trepadoras que se distribuye desde el sur de Brasil y Bolivia hasta el sur de Veracruz, México, y en el caribe excepto en Trinidad y Tobago (Henderson et al., 1995; Hubschmann et al., 2007). Habitualmente se encuentra en los bosques inundables de la Amazonía Peruana (Torres et al. 2010), específicamente Khan y Moussa, (1994) mencionan que *D. polyacanthos* se encuentran en los departamentos de Loreto (Maynas, Requena, Jenaro Herrera, Supay Río Ucayali), Madre de Dios (Tambopata), San Martín (Mariscal Cáceres) y Ucayali (Coronel Portillo).

En cuanto a su hábitat, la especie se encuentra típicamente en vegetación secundaria derivada de selva alta o mediana perennifolia y de áreas perturbadas de la selva lluviosa (Pérez y Rebollar, 2008). Khan y Moussa, (1994) señalan que crece en zonas inundables de la Amazonía y en suelos entisoles, su requerimiento de iluminación es moderada, por ello son capaces de subir el dosel a más de 10 m. de altura, tendiendo a crecer junto a los caminos, a lo largo de los arroyos (Isnard et al., 2005). Además, Henderson et al. (1995) menciona que las matas adultas preferentemente se encuentren en pequeños claros del bosque. Durante la época de inundación, se ve afectado periódicamente por las aguas de los ríos, pero logra recuperarse rápidamente. (Torres et al. 2010).

1.5. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y USOS

Todas las lianas silvestres son potencialmente productos forestales no maderables (PFNM). Son una alternativa para promover la conservación de las áreas naturales, y el desarrollo de las comunidades humanas que la habitan (Escalante 2004).

La principal importancia económica de esta especie radica en su potencial productivo de fibras, obtenidas de los estípites maduros. Su uso principalmente ha sido reportado para comunidades indígenas de Perú, que elaboran diferentes utensilios tejidos con su fibra; sin embargo, la actividad principal para dichas comunidades es la comercialización del tallo a pequeñas industrias manufactureras de muebles y cestas (Henderson y Chavez, 1993).

Los tallos son muy resistentes y la corteza es utilizada para hacer amarres de todo tipo o como material para complementar el tejido de canastos y cernidores, la parte aprovechable es la corteza ya que la zona céntrica del estípite es de aspecto suave tipo corcho lo que imposibilita su uso como fibra vegetal (Galeano, 1992).

En cuanto a la industria del mueble, según Torres (s.f) principalmente su uso se da como complemento de los espaldares y asientos conocidos como “esterillados”. Si bien varios autores afirman que la fibra de “cashavara” tiene características similares al ratán *Calamus sp*, los tallos no son particularmente resistentes cuando se doblan, por ello no son usados para la fabricación de muebles completos y solo se utiliza como esterillado. En el mercado local la otra fibra que también compite con la “cashavara” es el tamshi y huambé, siendo la primera la que presenta propiedades que le otorgan una ventaja comparativa en cuanto a duración, además de su mayor elegancia. (Guevara, 2011).

Baluart (2000), reporta que la fabricación de muebles de esta especie en la zona de Iquitos se realiza en forma casera; es decir, sin infraestructura especializada ni equipos industriales, además su fabricación puede hacerse en estado verde o ya deshidratado. La materia prima procede de diferentes lugares de la región Loreto, la mayor parte se extrae de los bosques cercanos al río Nanay y de las quebradas principales; y una cantidad considerable proviene de la parte baja del río Amazonas. La cosecha de “cashavara” generalmente consta de 10-25 Kg de tallos frescos, lo cual en promedio llega a ser entre 4-8 kg de tallos secos. Los productores generalmente cortan los tallos por la mitad y los enrollan en madejas de 500g aproximadamente; las cuales miden entre 5-8 m de largo (Henderson y Chávez 1993; Hübschmann et al., 2007; Guevara, 2011). Los productores consideran que el

tiempo límite para procesar la fibra es una semana, de lo contrario los tallos se endurecen y pierden su valor. Sin embargo, Hübschmann et *al.*, 2007 también menciona que las fibras colectadas pueden llegar a secarse sin que eso conlleve a un daño en su calidad; en caso lleguen a secarse demasiado, estas pueden ser empapadas en un recipiente con agua para recuperar su flexibilidad. Es por esta razón que su uso para tejidos se da indistintamente: preferentemente en estado fresco (recién cosechado) caso contrario sumergidas en agua.

Los productos más comunes en que se viene utilizando la fibra en la ciudad de Iquitos son para la elaboración de asientos y respaldares para sillas de comedor, sillones o sofás, tanto para exteriores como interiores. Otros usos que se le da a los tallos es como cuerda para atar, y como tendadero para la ropa (Balslev et *al.*, 2008), y en la elaboración de objetos para almacenar, transportar y procesar alimentos.

En cuanto a los frutos, en algunos casos son utilizados como cebo para la pesca, además se puede raspar el exocarpo y a la semilla se le da una tonalidad brillante para la confección de collares. (Galeano, 1992).

2. FIBRAS VEGETALES

Según FAO (2009) las fibras naturales son elementos alargados producidos por plantas y animales, que se pueden hilar para obtener hebras, hilos o cordelería. En tejidos, en esteras o unidas, forman telas esenciales para la sociedad. Las fibras naturales pueden ser de origen animal, vegetal o mineral, las primeras comprenden principalmente las fibras proteínicas queratinizadas (lana y pelos) y las fibras proteínicas no queratinizadas (seda). Entre las segundas se hallan fibras llamadas seminales (algodón, kapok) liberianas (lino, cáñamo, yute, ramio) y las fibras llamadas duras, de las hojas o de los troncos (sisal, coco). La fibra de origen mineral es el amianto (crisólito). (Egas, 2010).

Los órganos, las secciones y las fibras de las plantas son denominados fibras vegetales, estas se pueden definir como todos los elementos vasculares que hacen parte de los tejidos orgánicos de las plantas, y constituyen su esqueleto. Los factores que definen el nivel de consistencia de cada una de las fibras dependen del órgano o tejido del cual sean extraídos y del grado de unión entre ellos. (Linares et *al.*, 2008).

Las especies productoras de fibras vegetales pueden ser de origen leñosas y no leñosas. Las especies de plantas no leñosas más utilizados para obtener fibras pertenecen al grupo de las

monocotiledóneas angiospermas tales como algodón, sisal, bambú, entre otros (Ilvessalopfäffli, citado por Souza 2012).

MINCETUR (2015) menciona que entre las especies vegetales más usadas se encuentran la totora, el bombonaje y el maguey con los que se tejen petates, esteras, sombreros y una serie de cestos y bolsas de uso cotidiano. Menciona como las fibras menos flexibles al laurel, el sauce y el tamshi de la selva, con los que siempre se han tejido muebles cestos, canastos y carteras.

En un estudio realizado por Macia (2006) sobre las plantas de fibra en Ecuador, Perú y Bolivia, en total se encontraron 67 especies pertenecientes a 24 familias de plantas vasculares. Las familias con un mayor número de especies fueron Poaceae, Arecaceae, Asteraceae, Fabaceae y Malvaceae. Las categorías de uso que tuvieron un mayor número de especies fueron cestería, cordelería, techado de casas y fabricación de escobas. Las monocotiledóneas o plantas de fibra dura tuvieron mayor importancia comercial que las dicotiledóneas o plantas de fibra blanda. En Ecuador se registró el mayor número de especies de plantas de fibra y el mayor número de especies comercializadas.

En tanto, según FAO (1996) la gramínea llamada carrizo (*Arundo donax*), constituye una de las principales materias primas para la artesanía cuyo producto la "estera" es usada como material de construcción de gran demanda en las zonas urbano-marginales del Perú. El mimbre (*Salix viminalis*) se emplea en Chile para la producción de muebles, canastas y artesanías; la mayor concentración de superficie cultivada con la especie se encuentra en la zona Central. En Venezuela y Colombia, se cosecha el chiqui-chiqui (*Leopoldinia piassaba*), fibra que se utiliza para la confección de escobas y cepillos por su alta resistencia natural y el moriche o aguaje (*Mauritia flexuosa*); además de acuerdo con los datos registrados por Linares, et al. (2008), los artesanos colombianos utilizan 114 especies de plantas para extraer fibras vegetales, de las cuales las más importantes son el algodón y el fique, y 90 de ellas son usadas para cestería. Dentro de las fibras utilizadas en Cuba, está el quaniquique (*Trichostigma octandrum*) que es un bejuco o planta trepadora, que vive diseminada en áreas boscosas y cafetaleras, esta planta es utilizada para la elaboración de canastas que se emplean en la cosecha de café, frutas y otros productos del agro; también se fabrican muebles y adornos para el hogar como lámparas, floreros y afiches. Por último, entre las principales fibras en Honduras se tiene: la manoca (*Orbiginia cohune*), bayal (*Desmoncus spp.*), junco (*Carludovica palmata*. y suyate (*Paurotis wrightii*).

En cuanto a las fibras vegetales utilizadas para elaboración de muebles, en la actualidad, se emplean dos tipos de fibras: las rígidas como el *mimbre, ratán, yaré, bejuco y bambú* que generalmente, se utilizan entrelazadas para lograr rigidez y fuerza en las partes del mueble, además de facilitar su transporte por bajo peso; y las semirígidas, entre las que se destacan la *caña flecha, esparto, iraca, yute, fique, coco, calceta de plátano y el junco*. (Nuñez, 2010).

Según Baluarte (2000) en una encuesta realizada a artesanos en la región de Iquitos, las principales especies utilizadas para la fabricación de muebles a partir de productos forestales no maderables son: tamshi (*Thoracocarpus bissectus*), huambé (*Philodendron solimoesense*). Algunos utilizan “cashavara” (*Desmoncus* sp.) y en pequeña cantidad, uña de gato (*Uncaria guianensis, Uncaria tomentosa*).

En cuanto a técnicas para mejorar la durabilidad de las fibras para el uso de muebles, un estudio realizado en Iquitos encontró que para “cashavara”, el mejor tratamiento post cosecha fue sumergir las varas en agua hervida, el valor medio fue 11.67 días de durabilidad, y en rollos sumergidos en aceite quemado con 11 días. Los menores promedios se obtuvieron en rollos y varas sin tratamiento con 7.33 y 6 días de durabilidad respectivamente (Torres y Espinoza 2010).

3. ANATOMÍA DEL TALLO DE PALMERAS

Las palmeras pertenecen a la familia Palmae (Arecaceae) de las monocotiledóneas; representada aproximadamente por 198 géneros con más de 2650 especies, distribuidas principalmente en regiones de los trópicos y subtrópicos. Se caracterizan por presentar ejes generalmente erguidos y de sección circular, algunos desprovistos de elementos de sostén, mientras que otros, son muy ricos en esclerénquima, fibras y esclereidas (Espinoza y Melandri, 2000). Según Rich (1987) su estructura se diferencia de las dicotiledóneas en que normalmente los haces vasculares están dispersos, y en pocos casos, dispuestos en círculos concéntricos por todo el tejido fundamental del tallo; además, tienen una estructura característica en V o U con el xilema en disposición centrípeta y el floema en disposición centrífuga. Fahn (1978) agrega que ambos, tanto el xilema como el floema, se encuentran dentro de un mismo haz, el primero ubicado hacia la parte interna y el segundo hacia la parte externa del tallo.

Tomlinson (1961) menciona la existencia de cuatro tipos de tallos en palmeras:

- Solitarios columnares (Ejm: *Ceroxylon*, *Hyphaene*)
- En manojos o grupos (Ejm: *Bactris*, *Chamaedora*)
- Trepadores (Ejm.: *Calamus*, *Desmoncus*, *Daemonorops*)
- Cortos con entrenudos muy cercanos (Ejm.: *Serenoa*, *Nypa*).

Estructura primaria del tallo de palmeras

El tallo en palmeras es generalmente cilíndrico y las secciones transversales muestran tres zonas según Tomlinson citado por Quiroz et al. (2008): La primera es una zona periférica que consiste en la **Epidermis y sub-epidermis**; la segunda es la zona interna conocida como **córtex**, que consiste en tejido vascular reducido, denso y muy lignificado con fibras y la tercera es el **cilindro central**, este último se divide en cuatro regiones: la periferia, la subperiferia, pericentral y las regiones centrales; cuya descripción es la siguiente:

a) Epidermis

Muy uniforme y a menudo totalmente cutinizada. Sus células son generalmente cúbicas y rara vez columnares, presenta pocos estomas o inexistentes, excepto en tallos verdes. A veces por debajo de la epidermis existe una zona de células que conforman la hipodermis (Quiroz et al., 2008). En algunas palmeras, especialmente en las pequeñas Arecoideae como por ejemplo *Prestoea decurrens*, la epidermis es permanente; sin embargo, en la mayoría de las palmeras, la epidermis se desprende, en estas se forma una capa superficial para la protección. (Rich, 1987).

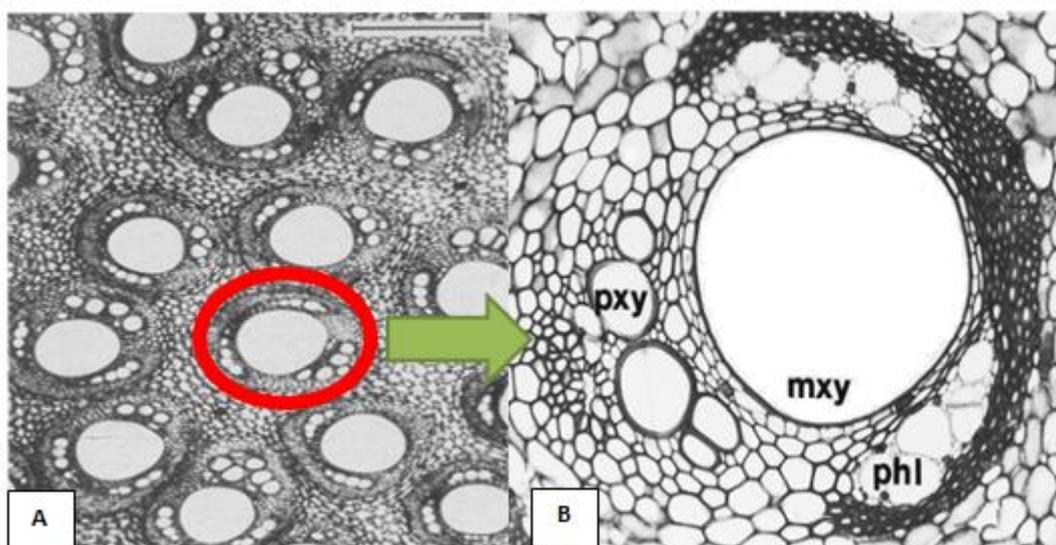
b) Córtex:

Formado por células de origen parenquimático que contienen numerosos grupos de fibras de corta longitud. Puede distinguirse trazas foliares, las que se extienden a través del córtex desde la base de las hojas hacia el centro del cilindro central. Los haces vasculares corticales son siempre más numerosos y pequeños (Quiroz et al., 2008).

c) Cilindro central:

La región central se compone de un conjunto de haces vasculares dispersos, y cada uno de ellos está formado por el xilema, floema y una cubierta de tejido fibroso o esclerénquima, todo incrustado en una matriz de tejido parenquimático (Tomlinson y Zimmermann 2003)

conforme a la Figura 2. Esta zona se encuentra abruptamente demarcada del córtex por una ancha zona periférica esclerótica; es así que forma el *principal soporte mecánico* del tallo de las palmas, ya que cada haz vascular tiene una enorme extensión radial de la envoltura de las fibras, hacia la parte más externa del floema y el parénquima fundamental se vuelve esclerótico (Tomlinson, 1961). Parthasarathy y Klotz (1976) agregan que la textura y dureza de la que llaman “madera” de palmera dependerá de la distribución de los haces y la cantidad de esclerénquima presente.



A) Matriz de tejido parenquimático que presenta relativamente pequeños espacios intercelulares, contiene haces vasculares dispersos. Barra de 0,5 mm. Parthasarathy y Klotz (1976). B) Haz vascular del centro del tallo de *Calamus deeratus*, presenta un vaso amplio de metaxilema (mxy). El floema (phl) en dos hebras separadas; el protoxilema (pxy) no está en contacto con metaxilema.

Figura 2: **Vista microscópica de un corte transversal de estípites de palmeras.**

FUENTE: Tomlinson et al. (2001)

Los haces vasculares en la zona del cilindro central son más abundantes en la zona periférica que en la zona interna (la parte periférica del tallo es de textura muy dura mientras que la parte central es bastante blanda). Pero existen palmeras como las Coryphoid, en donde esta diferencia no está marcada, presentan una textura relativamente homogénea y son de dureza uniforme (Tomlinson, 1961; Parthasarathy y Klotz, 1976; Rich, 1987). La estructura y distribución de los haces vasculares como se ve en la sección transversal del tronco de la palma está relacionada con su curso en el tallo antes de su salida de los nodos como rastros foliares, y será variable a lo largo de su longitud (Tomlinson, 1961). Tienen intervalos de aproximadamente 1- 3 mm de diámetro, dependiendo de su ubicación dentro del tallo y de la especie (Parthasarathy y Klotz, 1976).

Componentes de los haces vasculares en palmeras:

- Xilema:

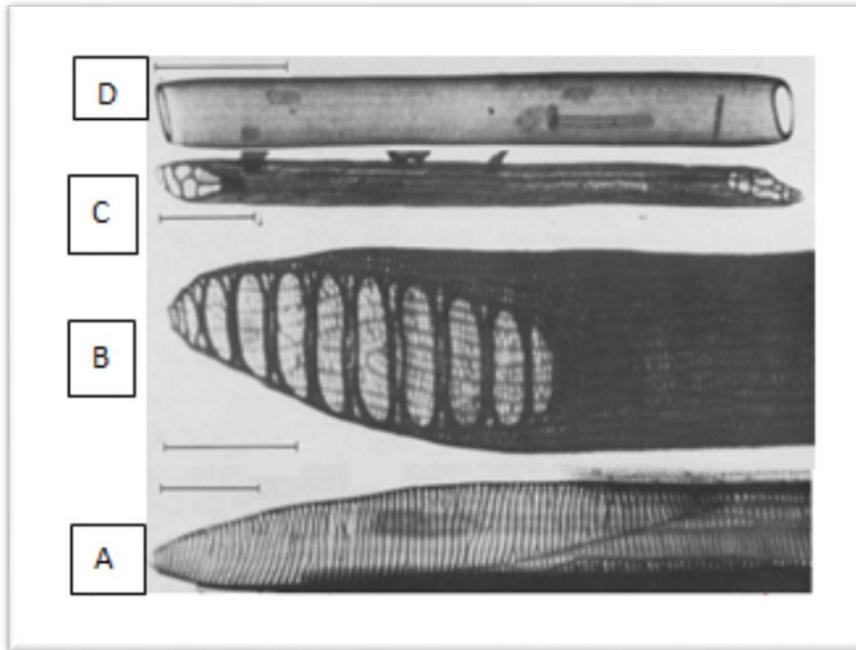
Fahn (1978) describe al xilema como un tejido vascular cuya función principal es transporte de agua y solutos. Contiene elementos traqueales o vasos, fibras y células parenquimatosas. El que se diferencia del tejido primario de la planta es llamado xilema primario y es producido por el procambium; en este se distingue el protoxilema (se desarrolla primero) y el metaxilema (desarrollo tardío). (Esau, 1959; Fahn, 1978).

El protoxilema aparece al empezar la diferenciación vascular y alcanza el estado adulto antes de que el órgano haya terminado de crecer, contiene escasos elementos traqueales y considerable proporción de células parenquimatosas. Sus elementos traqueales maduros y muertos se estiran y acaban siendo destruidos (Esau, 1959). De forma abundante solo se produce en parte de haces cercanos a la salida de hojas, y a distancia de estas puede contener solamente un único vaso (Tomlinson, 1961). Presenta espesamientos anulares y helicoidales. Según Parthasarathy y Klotz (1976) y Tomlinson (1961) los elementos traqueales del protoxilema casi siempre son traqueidas.

Por otro lado, el metaxilema aparece después del protoxilema y alcanza el estado adulto cuando ya ha terminado el crecimiento del órgano por lo que sus elementos no son destruidos por estiramientos. Puede presentar espesamientos helicoidales, escaleriformes, reticulados y con puntuaciones. Sus elementos traqueales son más anchos (Esau, 1959). Los haces vasculares de los tallos contienen uno o dos elementos traqueales amplios de metaxilema en sección transversal dependiendo de la especie, el órgano, y la posición del haz dentro del órgano (Parthasarathy y Klotz, 1976), excepto en *Chamaerops* y *Trachycarpus* donde existen varios vasos (Tomlinson, 1961).

En tamaño, los elementos traqueales amplios del metaxilema tienen un rango aproximado de 0,1 mm a más de 1 cm de longitud y de 0,02 mm a cerca de 0,5 mm de ancho. Presentan básicamente punteaduras escaleriformes con las punteaduras intervasculares aparentemente más largas y más estrechas que las punteaduras vaso-parénquima. Las paredes terminales oscilan (en orden creciente de especialización) de configuraciones escaleriformes con muchas barras engrosadas, estrechas y muy oblicuas (presente en palmas menos especializadas como *Fruticans* y *Chamaedora*), a placas de perforación reticulares o escaleriformes con menos barras, más espaciadas y oblicuas o ligeramente oblicuas, a placas

de perforación simples con paredes terminales transversales (presente en *Calamus* y *Daemonorops*) conforme a la figura 3 (Parthasarathy y Klotz, 1976).



A) Placa de perforación escaleriforme con muchas barras y muy oblicua. B) Placa de perforación escaleriforme con pocas barras. C) Placa de perforación reticulada. D) Placa de perforación simple.

Figura 3: **Elementos traqueales amplios de metaxilema tardío aislados, con paredes terminales en orden de especialización creciente.**

FUENTE: Parthasarathy y Klotz (1976)

Según Tomlinson (1961) y Fisher et al. (2002) el diámetro de los vasos del tallo varía con la necesidad para una conducción eficiente, de modo que los elementos más anchos se producen en las palmeras trepadoras, mientras que en palmeras donde el tallo es corto y principalmente funciona como órgano de almacenamiento, los vasos son estrechos. Además, en general, la longitud de los vasos está correlacionada con los diámetros de los vasos: los vasos anchos son más largos y los estrechos, más cortos (Greenidge citado por Tomlinson 1961). Fisher et al. (2002) agrega que los vasos más largos se pueden comparar a la longitud de los entrenudos, señalando que cuanto más anchos y largos sean los vasos, mayor es la conductividad hidráulica y menor la resistencia. La anchura del vaso es la que tiene un mayor efecto sobre la conductividad (Tomlinson 1961).

- Floema:

El tejido más importante para el transporte de sustancias alimenticias de las plantas vasculares producto de las fotosíntesis. Tiene como células elementales a los elementos cribosos, asociadas a células parenquimáticas típicas de almacén de sustancias de reserva y células parenquimáticas especializadas, como las células anexas; además de fibras (Esau, 1959; Fahn, 1978; Espinoza y Melandri, 2000; Ramón, 2011). Tiene como rasgo característico la presencia de cribas en sus paredes, las cuales forman depresiones en donde se forman grupos de poros formado por filamentos de conexión los cuales se encuentran rodeados por cilindros de calosa. Según Esau (1959) las cribas más especializadas, se encuentran generalmente en las paredes terminales de los elementos, llamadas placas cribosas y pueden ser simples (una sola área cribosa) o compuestas (varias áreas cribosas en disposición escaleriforme, reticulada); estas últimas, según Tomlinson (1961) son las que se encuentran en palmeras mostrando una orientación oblicua (Figura 4).

El floema diferenciado a partir del procambium (floema primario) está compuesto por protofloema y metafloema. El primero solo es activo durante un corto periodo de tiempo y presenta tubos cribosos desprovistos de células acompañantes (Esau, 1959; Fahn, 1978); mientras que en el metafloema los elementos cribosos son de larga duración; es decir, que permanecen funcionales durante toda la vida de la planta, contrariamente a lo que ocurre en la mayoría de dicotiledóneas y gimnospermas (Parthasarathy y Tomlinson, 1967; Parthasarathy y Klotz, 1976). El diámetro de estos elementos varía de 15 μm a 50 μm y presentan 3250 μm de longitud aproximadamente (Parthasarathy y Klotz, 1976). Se encuentra formando un solo grupo, aunque también se presentan dividido en dos cadenas separadas por tejido esclerótico, que dependerá de la especie y del órgano (Tomlinson, 1961).



Figura 4: Sección longitudinal de metafloema mostrando placas cribrosas compuestas muy oblicuas en *Washingtonia robusta*.

FUENTE: Fisher et al. (2002)

- Fibras:

Las fibras están compuestas por células con paredes secundarias engrosadas, que pueden estar lignificadas o no, cuya función principal es la resistencia mecánica (presenta propiedades elásticas) y a veces de protección (Fahn, 1978). Además, proporcionan resistencia frente a diferentes excesos como estiramientos, torceduras, pesos y presiones (Haberlandt citado por Esau, 1959).

Según Tomlinson (1961), las fibras se encuentran formando vainas fibrosas extendidas radialmente en cada paquete externo del floema; agrega Parthasarathy y Klotz (1976) que también pueden encontrarse separadas (fibras no vasculares), que dependerá del órgano y la especie. Indican que es en la región periférica, delimitando el cilindro central, donde se encuentran mejor desarrolladas; cuyo efecto es la de una columna con tejidos más fuertes en esa zona, haciéndolas mecánicamente muy eficaces.

Esau (1959) y Fahn (1978) clasifican las fibras en fibras del xilema y fibras extraxilares, estas últimas incluyen a las fibras del floema, fibras del córtex, fibras perivasculares.

Tomlinson (1961) incluye a las fibras asociadas o no a los haces vasculares. Las fibras extraxilares son generalmente muy largas y estrechas con extremos ahuzados, más largas que las xilemáticas (Fahn, 1978). Agrega Esau (1959) que la gran longitud alcanzada por las fibras extraxilares primarias se puede explicar tomando como base el crecimiento simplástico (el desarrollo de estas fibras inicia antes de que el órgano se haya alargado), añadido al crecimiento apical intrusivo. Ambas, tanto las fibras de la xilema como las del floema pueden ser septadas (Tomlinson, 1961).

Según Esau (1959) y Fahn (1978) el término fibra, tal y como se usa en la industria, no tiene el mismo significado que el definido en histología. Se considera fibras comerciales a otros tipos de células además de las fibras o estructuras que no son fibras en absoluto, por ejemplo: a haces de fibras, haces vasculares junto con la vaina de las fibras que las rodean, al sistema vascular de la raíz, etc.

Souza (2012) menciona que la longitud promedio de fibras de monocotiledóneas varía de 1 a 3 mm. La longitud y ancho de la fibra varían dentro y entre especies. La longitud de la fibra varía dentro de la planta, ya sea alrededor del tallo como a lo largo de los entrenudos. La variación a lo largo del tallo es menor. Araujo (1982), presenta valores promedio de longitud y diámetro para cinco palmeras, conforme a la Tabla 1.

Tabla 1: Longitud y diámetro promedio para fibras de cinco palmeras

<i>Especies</i>	<i>Longitud promedio</i> (μm)	<i>Diámetro promedio</i> (μm)
<i>Ornocarpus multicaulis</i> (Sinami)	1700	19
<i>Socratea sp.</i> (Pona)	1900	29
<i>Jessenia polycarpa</i> (Ungurahui)	1700	24
<i>Mauritia flexuosa</i> (Aguaje)	1700	33
<i>Shelea sp.</i> (Shebon)	1000	15

FUENTE: *Elaboración propia*

Orellana et al. (1999) realiza un estudio comparativo de fibras y vasos entre ratán y otras palmeras como posibles sustitutas, mientras que Ramirez (2002) caracteriza a la “pona”, una palmera de porte arbóreo, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Longitud y ancho de fibras y vasos de Iriartera, Calamus y posibles sustitutas

<i>Especies</i>	<i>Longitud de fibra (μm)</i>	<i>Ancho de fibra (μm)</i>	<i>Espesor de pared (μm)</i>	<i>Longitud de vaso (μm)</i>	<i>Ancho de vaso (μm)</i>
<i>Calamus sp.</i> (ratán)	1320	19	-	1391	331,3
<i>Acoelorrhapha wrightii</i>	1814	20,4	-	3712	153,5
<i>Bactris balanoidea</i>	1600	18,2	-	1834	125,4
<i>Bactris mexicana</i>	1309	18,7	-	953	87,4
<i>Desmoncus quasillarius</i>	2223	28,4	-	4005	300,4
<i>Iriartera deltoidea</i> (pona)	3658	113	50	-	-

FUENTE: Elaboración propia

- Tejido fundamental y células parenquimáticas

El tejido fundamental, constituye la sustancia fundamental en la que se hallan incluidos otros tejidos, especialmente el vascular (Esau, 1959). Es de origen parenquimatoso; en tallos estrechos permanece inalterado con la edad y puede llegar a ser lignificado, como en especies de *Bactris* (Tomlinson, 1961; Rich, 1987). Si el tejido se encuentra lignificado con poco o ningún espacio intercelular, promueve la homogeneidad de la “madera”, en comparación con células de paredes delgadas y grandes espacios intercelulares (Parthasarathy y Klotz, 1976).

La fuerza mecánica del tejido parenquimático procede en gran parte de la propiedad hidráulica de sus células. Al estar formado por células de paredes primarias finas, sin lignificar, el parénquima es rígido sólo cuando sus células están en plena turgencia (Romberger et al. citado por Tomlinson, 1961). Niklas (1992) indica que el grado de utilización del parénquima como soporte mecánico depende también de lo densamente agrupadas que estén las células entre sí. Quiroz et al. (2008) menciona, además, que el parénquima mitiga presiones externas con propiedades mecánicas que dependen de sus dimensiones.

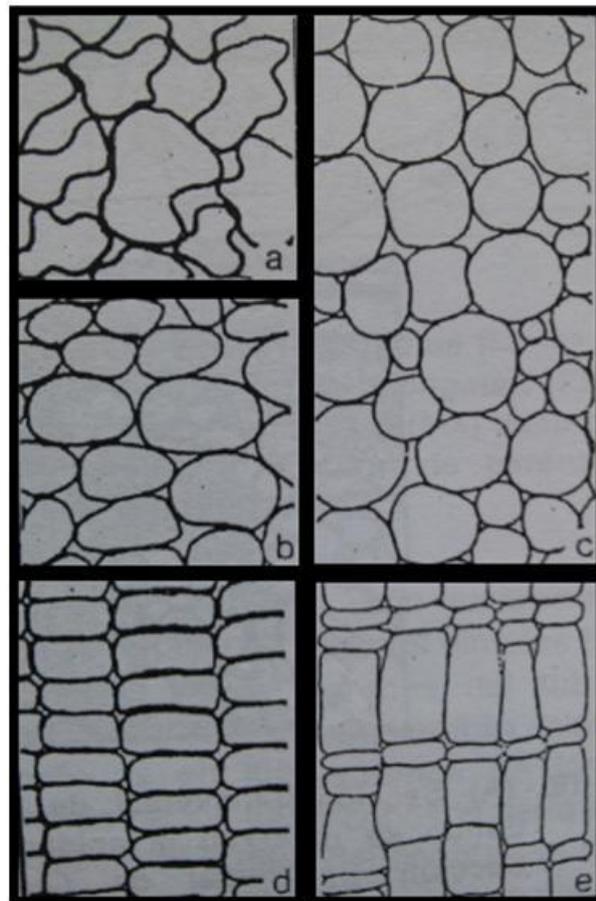
En cuanto a la forma de las células del tejido fundamental estas son igual de anchas que largas, pudiendo llegar a ser casi isodiamétricas. En cambio, las células parenquimáticas pueden estar más o menos alargadas. El tamaño y la forma de las células pueden resultar de la tasa de expansión de la pared, duración del ciclo celular o la localización de la placa celular (Tomlinson 1961).

Weiner y Liese citado por Espinoza y Melandri (2000) establecieron una clasificación del tejido fundamental para especies de ratán, que puede ser aplicado a otras familias de monocotiledóneas como las palmeras. Mencionan los siguientes tipos:

Tipo A: Células débilmente ramificadas, las cuales dejan entre ellas espacios intercelulares regularmente redondos (Figura 5a y 5d).

Tipo B: Células pequeñas, redondeadas, con espacios intercelulares de forma irregular entre ellas (Figura 5b y 5d).

Tipo C: Células de paredes delgadas, grandes y redondas, con espacios intercelulares relativamente pequeños. En sección longitudinal consiste de células largas interpuestas con células cortas arregladas en rutas de diferente longitud (Figura 5c y 5e).



Sección transversal: (a) Tipo A. (b) Tipo B. (c) Tipo C. Sección longitudinal: (d) Tipo A y B. (e) Tipo C.

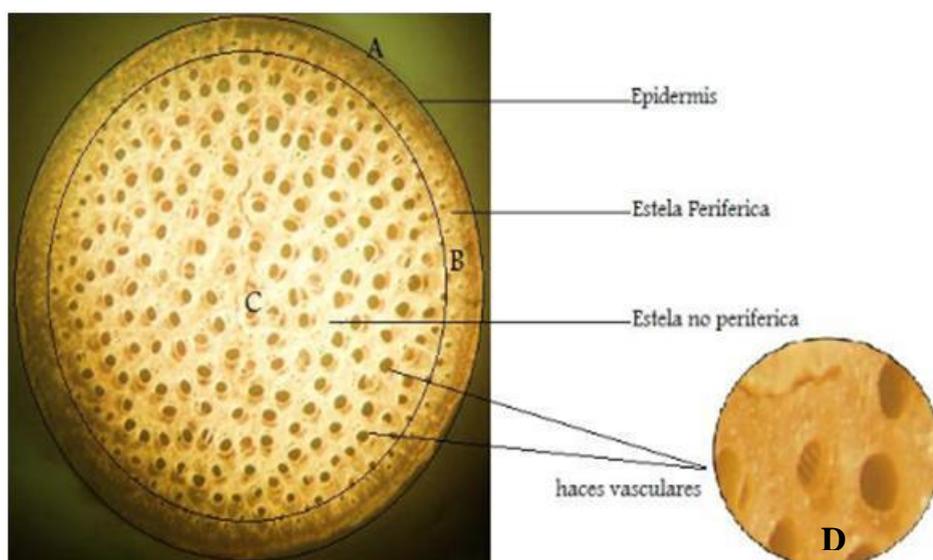
Figura 5: **Tipos de tejido parenquimático fundamental.**

FUENTE: Weiner y Liese, citado por Espinoza y Melandri (2000).

3.1. ANATOMÍA DE ESPECIES DEL GÉNERO *DESMONCUS*

Tomlinson y Zimmerman (2003) realizaron la descripción anatómica de tallos provenientes de tres especies de *Desmoncus*: *D. orthocanthos*, *D. chinantlencis* y *D. prunifera*; el primero material silvestre y los dos últimos provenientes de zonas cultivadas. Guevara y Garzón (2008) hacen la descripción anatómica de porciones de tallos cultivados de *Desmoncus orthocanthos*, mientras que Quiroz et al. (2008) caracterizada la misma especie, pero proveniente de zonas perturbadas y zonas conservadas. Asimismo, Taminshe (2010) realiza la descripción macroscópica de la especie *Desmoncus polyacanthos* proveniente de bosque natural de Iquitos. Los resultados encontrados de estas investigaciones del género en estudio se describen a continuación; especialmente, la anatomía de la zona del cilindro central del tallo.

Según Taminshe (2010) el tallo visto en sección transversal distingue tres zonas. Una primera zona conformada por el córtex cubierto con una película que cubre la parte externa del tallo o epidermis; una segunda zona conformada por la estela periférica y por último la zona central o estela no periférica (Figura 6); estas dos últimas conforman el cilindro central. Tomlinson y Zimmerman (2003) en lo referente al cilindro central señalan la presencia de cuatro regiones: periférica, subperiférica, pericentral y central.

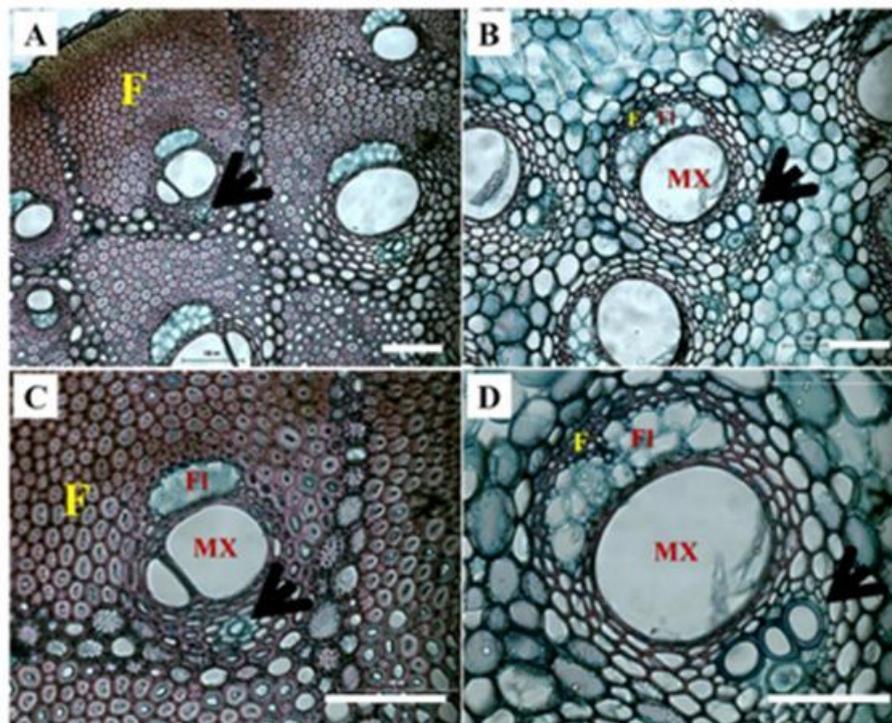


A) corteza, epidermis, B) Estela periférica, C) Estela no periférica o zona céntrica y D) Haces vasculares.

Figura 6: **Sección transversal del estípite de “cashavara”.**

FUENTE: Taminshe (2010).

Quiroz et al. (2008) observaron que los haces vasculares típicos coincidieron con la descripción realizada para palmeras: xilema y floema, y una cubierta de fibra o esclerénquima incrustado en una matriz de tejido parenquimático. Además, la cantidad de haces vasculares por unidad de área se redujo desde la periferia hacia el cilindro central y las fibras de revestimiento llegan a ser mínimas en el centro, coincidiendo con lo observado por Muñoz y Carpio (1995), Tomlinson y Zimmerman (2003), Guevara y Garzón (2008) y Souza (2012) conforme a la Figura 7. Taminshe (2010) precisa que mientras más precoz o joven es el tallo, las secciones que abarcan la estela periférica y no periférica son similares, y a medida que va creciendo aumenta también el número de haces vasculares hacia la zona céntrica.



A y C): Haces maduros, localizados próximos a la periferia del cilindro. B y D) Haces jóvenes, localizados en el centro del cilindro. F) fibras, F1) floema. MX) metaxilema. Las flechas indican el protoilema. Barra de 100 μm .

Figura 7: **Haces vasculares en sección transversal.**

FUENTE: Souza (2012)

Xilema: Compuesto de uno a dos vasos amplios de metaxilema según Guevara y Garzón (2008). El diámetro promedio según diversos autores se muestra en la Tabla 3. Tomlinson y Zimmerman (2003) mencionan además la presencia de placas de perforación escaleriformes, con pocas barras (6-18) en paredes terminales oblicuas.

Tabla 3: Valores promedio de los vasos del metaxilema para especies del género *Desmoncus*

Especie	Elementos de los vasos del metaxilema					Autor/año
	Diámetro (μm)				Longitud (mm)	
	Cilindro central					
	Periferia	Subperiferia	Pericentro	Centro	-	
<i>Desmoncus sp</i>	280				-	Parthasarathy y Klotz (1976)
<i>Desmoncus orthocanthos</i>	39	98	127	150-250	5	Tomlinson y Zimmerman (2003)
<i>Desmoncus orthocanthos</i> (sitio conservado y perturbado)	190-239				-	Quiroz (2008)
<i>Desmoncus orthocanthos</i>	84				-	Guevara y Garzón (2008)

FUENTE: Elaboración propia

Quiroz et al. (2008), en cuanto al protoxilema describen su ubicación en el extremo opuesto del esclerénquima. Guevara y Garzón (2008) indican que está compuesto de 6-9 vasos de mayor diámetro. Los elementos traqueales del protoxilema y metaxilema no tienen un contacto vascular directo, están separados por lo menos por una capa de usualmente dos a tres células de parénquima (Tomlinson y Zimmerman, 2003).

Floema: Quiroz et al. (2008) encontraron un único grupo por haz vascular, el cual estaba rodeado por una vaina de esclerénquima en forma de un racimo irregular, mientras que Guevara y Garzón (2008), observaron al floema dividido en dos grupos separados por varias filas de células esclerenquimáticas, ambas observaciones fueron realizadas en secciones de *Desmoncus orthocanthos*. Los tubos cribosos que conforman el floema, según precisan Tomlinson y Zimmerman (2003) presentan placas de perforación compuesta.

Fibras: El diámetro total promedio de las fibras es de 16 μm para la especie *Desmoncus polyacanthos*, y es clasificada como estrecha, de acuerdo con la clasificación de IAWA (1989). Souza (2012) no encontró diferencias estadísticas significativas a través de la longitud del estípite. En la Figura 8 se observa que el espesor de pared presenta valores decrecientes en dirección base/ápice. Los valores más altos se encuentran en las

proporciones de 0 y 25 % de la longitud utilizable del tallo. En palmeras esto ocurre debido a la deposición de material lignocelulósico en la pared celular. Durante el proceso de desarrollo de la planta, las fibras conservan el mismo diámetro total, conforme avanza la edad del individuo, la pared celular de las fibras sufre engrosamiento en función de la deposición del material para su fortalecimiento, especialmente de lignina. Según Souza (2012) los valores promedio de espesor de pared de las fibras fueron mayores a 5 μm para todas las secciones del tallo excepto del ápice. Son clasificadas de tipo fino a grueso de acuerdo con la clasificación de IAWA (1989).

Presenta longitud media mayor a 2mm, no mostrando diferencias significativas a lo largo de la longitud utilizable del tallo, lo cual puede ser explicado según Tomlinson (1961) por la capacidad que presenta la palmera de seguir sometándose a división celular, incluso después de la diferenciación (retiene protoplastos vivos), por lo que mantiene la capacidad de someterse a cambios fisiológicos durante toda la vida del tallo. De acuerdo con la longitud alcanzada, se las clasifica como largas, según Souza (2012).

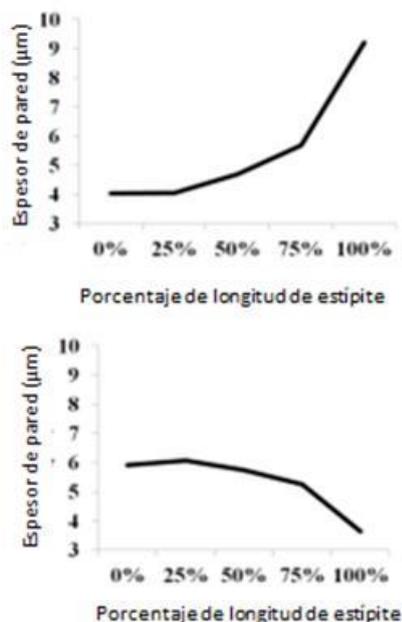


Figura 8: Representación gráfica de la variación de espesor de pared y diámetro de lumen a lo largo de estípites de *Desmoncus polyacanthos*.

FUENTE: Souza, 2012

Tejido parenquimático: Conformado por células de forma redonda alargada, cuyos diámetros oscilan entre 42,3 a 57,7 μm , sin presencia de espacios intercelulares, clasificados según Wiener y Liese como de Tipo C (Quiroz et al., 2008). Su células permanecen no lignificadas y tienen paredes delgadas que incluyen almidón en cantidades variables (Tomlinson y Zimmerman, 2003).

3.2. ANATOMÍA DE ESPECIES DEL RATÁN *CALAMUS*

Las especies de ratán son plantas trepadoras espinosas pertenecientes a la subfamilia Calamoideae de la familia Palmae, de los 22 géneros que conforman esta subfamilia 13 pertenecen al ratán. El género *Calamus* perteneciente a esta subfamilia es el más representativo, presenta la mayor cantidad de especies de todas las palmeras, con un considerable número estimado en 370 especies (Espinoza y Melandri, 2000).

Además de pertenecer al mismo grupo de palmeras trepadoras que *Desmoncus*, anatómicamente ambos géneros muestran similitudes por poseer un área cortical de pocas capas de células con paquetes de fibras dispersos con función mecánica (Guevara y Garzón, 2008); sumado a su tradicional uso en la producción de muebles (Espinoza y Melandri, 2000) y su importancia comercial en este rubro (Tomlinson et al., 2001); es importante mencionar la descripción realizada por diversos autores al tallo de este género.

La anatomía del ratán está representada por haces vasculares colaterales inmersos en tejido parenquimático fundamental, al igual que todas las palmeras (Oteng-Amoako, 2003), pero su sección transversal es de fácil identificación ya que presenta haces vasculares de tamaños y espacios uniformes (Tomlinson, 1961). Su tallo está conformado por: Epidermis, Córtex y Cilindro central.

Según Weiner y Liese, citado por Espinoza y Melandri (2000), la **Epidermis** está constituida por una sola capa de células, cuyo espesor y forma varía entre especies. Tomlinson et al. (2001) agrega que es silicificada.

Córtex: Ubicado entre la epidermis y los haces vasculares; consiste de células parenquimáticas, fibras y a veces haces vasculares reducidos; cuya función es principalmente mecánica (Tomlinson et al. 2001).

Cilindro central: Se distingue el inicio por la presencia de los primeros haces vasculares completamente desarrollados y a veces reducidos. El límite exterior está representado por

una serie de hebras fibrosas subepidérmicas, cuya función es principalmente mecánica. (Espinoza y Melandri, 2000; Tomlinson et al., 2001). Cada haz vascular está conformado por xilema, floema, vainas de esclerénquima y tejido parenquimático:

- Xilema:

Según Fisher et al. (2002) las especies del género *Calamus* tienen los vasos de xilema más amplios entre las palmeras, que siguen la tendencia en las trepadoras, de tener vasos más anchos que entre las no trepadoras. Estos vasos más amplios se encuentran en la región central, y por lo general tienen uno o dos elementos de metaxilema amplio, varios elementos de metaxilema estrechos y uno o más elementos del vaso de protoxilema, aunque Espinoza y Melandri (2000) y Tomlinson et al. (2001) mencionan que el protoxilema está conformado solo por traqueidas las cuales tienen en sus paredes estructuras secundarias anulares o helicoidales, con diámetros entre 30-80 μm y longitud aproximada de 3-4 mm (Figura 9).

Los diámetros promedio de los vasos de metaxilema amplios para especies de *Calamus*, así como el número de vasos de protoxilema por haz vascular y longitud de vaso se encuentran en la Tabla 4.

Tabla 4: Diámetro y número de vasos de xilema para especies del género *Calamus*

Autor /año	Especie	Xilema		
		Diámetro del vaso de metaxilema (μm)	Número de vasos de protoxilema/haz vascular	Longitud del vaso (mm)
Araque et al. (2000)	<i>Calamus rotang</i>	350	-	-
Espinoza y Melandri (2000)	<i>Calamus sp</i>	150-250-450	-	-
Tomlinson et al. (2001)	<i>Calamus longipinn</i>	210 \pm 13	-	1-2
Brink y Achigan- Dako (2012)	<i>Calamus barteri</i>	68-337	2-5	-
Brink y Achigan- Dako (2012)	<i>Calamus secundiflorus</i>	75-375	1-6	-

FUENTE: Elaboración propia

Ambos, metaxilema y protoxilema, están separados por al menos una capa de células vivas de parénquima, el cual forma una barrera para una posible transferencia de burbujas de gas entre vasos (Fisher et al., 2002 y Tomlinson et al., 2001). Klotz citado por Fisher et al (2002) menciona que en elementos del vaso amplios se observa placas de perforación simples, mientras que en elementos del vaso del metaxilema estrechos pueden observarse

también placas escaleriformes, lo cual es corroborado por Tomlinson *et al.* (2001), agregan además la presencia de hasta 6 barras de engrosamiento en las paredes terminales.

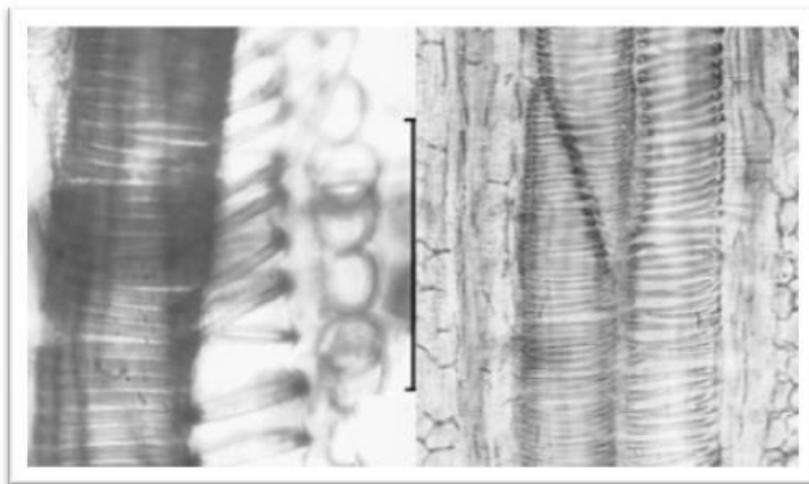


Figura 9: **Serie de elementos del protoxilema con pared helicoidal en un solo haz amplio de ratón. Escala 100 μ m.**

FUENTE: Fisher et al. (2002)

- Floema

Consiste de tubos cribosos, cuyas longitudes varían de 1 a 3 mm que presentan paredes terminales con placas cribosas simples o compuestas, transversales u oblicuas. Estos tubos se encuentran rodeados por células acompañantes. En un solo haz vascular se puede presentar de uno a dos campos de floema (Espinoza y Melandri, 2000; Tomlinson *et al.*, 2001; Fisher *et al.*, 2002).

- Fibras

Según Espinoza y Melandri (2000) las fibras suelen ser septadas y poseen multiláminas en la pared celular. Los valores promedio de longitud y ancho de las fibras de algunas especies del género *Calamus* se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Valores promedio de longitud y ancho de fibras de especies del género Calamus

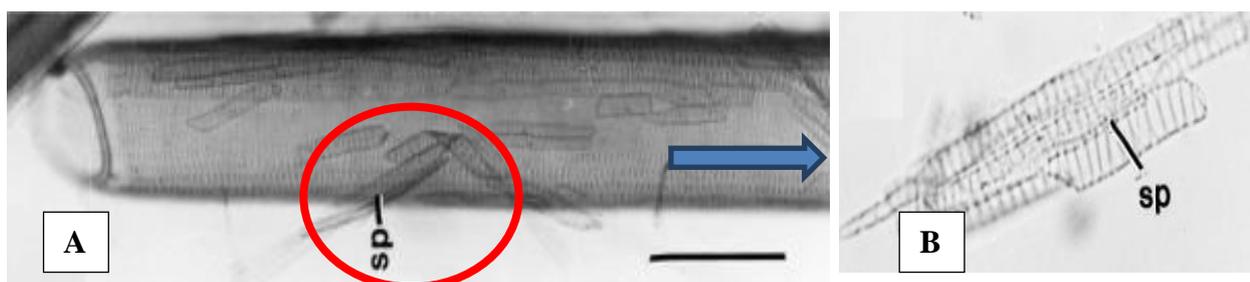
Autor /año	Especie	Fibras		
		Longitud (mm)	Diámetro (µm)	Diámetro de lumen (µm)
Brink y Achigan- Dako (2012)	<i>Calamus barteri</i>	0,6- 4,2	5,8- 34,8	2,9- 29
	<i>Calamus secundiflorus</i>	0,4- 6,7	7,3- 43,5	0,3- 26
Espinoza y Melandri (2000)	<i>Calamus sp.</i>	1-3	-	-

FUENTE: Elaboración propia

Además, el espesor de pared de *Calamus manan* muestra valores decrecientes desde la base hasta el ápice, que van de 12,33 µm (base); 9,89 µm (medio) hasta 8,67 µm (ápice) según Souza (2012).

- Tejido fundamental y células de parénquima asociado

Espinoza y Melandri (2000) y Guevara y Garzón (2008) señalan que el tejido fundamental presenta células isodiamétricas con punteaduras simples que se lignifican y forman espacios intercelulares. En tanto, las células de parénquima asociado que se encuentran rodeando los vasos del metaxilema y traqueidas del protoxilema son alargadas, de forma rectangular y con punteaduras en las paredes celulares (Espinoza y Melandri, 2000) conforme se observa en la Figura 10.



A) Parénquima asociado rodeando a un vaso amplio de metaxilema. B) Células de parénquima aisladas.

Figura 10: **Células de parénquima asociado.**

FUENTE: Fisher et al., 2002.

4. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS EN TALLO DE PALMERAS

4.1. ASPECTOS GENERALES.

Debido a que las fibras vegetales, de origen no leñosas tienen estructuras similares a las originadas del xilema secundario, las características de la madera pueden apoyar el estudio tecnológico de fibras vegetales de origen no leñoso (Souza 2012). En base a esto, a continuación, se añaden conceptos generados para madera en la conceptualización y factores de influencia de algunas propiedades físico-mecánicas, además de las encontradas específicamente para palmeras.

Propiedades Físicas

Según Arroyo (1983) las propiedades físicas dependen de factores que determinan su organización estructural como: cantidad de sustancia, cantidad de agua y proporción de componentes primarios presentes en la pared celular; además del tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

La determinación de las propiedades físicas de la madera es de importancia, puesto que sus variables influyen en el proceso y el comportamiento mecánico del material (Díaz et al., s.f).

- Contenido de Humedad

Lim y Khoo, citado por Fathi (2014) indican que la variación en el contenido de humedad en especies de palmera, posiblemente se puede explicar por la cantidad relativa de haces vasculares y tejido parenquimatoso presente. El parénquima puede contener más agua que los haces vasculares; por tanto, el número creciente de parénquima hacia el centro del tallo de palmeras en sección transversal provoca una alta capacidad de absorción de agua en esta zona.

JUNAC (1989), señala que las maderas que presentan paredes delgadas y cavidades celulares grandes pueden retener más de su propio peso en agua y poseer contenidos de humedad verde de 200-400 %. El contenido de humedad varía, además, según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal que se trate. Las maderas livianas por ser más porosas contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas (Díaz et al. s.f).

- Densidad

La densidad de la madera depende del tamaño de las células, espesor de las paredes celulares, las interrelaciones entre el número de células de diferentes clases en términos de tamaño (Gil y Prada 2008). Fahn (1978) agrega, que el número relativo de fibras, el lumen estrecho y el alto porcentaje de fibras también influyen en esta propiedad. Variaciones en la densidad dependerá de cambios en la proporción de los vasos. Gutiérrez (1983) afirma que, a mayor diámetro tangencial de poros, la densidad será menor.

Diversos autores (Gutiérrez 1983; ITTO y CONAFOR 2012; Souza 2012;) coinciden en establecer una relación directa entre la densidad y las propiedades mecánicas; afirman que, a mayor densidad, mayores serán las propiedades de resistencia mecánica.

- Densidad Lineal (DENIER)

Una unidad de denier corresponde a la masa (g) de 9000 m lineales de la fibra. Cuanto más alto es el denier, más gruesa es la sección de la fibra. La densidad lineal está relacionada con el peso específico de los componentes de la fibra (Gonzales 2016). El peso específico de la sustancia que forma las paredes celulares del xilema de todas las plantas es aproximadamente igual en todas, por tanto, la diferencia en densidad de las palmeras dependerá de la proporción entre la cantidad de pared y de lumen (Fahn 1978).

- Color

Marín (2010) menciona que por ser el color una de las características principales de los objetos y elementos decorativos que adornan el medio en que nos desarrollamos es que muchos expertos lo han evaluado y caracterizado; es una característica de suma importancia en la madera después de haber realizado un proceso sobre ella. Según Valverde (2011) el color de la madera varía según la especie, las características genéticas y ambientales relacionadas con el sitio en el que se encuentra el árbol.

Vetter citado por Valverde (2011) indica que la utilización de métodos estandarizados para la determinación de color, por ejemplo, la comparación visual de color de la muestra con tablas estándar de color o la medición de los valores de reflectancia para determinar espectros colorimétricos, proporcionan una descripción precisa y objetiva del color.

Propiedades mecánicas

Según Arroyo (1983) las propiedades mecánicas, son la expresión del comportamiento de los materiales bajo la aplicación de fuerzas o cargas.

La variación de las propiedades mecánicas de las estructuras vegetales está determinada fundamentalmente por las características genéticas, edad del organismo, así como las condiciones microambientales (luz, temperatura, humedad ambiental, aguas subterráneas y capacidad de retención) de los sitios de crecimiento, las que generan modificaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas (Propiedades mecánicas...2007; Orellana et al., 1999). Bath y Thoulasidas (1991) agregan que la posición del tallo y el contenido de humedad son factores importantes que influyen en las propiedades de resistencia; también, estas se modifican según la composición química de la madera ensayada (Rivera y Lenton, 1999).

Tomlinson (1961) señala que las palmeras pueden crecer en diámetro con la edad, y sus propiedades mecánicas también pueden cambiar. En el caso de las palmeras, cuanto más avanzada la edad de la planta, más células reciben refuerzo mecánico por la deposición de lignina, ya que aumenta el espesor de pared celular.

Diversos autores (Bath y Thulasidas 1991; Liese 2002; Isnard et al. 2005; Fathi 2014) coinciden en afirmar que en palmeras, *las* propiedades mecánicas disminuyen no sólo desde la periferia al centro, sino también desde la base hasta la parte superior dentro del tallo; asimismo, explican que la variación transversal está relacionada con la disminución en el porcentaje de fibra, el espesor de la pared celular y el aumento en el diámetro de los vasos. Canto (2005), indica que la variación en altura se debe a una mayor lignificación de los tejidos de esclerénquima y parénquima en la base.

Los componentes microestructurales de los tallos en palmeras también van a cumplir funciones mecánicas importantes. Según (Componentes microestructurales... 2007) la celulosa contribuye a la flexibilidad y elasticidad de los tallos, siendo su principal función mecánica la resistencia a la tensión; un mayor porcentaje de celulosa en los tallos se ha encontrado en sitios sombreados, en donde es necesario estructuras resistentes a la compresión y flexión para poder elongarse y así poder alcanzar la luz. Mientras que la

lignina tiene como función principal el dar rigidez y resistencia contra impactos, compresiones y torcimientos; las zonas basales acumulan mayor cantidad de lignina, lo que le confiere mayor resistencia a la compresión (Beltrán 1994).

- Resistencia a la tracción

La resistencia de un material es la reacción del cuerpo al esfuerzo aplicado (fuerza expresada por unidad de área o volumen). Un esfuerzo produce cambio en la forma y tamaño, y a la distorsión resultante se le llama deformación, esta es proporcional a la carga aplicada cuando la deformación es pequeña y recuperable si el tiempo de aplicación es corto (Arroyo 1983).

En la Figura 11 la parte de la línea recta muestra la proporcionalidad directa entre esfuerzo y deformación, esta es la que define el comportamiento elástico del material; el área bajo esta porción representa la energía potencial y mide la capacidad del material de recuperar su forma natural; es decir, la elasticidad mas no su resistencia. A partir del límite de proporcionalidad, la deformación producida no es recuperable, el material sufre una deformación permanente la que se conoce como deformación plástica (Arroyo 1983).

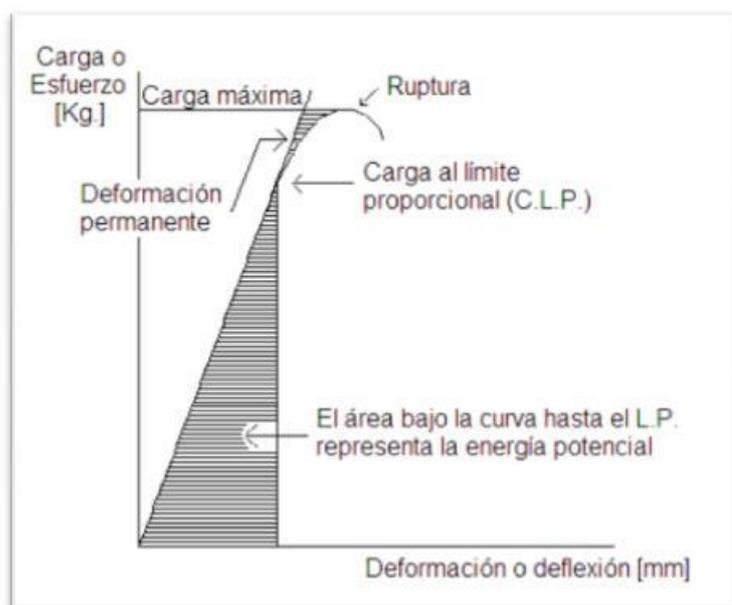


Figura 11: **Carga vs. Deformación.**

FUENTE: Gil y Prada (2008)

En cuanto a los factores que intervienen en la resistencia del leño, Esaú (1987) menciona la influencia del número de poros y su distribución. Gutiérrez (1983) encontró una relación lineal directa de la resistencia con el número de poros por mm^2 , además Chambergo y Aróstegui (s.f) afirman que a mayor diámetro tangencial de poros se obtiene una menor resistencia mecánica y una menor densidad. Entonces, paquetes vasculares más abundantes y pequeños con distribución homogénea en palmeras, están relacionados con estípites más resistentes (Propiedades mecánicas 2007).

El parénquima dentro del tallo de palmeras también influye en la resistencia: un mayor porcentaje de este, evidencia menor resistencia mecánica según Esaú (1987). Quiroz et al. (2008) agrega, que las propiedades de resistencia dependen de las dimensiones del parénquima, de lo densamente agrupadas que estén las células entre sí y del contenido de agua (será rígido sólo cuando sus células estén casi o en plena turgencia).

Arroyo (1983) afirma que el peso específico, que mide la sustancia de la pared celular y las proporciones en las que estas se encuentran, es un buen índice para predecir la resistencia en la madera, así como la morfología de los elementos fibrosos: longitud de las células, diámetro y espesor de las paredes celulares. Gutiérrez y Takeuchi (2014) afirman que son las fibras las que aportan la mayor parte de resistencia a la tensión, con una mayor densidad de estas se obtiene un mayor esfuerzo último de tensión.

La resistencia a la tracción en fibras naturales está representada por la carga unitaria que soporta la fibra, hasta la ruptura. La evaluación de esta propiedad puede efectuarse sobre fibras individuales o haces fibrosos, con sección transversal conocida (Gonzales, 2016).

Según Castro (2007), sustancias como los glúcidos de bajo peso molecular son causas de la debilidad en la fuerza tensora de las fibras vegetales además del grado de polimerización de la celulosa. Además, Souza (2012) menciona que la contribución de la celulosa en la resistencia a la tracción paralela a las fibras es debido a la presencia de fuertes enlaces covalentes en anillos de piranosa y entre unidades de glucosa de la cadena de polímero de celulosa. Beltrán (2004) afirma que la lignina es el encargado de darle rigidez a las paredes de la fibra.

Las propiedades que pueden deducirse a partir del ensayo tensión- deformación son alargamiento y TEA (absorción de energía de tracción):

- Alargamiento (Porcentaje de elongación)

TAPPI (1996) define al alargamiento como la tensión máxima que se desarrolla antes de la rotura en un ensayo de tracción; cuantifica la deformación permanente en la rotura (deformación plástica); es decir, no se incluye la deformación recuperada tras la fractura (deformación elástica). Además, es indicativo de la capacidad para ajustarse a un perfil deseado y para sobrevivir a esfuerzos de tracción uniformes.

Según Quiroz et al. (2013) cuando la fibra demuestra tener una menor elongación en porcentaje y baja tensión, se debe a su fineza o delicadeza. Una alta elongación en las fibras compensará la baja resistencia de estas y las hacen parecer como fibras durables. El esclerénquima es vital para resistir estiramientos en el material (Quiroz et al., 2008).

En cuanto al porcentaje de alargamiento en fibras comerciales, Lockuán (2012) menciona que la curva fuerza-alargamiento de la fibra de algodón (Figura 12), muestra una relación lineal entre ambas, presentando la rotura de una forma brusca; mientras que la curva de fibras de origen animal como la alpaca indican el predominio de las propiedades plásticas y una deformación difícilmente recuperable, la fuerza descende, pero sigue aumentando el alargamiento (Figura13).

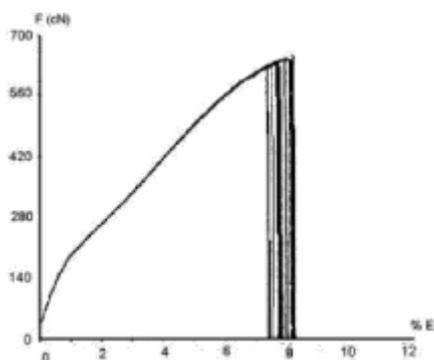


Figura 12: **Fibra de algodón**

FUENTE: Lockuán (2012)

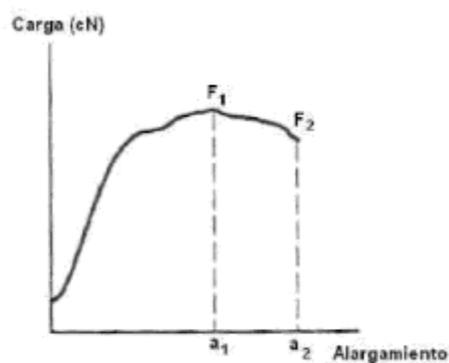


Figura 13: **Fibra de alpaca**

FUENTE: Lockuán (2012)

- Absorción de energía de tracción (TEA)

TEA es el trabajo realizado cuando una muestra es sometida a la ruptura en tracción; mide la capacidad para absorber energía e indica la durabilidad del material cuando se somete a esfuerzos repetitivos (TAPPI 1996).

- Resistencia al Plegado

TAPPI (1996) define a la resistencia al plegado como el logaritmo en base 10 del número de dobles pliegues requerido para romper el material cuando se ensaya bajo una tensión estándar; estima la capacidad del material de resistir repetidas curvas y hendiduras además de medir el deterioro durante el envejecimiento.

Según López y Jiménez (2007) la resistencia al plegado o doblado es una medida de la razón de la reducción de la resistencia a la tensión de su valor original a otro aplicado repetidamente, además el significado de esta propiedad indica el desempeño de un material a través del tiempo.

- Torsión

La resistencia a la torsión mide la capacidad de un material para soportar una carga de giro. La diferencia que se observa en este ensayo entre el comportamiento de un material dúctil y uno frágil es que mientras el primero experimenta una deformación angular plástica, previa al colapso; el segundo prácticamente no se deforma (Marín, 2008).

La cantidad de torsiones que soporta una fibra dependerá, según Vences (2012), de que tan larga sea la longitud de fibra, cuanto más larga sea la longitud de fibra, mayor superficie de contacto tendrá con las otras, por consiguiente, mayor área de fricción y como consecuencia un mayor grado de torsión.

4.2. ESTUDIOS PREVIOS DE PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICAS EN DESMONCUS Y OTRAS FIBRAS VEGETALES.

Guevara (2011) en estudios comparativos sobre propiedades físico-mecánicas entre especies productoras de fibras para la elaboración de artesanías y muebles en la Amazonía peruana: *Heteropsis flexuosa* “alambre tamshi”, *Thoracocarpus bissectus* “cesto tamshi” y *Desmoncus polyacanthos* “cashavara”, encontró para cada especie contenidos de humedad promedio de 129 %, 244% y 199%, respectivamente, en muestras con corteza. Indica que el mayor porcentaje de parénquima influye en una mayor concentración de agua, mientras que la mayor cantidad de fibras, paredes gruesas y cavidades celulares pequeñas estarán relacionadas a menor contenido de humedad.

Konabe (1990) demostró que hay variaciones de contenido de humedad dentro de un individuo y entre especies de ratán: En la especie *Calamus hollrungii*, encontró contenidos

de humedad promedio de 102 por ciento en la base, 112 por ciento en el medio y 137 por ciento en el ápice; mientras que en *Calamus steenesii* de 92 por ciento (base), 109 por ciento (medio) y 141 por ciento (ápice). Ambas especies mostraron un aumento del contenido de humedad de la base hacia el ápice, y según refiere, las variaciones en una misma especie pueden deberse a diferencias en habitat, edad o al factor diámetro.

Muñoz y Cardio (1995) realizaron estudios comparativos entre bayal (*Desmoncus sp*) y ratán (*Calamus sp*), obteniendo resistencias a la tracción de 714 kg/cm² y 323 kg/cm², respectivamente, para especímenes enteros; mientras que, al ser ensayado en tiras, *Desmoncus sp* aumentó su resistencia a 997 kg/cm².

Guevara (2011) obtuvo que como material en tiras, la “cashavara” presentó mejores esfuerzos de tensión paralela en comparación con cesto tamshi y alambre tamshi, y de los cuatro niveles de cortes evaluados: 2mm, 3mm, 4mm, 5mm el primero resultó ser más resistente a este tipo de esfuerzos (581 kg/cm²). Mientras que, al ensayar muestras enteras de esta especie, se obtuvo menor resistencia (109,3 kg/cm²) que en cesto tamshi y alambre tamshi.

Bath y Thoulasidas (1991) ensayaron especies de ratán de diámetro pequeño (<10 mm) procedentes de la India: *C. travancoricus*, *C. rotang* y *C. metzianus*, encontrando esfuerzos máximos de tracción de 551,97 kg/cm²; 229,45 kg/cm² y 229,5 kg/cm² respectivamente.

Orellana et al. (1999) realizaron pruebas de tracción, compresión y flexión a tallos de ratán (*Calamus manan*) tratados químicamente y a otras cuatro especies de palmeras consideradas potenciales sustitutos de esta, entre ellas *Desmoncus quasillarius*. Análisis estadísticos de este estudio, muestran marcadas diferencias entre ambas especies (Tabla 6); además, recomienda realizar tratamientos químicos que podrían cambiar de manera positiva la resistencia y flexibilidad.

Tabla 6: Propiedades mecánicas de *Calamus manan* y *Desmoncus quasillarius*

Especie	Flexión estática (kg/cm²)		Compresión paralela (kg/cm²)		Tensión paralela (kg/cm²)	
	MOE	Emax	MOE	Emax	MOE	Emax
<i>Calamus manan</i>	21229	716	11970	220	4323	490
<i>Desmoncus quasillarius</i>	10668	216	4249	65	2005	95

MOE (Módulo de elasticidad), Emax (Esfuerzo máximo)

FUENTE: Orellana et al. (1999)

En tanto, Yudodibroto, citado por Jasni (1997) afirma que la resistencia a la tracción de la parte externa de tres especies de ratán (*Calamus inops*, *Calamu púbrica* y *Calamus sp*) son consecutivamente 1 239 kg/cm², 831 kg/cm² y 847 kg/cm². Mientras tanto, la resistencia a la tracción del núcleo de las especies de ratán correspondientes fueron 873 cm², 756 kg/cm² y 772 kg/cm², respectivamente.

Evidencia de la **influencia de las condiciones de crecimiento** sobre las propiedades de resistencia en los tallos se obtuvo en la península de Yucatán, México, para *Desmoncus orthocanthos* en muestras sin corteza provenientes de dos zonas: abiertas y sombreadas; encontró que tallos flexibles y resistentes estaban relacionados con un crecimiento en sitios sombreados, mientras que tallos rígidos y menos flexibles a sitios abiertos. Además, la región basal registró los valores más altos de resistencia con respecto al nivel medio y apical. (Propiedades mecánicas... 2007)

Quiroz et al. (2008) y Canto (2005) en estudios realizados a tallos de *Desmoncus orthocanthos* de sitios perturbados e impertubados de la península de Yucatán- México, coinciden en señalar que la resistencia a la flexión mecánica fue mayor para los tallos de sitios impertubados en las zonas basales, mientras que la resistencia a la compresión fue mayor en tallos de lugar perturbado (Tabla 7); lo cual está relacionado, según refieren, con la asignación de recursos para la producción de soporte o aumento de diámetro dependiendo de las condiciones de crecimiento, lo que influye en la resistencia del tallo.

Tabla 7: Propiedades mecánicas de compresión y flexión en tallos de *Desmoncus orthocanthos*

			Esfuerzo último de compresión (kg/cm ²)		Esfuerzo último de flexión (kg/cm ²)	
			Sitio perturbado	Sitio conservado	Sitio perturbado	Sitio conservado
Canto (2005)	Mecánica	Apical	139,300	106,200	3,634	5,268
		Medio	121,670	85,200	6,511	11,413
		Basal	206,400	226,500	9,111	15,184
		Promedio	155,790	139,300	6,419	10,622
Quiroz et al, (2008)	Mecánica	-	0,034	0,015	1,019	1,218
	Biomecánica	-	0,138	0,046	1,101	1,253

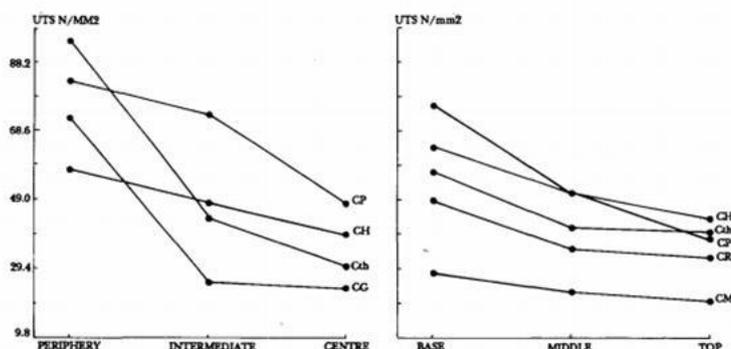
FUENTE: Canto (2005) y Quiroz et al. (2008)

En cuanto a **la influencia de la edad** en la resistencia en tallos de palmeras, Canto (2005) dice que al realizar la caracterización mecánica de *Desmoncus quasillarius* en diferentes

estados de desarrollo (juvenil, pre-reproductor y reproductor), encontró valores máximos de resistencia a la compresión en el estado reproductor ($226,5\text{kg/cm}^2$) y menor en estadio juvenil ($139,3\text{kg/cm}^2$). Asimismo, Bath y Thulasidas (1991) en un estudio de tallos jóvenes y maduros de cañas de ratán, demostraron que el esfuerzo máximo a la tracción mejora con la edad: $37,5\text{Nmm}^2$, en tallos jóvenes y $67,8\text{Nmm}^2$ en tallos adultos. Los autores explican que el aumento con la edad, del espesor de pared de fibra, es lo que genera mayor rigidez en el tallo.

Isnard et al. (2005) estudiaron las propiedades del tallo de *Desmoncus orthacanthos* y *D.polyacanthos*, determinando que la vaina foliar que rodea el tallo aumenta la rigidez tanto en tallos jóvenes, que se autosostienen, como en áreas apicales de tallos adultos. La senescencia de esta vaina foliar reduce la rigidez de ejes trepadores más viejos, siendo este un mecanismo de fractura que le da mayor flexibilidad al tallo adulto. Los autores aseguran que *D. orthacanthos*, es la especie en la que la envoltura foliar contribuye más a resistir fuerzas de flexión, mientras que en *D. polyacanthos* el soporte mecánico es proporcionado principalmente por el tallo.

En estudios sobre la **influencia de la posición del tallo**, Guzmán, citado por Fathi (2014) al investigar sobre la resistencia en palmera de coco concluyó que todas las propiedades ensayadas incluyendo resistencia a la flexión, r. a la compresión, r. a la tracción, disminuyen de la periferia hacia el centro del tallo. Los valores medios de MOR en zonas periférica, central e interior fueron respectivamente 76N/mm^2 , 55N/mm^2 y 31N/mm^2 . La Figura 14 muestra la tendencia radial de la resistencia de tallos de ratán, observado por Bath y Thulasidas (1991).



(CG=Calamus gamblei, CH= C. hookerianus, CM= C. Metzianus, CP= C. Pseudotenius, CR= C. rotang, C. Th= C. thwaitesii)

Figura 14: **Tendencia radial de Esfuerzo máximo de tensión en relación a la posición del tallo en cinco especies de ratán.**

Souza (2012) reporta que mayores valores de resistencia a la tracción paralela a las fibras en *Desmoncus polyacanthos* se obtuvieron en las regiones pertenecientes a la base (718 μm) y la mitad de la longitud utilizable del estípite (688 μm). Lo mismo ocurrió con el MOE, que decrece de la base al ápice (1857 MPa, 1546 MPa y 757 MPa respectivamente).

Bath y Thulasidas (1991) en pruebas de resistencia a la tracción a diferentes contenidos de humedad en dos especies de ratán, encontraron en general que la resistencia mejora con la pérdida de humedad. *Calamus thwaitesii* con 71.5 por ciento de humedad presentó un esfuerzo máximo a la tensión de 683 kg/cm², mientras que a 27 por ciento de humedad su resistencia aumentó a 691 kg/cm². Lo mismo ocurrió con *Calamus hookerianus*, al pasar la humedad de 65 por ciento a 46 por ciento, su resistencia se incrementó de 520 kg/cm² a 540 kg/cm².

4.3. INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD E INTEMPERISMO EN LA RESISTENCIA

Según Arroyo (1983) las reacciones degradativas más importantes que van a afectar las propiedades de resistencia en los materiales afectan a la celulosa y van a depender de cuatro factores interrelacionados: Temperatura, tiempo de exposición a la temperatura, contenido de humedad y pH del medio en que se encuentra.

La dispersión o concentración de la sustancia sólida de la pared celular que ocurre cuando la madera gana o pierde humedad produce cambios en el peso específico, los cuales a su vez producen cambios en las propiedades de resistencia (Arroyo 1983). Estudios en monocotiledóneas como *Guadua angustifolia* realizados por Gutierrez y Takeuchi (2014) han demostrado que la resistencia a la tensión paralela a la fibra se ve afectada cuando se encuentra por debajo del contenido de humedad de equilibrio o por encima del punto de saturación de las fibras, sin embargo, no presenta una variación considerable para contenidos de humedad comprendidos entre estos dos puntos. Bath y Thulasidas (1991) mencionan un comportamiento semejante de las especies de ratán (*Calamus sp.*) con la madera en cuanto a mejora de resistencia conforme disminuye el contenido de humedad.

Lockuán (2012) menciona que, según el tipo de fibra, especialmente las más higroscópicas, los resultados de resistencia a la rotura por tracción son muy sensibles a la humedad absoluta. En hilos de algodón y lino, por ejemplo, al aumentar la humedad absoluta, aumenta su resistencia.

El envejecimiento es el resultado de los efectos del intemperismo, que por lo general implica un cambio químico que conlleva a un cambio físico; este concepto está relacionado con el tiempo de vida útil (Herrera et al. 2013).

Según Rodríguez y Fuentes (2003) los agentes responsables de los cambios en la superficie de la madera, ocasionados por el medio ambiente son la radiación solar (luz ultravioleta, visible e infrarroja), la humedad (rocío, lluvia, nieve, contenido de humedad) y la temperatura, siendo la composición física, química y anatómica las que influyen sobre estos cambios. Ambos autores mencionan además que conforme aumenta la densidad, la magnitud de la erosión en la madera disminuye, lo que se refleja en mejoría en la resistencia al intemperismo.

Tanto la resistencia como la elasticidad varían en forma inversa con la temperatura a un contenido de humedad dado. Cuando la madera se calienta a temperaturas que oscilan entre 65.5 °C y el punto de ignición por tiempo largo, ocasiona la pérdida permanente de la resistencia y de sus propiedades elásticas. Lo mismo ocurre con la exposición de la madera no tratada a temperaturas normales por períodos largos. Según Arroyo (1983) estos cambios producidos se deben a la hidrólisis de la celulosa (disminución de la porción de celulosa), en cambio, los porcentajes de lignina y pentosanas permanecen casi iguales en la madera, independientemente del tiempo.

Cambios comparables en composición química y resistencia pueden ser producidos por calentamiento en cámaras cerradas a $T^{\circ} > 100^{\circ}\text{C}$ en pocos días. Este procedimiento es conocido como “envejecimiento acelerado” en donde además de temperaturas elevadas las muestras pueden ser sometidas a ambientes humidificados, en la actualidad, es de importancia por proporcionar información relativa de los cambios naturales que pueden ocurrir en el material en estudio durante años. (TAPPI 1997c).

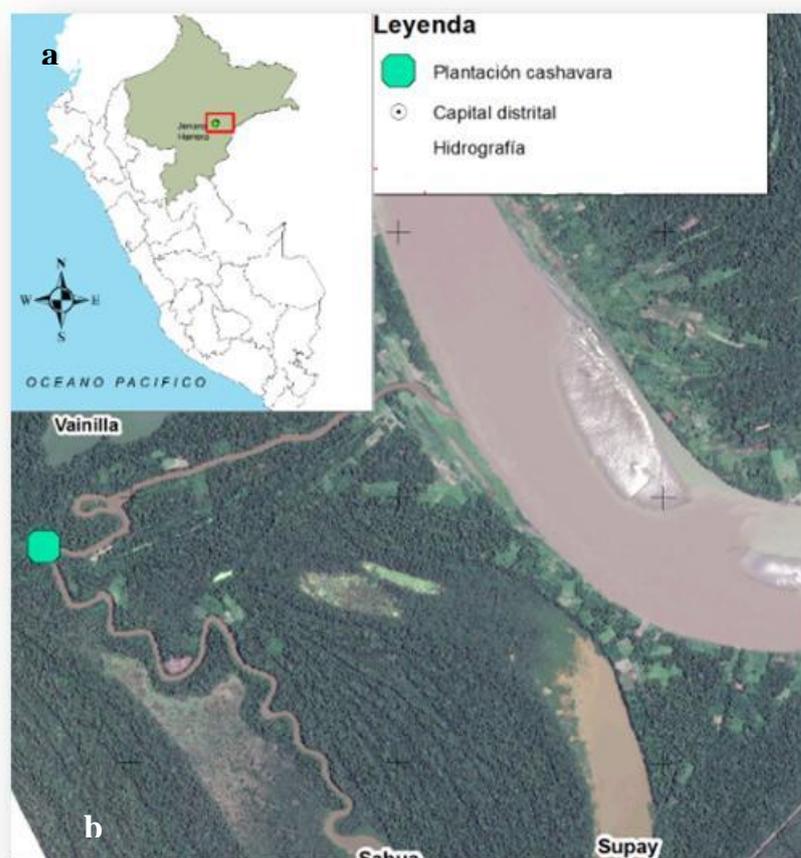
III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. ZONA DE ESTUDIO

1.1. LUGAR DE COSECHA

1.1.1. UBICACIÓN

El área en estudio es una plantación localizada en la formación “bosque húmedo tropical” (bh-T) (Figura 15), la vegetación de “Supay-Braga” es un bosque de restinga baja, que se encuentra intervenida por actividades humanas.



a) Departamento de Loreto b) Plantación dentro de “Supay Braga”

Figura 15: Ubicación de la plantación de *Desmoncus polyacanthos* Martius.

FUENTE: IIAP, 2014

La plantación establecida hace 13 años se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas: Longitud Oeste 73 44', Latitud Sur 4 55, en la zona del Supay-Braga en el Distrito de Jenaro Herrera, provincia de Requena, Región Loreto a 200 km aguas arriba de la ciudad de Iquitos, asentada en la margen derecha del río Ucayali (Torres et *al.* 2010). Con una superficie de 1.35 ha consta de 15 fajas de 1m de ancho por 180m de largo cada una, orientadas de este a oeste, y separadas a 5m de distancia, con un total de 135 individuos (Figura 16).

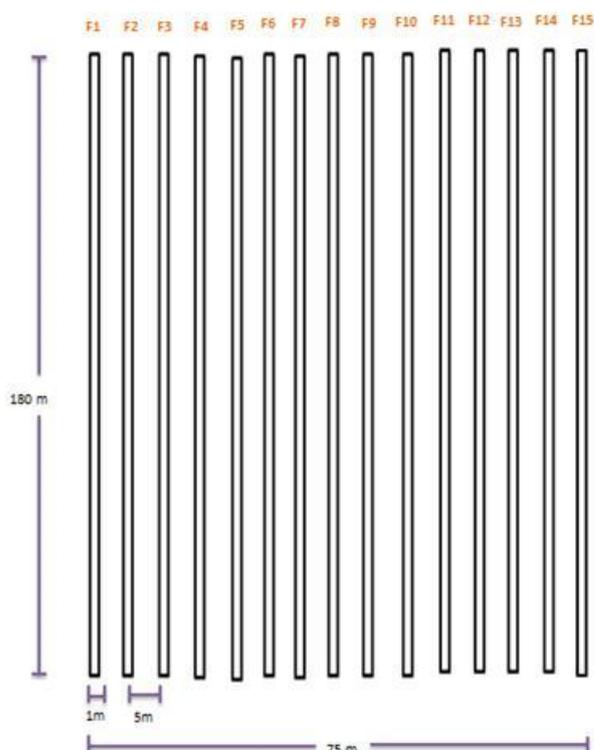


Figura 16: Disposición de fajas en la plantación de “cashavara”, en Supay Braga-Distrito de Jenaro Herrera.

FUENTE: Elaboración propia

1.1.2. ECOSISTEMA

La plantación muestra dos paisajes fisiográficos bien diferenciados: Planicie aluvial fluvial, inundada estacionalmente durante el periodo de creciente del río Ucayali, y la planicie interfluvial o zona de altura (tierra firme), no influenciada por las variaciones estacionales del nivel de aguas del río principal (Torres et *al.* 2010). Esta diferencia de fisiografías en la zona, influye en la supervivencia de la especie y la cantidad de rebrotes que presente cada individuo, demostrado por Águila (2016) en un reciente estudio, encontrando en suelos inundables una supervivencia de 32%, mientras que en tierra firme fue tan solo 16%, siendo

en esta última zona donde se desarrollaron el mayor número de estípites por mata, corroborando lo encontrado por Torres et al. (2011) que establece una relación directa entre la mortandad y el número de rebrotes en la plantación.

1.1.3. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

La zona de Jenaro Herrera presenta un clima húmedo tropical, temperatura media anual de 25.9 C, precipitación media anual de 2 715mm y media mensual entre 140 y 309mm (Torres et al. 2010).

1.2. LUGAR DE ENSAYOS

Los ensayos de determinación de las propiedades físico- mecánicas fueron realizados en el Laboratorio de Pulpa y Papel, y los de caracterización anatómica en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.1. PRIMERA ETAPA: JENARO HERRERA

- Tijera de podar de mano
- Tijera telescópica
- Wincha de 50 m
- Formatos de toma de datos
- Machete
- Plumón indeleble
- Cinta para rotular muestras
- Lápices
- Vernier (precisión: 0.0.1 cm)
- Guantes de cuero
- Balanza de mano
- Balanza convencional

2.2. FASE DE LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL

- Regla de madera de 1m
- Cutter
- Balanza convencional Camry (precisión 1g)
- Balanza analítica OHAUS (precisión: 0.1 mg)
- Vernier (precisión: 0.0.1cm)
- Tabla Munsell para tejidos y suelo
- Micrómetro Lorentzen (precisión: 10 μ m)
- Tensiómetro Lorentzen (precisión 0.1 kg)
- Plegómetro Tinius olsen (precisión: 1 unidad)

2.3. FASE DE LABORATORIO DE ANATOMÍA DE LA MADERA

- Lupa de 10 X.
- Solución de alcohol de 30, 60 y 90°.
- Solución de safranina al 2% en alcohol de 90°.
- Merkoglas
- Abrasivo fino para micrótomo
- Glicerina
- Ácido Nítrico al 33%
- Agua destilada.
- Xilol.
- Placas petri.
- Vasos pyrex

- Porta objetos tamaño standart
- Cubre objetos de 18x18 y 22x22 mm
- Bisturí
- Pincel pelo de Martha
- Parafina
- Micrótopo de deslizamiento horizontal
- Microscopio con cámara fotográfica incorporada
- Plancha de calentamiento

2.4. FASE DE PROCESAMIENTO DE DATOS

- Laptop

3. METODOLOGÍA

3.1. PRIMERA ETAPA: JENARO HERRERA

3.1.1. FASE DE CAMPO

a. Cosecha de estípites maduros

La fase de campo se realizó en la plantación ubicada en el bosque de “Supay-Braga”, donde se cosecharon los estípites de “cashavara” que presentaron características visuales de madurez y aptitud de ser aprovechados: físicamente los estípites debían tener los tallos con coloración marrón y corteza de fácil extracción.

Las cosechas se realizaron por fajas (Figura 14). La extracción consistía en cortar los estípites desde la base haciendo uso de tijeras de podar de mano y tijeras telescópicas para las partes más altas. Posteriormente se extrajo la envoltura foliar exterior. De las 15 fajas que conformaban la plantación, fueron 11 las que presentaban estípites maduros y solo en estas se realizó la cosecha.

b. Caracterización de estípites

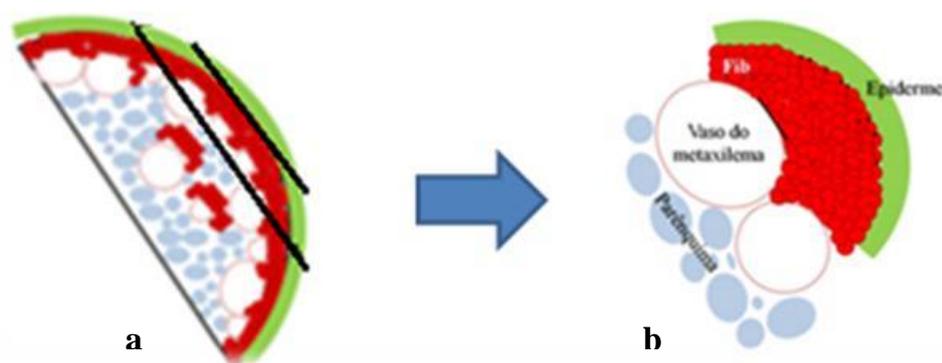
Inmediatamente después de realizada la cosecha de estípites, se registraron los siguientes datos:

- Diámetros y longitudes: Tomado en la base y la parte apical de cada estípite, con el uso del calibrador de Vernier, además de la longitud aprovechable y no aprovechable de lo cosechado con una cinta métrica.
- Codificación: Cada estípite extraído fue rotulado con el número de Faja, Mata y Estípite correspondiente.

3.1.2. FASE DE GABINETE

a. Desfibrado

Obtenidos los estípites, y habiendo cosechado el material aprovechable proveniente de las 11 fajas de la plantación, se procedió al desfibrado manual de los estípites; esto se realizó con el fin de obtener una mayor proporción de fibras en las muestras a ensayar (Figura 17), conforme el procedimiento que realizan las artesanas del distrito de Jenaro Herrera para la obtención de esterillas.



a) Vista transversal de estípites de “cashavara” b) Región externa del estípite.

Figura 17: **Esquema representativo de la sección transversal de muestras para ensayos de propiedades mecánicas.**

FUENTE: Adaptación Souza (2012)

Cada estípite fue desfibrado en un máximo de cuatro partes, que dependió del grosor de cada uno y del estado sanitario de la fibra. El desfibrado manual consistió primero en seccionar longitudinalmente los estípites, con el uso de cuchillas; luego, extraer la parte interna o cilindro central mediante el “raspado” manual, de modo que se obtuvieron esterillas de similar ancho y espesor. La secuencia de desfibrado se muestra en la Figura 18.



A.- Estípites descortezados de “cashavara” en rollo. B.- Seccionamiento longitudinal del estípites. C.- “Raspado” para eliminación de médula interna. D.- Esterilla de “cashavara” obtenida luego del desfibrado.

Figura 18: **Secuencia de desfibrado manual de estípites de “cashavara”.**

FUENTE: Elaboración propia

b. Acondicionamiento para el transporte

Las fibras, ya en forma de “esterillas”, fueron enrolladas y codificadas. El transporte del material se realizó en una caja sellada y embalada, y posteriormente enviada a Lima.

3.2. SEGUNDA ETAPA: LIMA

- Selección de individuos a evaluar

De las esterillas obtenidas, se realizó un muestreo al azar a fin de seleccionar individuos para los ensayos correspondientes. De una mata (planta) y de cada faja, se seleccionó un estípites (tallos), por cada mata. Se evaluaron un total de 11 estípites.

Determinación de propiedades físicas

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

a) Contenido de Humedad:

Para la evaluación de esta propiedad, se utilizó la Norma TAPPI T412 om-94. El procedimiento consiste en calcular el contenido de humedad de la probeta, a partir de la pérdida de peso que ocurre cuando se elimina el agua contenida en la superficie y el interior.

Se prepararon muestras de aproximadamente 5 cm de largo de cada estípite (Figura 19), que fueron secadas en estufa a temperatura controlada de $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta obtener un peso constante.

Conocidas las masas de la muestra antes del secado, W_1 , y después del secado, W_2 , se calcula el contenido de humedad en unidades porcentuales, mediante la siguiente fórmula:

$$\%M: \frac{W_1 - W_2}{W_2} * 100$$

Dónde:

$\%M$ = Contenido de humedad porcentual

W_1 = peso inicial de la muestra, g

W_2 = peso anhidro de la muestra, g



Figura 19: Muestras de 5 cm de longitud para determinación de contenido de humedad.

FUENTE: *Elaboración propia*

b) Densidad lineal (DENNIER):

Se realizó de acuerdo a la norma TAPPI T411. Se tomó una muestra de haz fibroso por cada estípote a ensayar, determinando la longitud media (L) de cada una, con un vernier. Luego se determinó el número de fibras (Nf) que conforman el haz fibroso, con la presunción de que el área transversal del haz (AT) es una circunferencia, al igual que el área transversal de una fibra (af), conociendo el diámetro de una fibra individual.

$$Nf = AT/af$$

En una balanza analítica se tomó el peso seco (mf) del haz fibroso. Finalmente, para determinar el valor de densidad lineal (DL) se utilizó la siguiente fórmula:

$$DL = \frac{mf}{Nf * L} * 100$$

Y para el valor de denier de la fibra:

$$Denier = 9000 * DL$$

c) Color: Para la caracterización de color de cada muestra se utilizó la tabla Munsell para tejidos y suelos.

Para determinar la calidad en la coloración de la fibra, se consideró la fibra natural de color amarillo pálido de “cashavara” como de primera calidad. La calidad se deteriora conforme aumenta la presencia de manchas o una tonalidad distinta a la coloración amarillenta homogénea, la cual es característica de este material. En base al criterio de Mayorga et al. (2004) la fibra, dependiendo de la uniformidad del color, se clasifica de la siguiente manera:

Tipo 1: Fibra con menos de 5% del total que presenta manchas o distinta coloración.

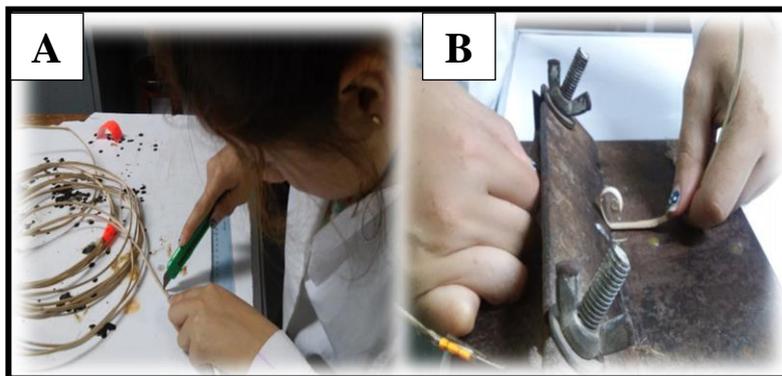
Tipo 2: Fibra del 5% a 10% del total que presenta manchas o distinta coloración.

Tipo 3: Fibra del 10% a 25% del total que presenta manchas o distinta coloración.

Tipo 4: Fibra con más del 25% del total que presenta manchas o distinta coloración.

Determinación de propiedades mecánicas

Para la preparación del material a ensayar, cada elemento desfibrado fue dimensionado (longitudinal y transversal) dependiendo del ensayo a realizar (Figura 20) y el espesor final se obtuvo con el uso de una desfibradora manual.



A). Dimensionamiento longitudinal. B) Dimensionamiento transversal.

Figura 20: **Dimensionamiento final de las muestras para ensayos mecánicos.**

FUENTE: Elaboración propia

Los ejemplares seccionados fueron acondicionados a una temperatura de 21 ° y humedad de 65 %, por un período de 24 horas, previo a la ejecución del ensayo. Conforme a lo establecido por la norma TAPPI T402 de Acondicionamiento standard.

Las pruebas mecánicas evaluadas se realizaron en condición saturada y condición seca a temperatura ambiente; las que se detallan a continuación:

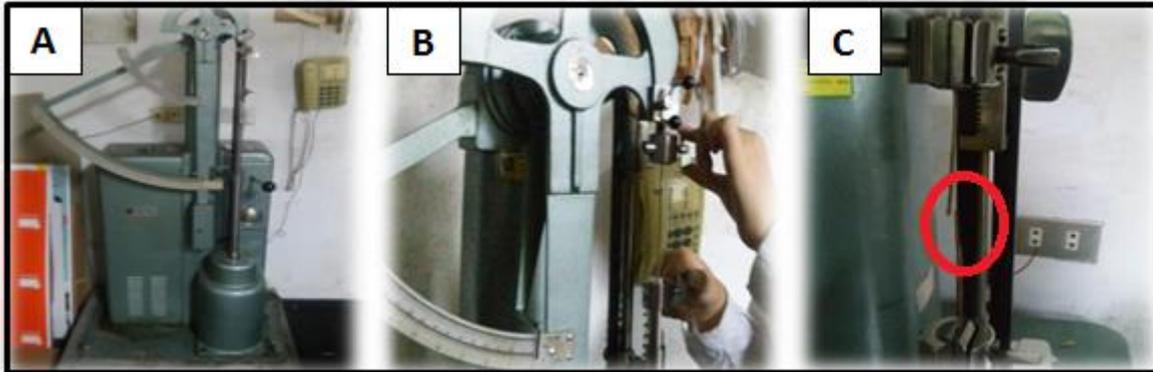
a) Tensión:

Su determinación se realizó con la adaptación a la norma TAPPI T494 om-96, la cual consistía en la aplicación de una carga a velocidad constante sobre las fibras de “cashavara” para medir la fuerza de tracción en el momento de la ruptura de las probetas.

La máquina de ensayo (dinamómetro) se calibró previamente, ajustando las abrazaderas (luz de ensayo de 10 cm) y los controles de velocidad de separación de las mordazas a 0,2 m/min.

Se utilizaron 10 muestras de 15 cm de longitud y de 2 mm de espesor por cada estípote. Los ensayos se realizaron en el ambiente de prueba especificado en T 402. Se colocaron las

probetas en la zona de ensayo del dinamómetro. Durante el ensayo se determinaba el valor de la carga (kg) y simultáneamente el valor de la elongación (mm) hasta la ruptura de la probeta. Se rechazaron probetas que presentaron rotura dentro de 5 mm de la superficie de sujeción. El proceso de ensayo se puede observar en la Figura 21.



A) Dinamómetro calibrado. B) Ubicación de las muestras a ensayar. C) Ruptura de la probeta en la zona central.

Figura 21: **Ensayo de tensión.**

FUENTE: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se calculó la resistencia a la tracción dividiendo la carga máxima de tensión entre el área transversal de la probeta:

$$E_{max} = \frac{F_{max}}{A}$$

Dónde:

E_{max} = Esfuerzo máximo de tensión (kg/cm²)

F_{max} = Carga máxima (kg)

A = Área de la sección transversal de la probeta (cm²)

b) Alargamiento

La elongación a la ruptura se expresa como un porcentaje de su longitud inicial. Para calcular el porcentaje de elongación, se dividió el alargamiento total producido entre la longitud de ensayo inicial. Datos obtenidos con los ensayos de tensión (Adaptación de la Norma TAPPI T494 om-96).

$$\%AL = (Lf / Lo) *100$$

Dónde:

% AL= Porcentaje de alargamiento o elongación

Lf= Longitud de alargamiento total en la probeta al final del ensayo (mm)

Lo= Longitud de ensayo inicial (Luz = 150 mm)

c) TEA (Absorción de energía de tracción- Tensile energy absorption)

Datos obtenidos con los ensayos de tensión (Adaptación de la Norma TAPPI T494 om-96).

Se calculó la energía de tracción de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$TEA= 1 * 10^6 A/LW$$

Dónde:

TEA= Absorción de energía de tracción (J/m²)

L= Longitud de prueba inicial, mm

W= anchura de la muestra, mm

A= área bajo la curva de carga- elongación, J

Para hallar el área bajo la curva de carga- elongación (área entre la curva y el eje de alargamiento) se utilizó integración por partes.

d) Plegado

Este ensayo se realizó según la norma TAPPI T511 om-96. Se ensayaron 5 muestras por estípito de 10 cm de longitud y espesor uniforme, en ambas condiciones de humedad (saturada y seco al aire).

Las muestras fueron colocadas en el aparato de prueba de resistencia al plegado tipo MIT (Figura 22) bajo una carga (0,5 kg) de tensión constante (4,9 N), la cual era doblada en un ángulo de 135° en cualquier dirección, y a una velocidad de 200 dobles pliegues por minuto, hasta que la muestra se rompa en el pliegue.

Para el cálculo de resistencia al plegado se registró el número de dobles pliegues.



Figura 22: **Aparato tipo MIT para determinación de resistencia al plegado.**

FUENTE Elaboración propia

e) Torsión

Realizada bajo la norma NTE INEN 0140: Ensayo de torsión simple para alambres. Consistió en torcer probetas de fibra de “cashavara” de 3,5 mm de ancho, 0,9 mm de espesor y 0,30 m de longitud alrededor de su propio eje longitudinal hasta que estas se rompan. La torsión se efectuó en el mismo sentido durante todo el ensayo.

Sobre dos ejes paralelos de metal se sujetó la probeta con dos mordazas de tal forma que uno de los extremos se hacía rotar alrededor del eje longitudinal de la probeta con ayuda de un ratchet, mientras que la otra permanecía fija a una balanza romana de 12 kg.

Se registró la carga máxima en kilopondios (kp) que soportaba la fibra y el número de giros hasta el momento de ruptura.

Para el cálculo de la resistencia máxima a la torsión (momento torsor), se usó la siguiente ecuación:

$$S = F \cdot d$$

Donde:

S= Momento torsor, (kgm*)

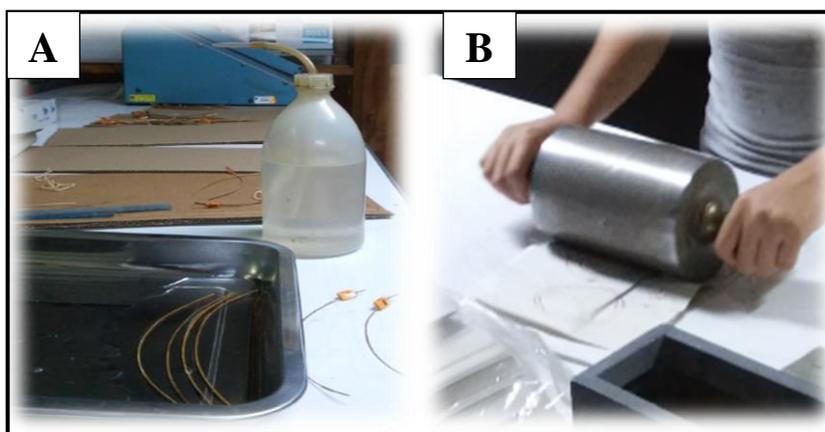
F= Carga máxima hasta la ruptura (kp)

d= Distancia entre puntos de sujeción (m)

*El kilográmetro (kgm) expresa el trabajo que realiza una fuerza de 1 kilopondio (kp), cuando desplaza una distancia de 1 metro en su misma dirección.

Análisis de la influencia del contenido de humedad

Los ensayos anteriormente mencionados fueron realizados tanto en condición seca al aire como en condición húmeda (>30%). Para obtener una condición saturada de las muestras, estas fueron sumergidas en un recipiente con agua destilada por el período de 5 minutos. Posteriormente, para quitar el agua superficial y así evitar deslizamientos de la muestra durante los ensayos, se deslizó un rodillo a través de toda su longitud. El procedimiento realizado se puede observar en la Figura 23.



A) Saturación de las probetas. B) Eliminación de agua superficial.

Figura 23: **Procedimiento previo de ensayo de muestras húmedas.**

FUENTE Elaboración propia

Análisis del envejecimiento de la especie:

Se realizó según la norma TAPPI- T544 sp-97 con el propósito de obtener inferencias respecto a las cualidades de envejecimiento a largo plazo de la fibra de “cashavara” comparando propiedades mecánicas antes y después del “envejecimiento acelerado”.

Para este análisis se usó una cámara de envejecimiento acelerado, donde se introdujeron las muestras por el período de una semana a 90°C de temperatura y 50% de humedad (Figura 24); transcurrido este tiempo, se realizaron los ensayos de propiedades mecánicas a la misma cantidad de muestras por cada propiedad según ensayo, pero solo en la condición de humedad.



A) Cámara de envejecimiento acelerado. B) Estípites de “cashavara”.

Figura 24: **Muestras de estípites de “cashavara” en cámara de envejecimiento acelerado.**

FUENTE Elaboración propia:

Estudio anatómico

El estudio anatómico de la madera se realizó en base a la Norma de Procedimientos em Estudios de Anatomía de Madeira: I. Angiospermae del IBAMA (1991) y la List of Microscopic Features for Hardwood Identification del IAWA (1989).

a. Preparación de muestras para el estudio anatómico

De cada estípite a evaluar se tomaron muestras de 2 cm para la preparación de láminas histológicas y posterior evaluación microscópica de la especie.

b. Microtecnia

La metodología descrita toma como referencia la utilizada por Aróstegui (1976), en el estudio anatómico de las maderas en el Perú.

b.1. b.1. Preparación de láminas histológicas

Por ser las muestras de espesor pequeño se realizó un parafinado previo al corte, en cubos de madera con ranura en uno de sus extremos, con la finalidad que pudieran ser sujetadas en el micrótopo y posteriormente ser cortadas. El procedimiento realizado para la preparación de láminas histológicas se describe a continuación:

Ablandamiento: Antes del parafinado las muestras fueron ablandadas con Hidróxido de Sodio NaOH (3%) por aproximadamente una hora para facilitar la realización de los cortes en el micrótopo.

Corte: Los cortes fueron realizados en micrótopo, solo en secciones transversales. Una vez obtenidos, se seleccionaron los mejores y fueron colocados en placas petri, para luego agregar xilol con la finalidad de disolver la parafina.

Deshidratado: La deshidratación fue realizada en forma gradual empleando soluciones de alcohol etílico de: 30°, 60° y 90°; dejando a las láminas en cada concentración por un periodo de 15 minutos.

Coloración y montaje: Las láminas fueron coloreadas con Safranina, para lo cual se agregó 5 gotas, hasta obtener un coloreado uniforme. Luego se realizaron lavados para eliminar el exceso de colorante con alcohol de 90°. Para la fijación de colorante se utilizó xilol.

El montaje de las láminas fue permanente y se utilizó porta y cubre objetos; estos últimos fueron pegados con Merckoglass y su secado fue casi instantáneo.

b.2. b.2. Preparación de tejido macerado

Se prepararon de porciones de fibra en tamaños semejantes a palitos de fósforo, y se colocaron en vaso pyrex mediante cocción en ácido nítrico al 33% a una temperatura de 40°, por un tiempo de 15 minutos.

Luego, para eliminar el exceso de ácido, se hacen lavados por 3 a 4 veces con agua corriente, luego se procedió a aplicar 3 o 4 gotas de safranina. Parte del tejido macerado es colocado en una placa Petri y se le agrega 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 seleccionados se colocaron en portaobjetos para su montaje, los cuales fueron pegados con Merckoglass y secado a temperatura ambiente cuyo secado es casi instantáneo.

b.3. b.3. Medición de elementos leñosos

Se realizaron 170 mediciones por elemento anatómico que incluyen diámetro de poros y longitud de vasos; diámetro, espesor y longitud de fibras. Asimismo, se realizaron 275 mediciones de número de poros por mm². Las mediciones de los elementos leñosos se realizaron utilizando el software LAS EZ de LEICA.

b.4. b.4. Toma y registro de imágenes

La estructura microscópica de la especie se registró mediante la toma de microfotografías, mediante el software de la cámara digital Leica acoplada al microscopio y conectada a una computadora.

b.5. b.5 Evaluación de resultados

Los parámetros estadísticos de los elementos anatómicos se calcularon conforme lo indicado en la norma COPANT N° 30:1-12 (1974). Se calculó el promedio, el valor máximo y mínimo, desviación estándar y coeficiente de variabilidad e intervalo de confianza.

La secuencia de operaciones realizadas en la fase de campo y de laboratorio para el estudio físico mecánico y anatómico de la especie, se muestra en la Figura 25.

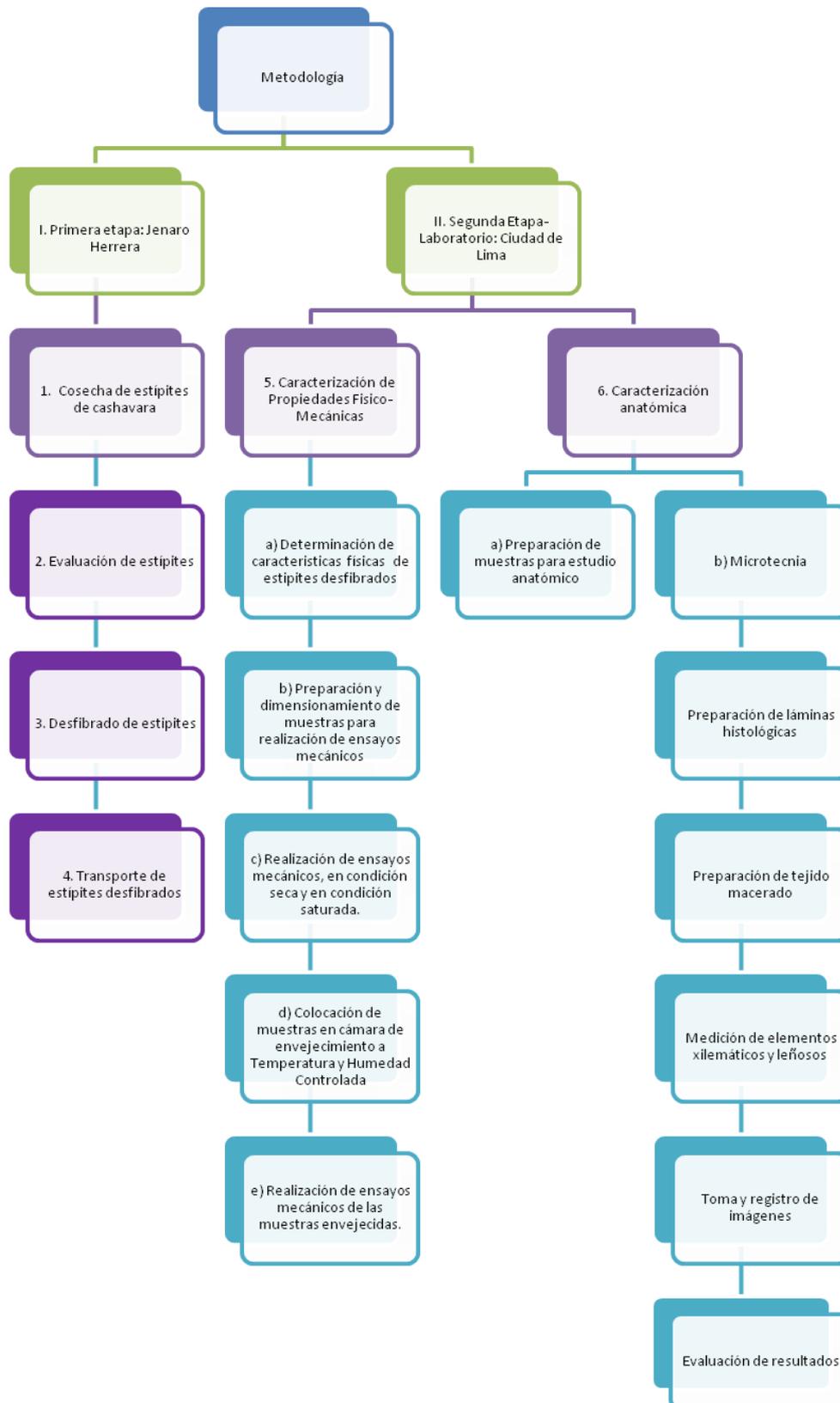


Figura 25: **Secuencia metodológica de caracterización Anatómica y de Propiedades físico-mecánicas de la fibra de “cashavara” (*Desmoncus polyacanthos*).**

FUENTE: *Elaboración propia.*

4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el Diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 2x2, con 10 repeticiones para los ensayos de tensión, alargamiento, TEA y torsión; y, 5 repeticiones para los ensayos de Plegado para 11 estípites, conforme a la Tabla 8.

Variables Independientes

- Contenido de humedad:

Con 2 niveles: Húmedo y seco

- Envejecimiento

Con 2 niveles: con envejecimiento y sin envejecimiento

Variables dependientes

Corresponderá a todas las evaluaciones mecánicas realizadas:

- Tensión, alargamiento, TEA, plegado

Tabla 8: Diseño experimental: variables Independientes y Dependientes

Nº Muestra (estípite)	Variables Independientes				Variables Dependientes				
	Factor A: contenido de humedad		Factor B: envejecimiento		Tensión	Alargamiento	TEA	Plegado	Torsión
	Seco (12%)	Húmedo (≥30%)	Con Envj.	Sin Envj.					
2	2.a1	2.a2	2.b1	2.b2	X	X	X	X	X
3	3.a1	3.a2	3.b1	3.b2	X	X	X	X	X
4	4.a1	4.a2	4.b1	4.b2	X	X	X	X	X
5	5.a1	5.a2	5.b1	5.b2	X	X	X	X	X
6	6.a1	6.a2	6.b1	6.b2	X	X	X	X	X
7	7.a1	7.a2	7.b1	7.b2	X	X	X	X	X
9	9.a1	9.a2	9.b1	9.b2	X	X	X	X	X
10	10.a1	10.a2	10.b1	10.b2	X	X	X	X	X
11	11.a1	11.a2	11.b1	11.b2	X	X	X	X	X
13	13.a1	13.a2	13.b1	13.b2	X	X	X	X	X
14	14.a1	14.a2	14.b1	14.b2	X	X	X	X	X

FUENTE: Elaboración propia

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}; i=1, \dots, p [p=2]; j=1, \dots, q [q=2]; k=1, \dots, r_{ij} [r_{ij}=r= 10]$$

Dónde:

Y_{ij} = Resultado obtenido con el contenido de humedad i, envejecimiento j y la repetición k

α_i = Efecto del contenido de humedad i

β_j = Efecto del envejecimiento j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del contenido de humedad y el envejecimiento (ij)

ε_{ijk} = Efecto del error experimental obtenido por el contenido de humedad i, envejecimiento j y repetición k

Los resultados obtenidos en los ensayos de propiedades mecánicas se analizaron utilizando el software estadístico Statistical Analysis System (SAS), se compararon por medio de análisis de varianza (ANOVA) para verificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas. La identificación de las diferencias entre medias y la conformación de grupos se llevó a cabo a través de pruebas de medias de Tukey, en donde la asignación de letras (a,b) a cada grupo indica las diferencias entre ellos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los individuos muestreados presentan características propias de individuos clasificados como “maduros” por su coloración marrón oscura, fácil desprendimiento de la envoltura foliar, parte basal generalmente desprovista de espinas y sobre todo tallos flexibles, lo que los hace que estén listos para la cosecha, coincidiendo con lo descrito por Isnard et al. (2005) y pertenece al grupo de palmeras de tallos trepadores según la clasificación dada por Tomlinson (1961) sobre tipos de palmeras.

Las características en cuanto a longitudes y diámetros de las muestras destinadas al estudio anatómico y de propiedades físico-mecánicas se presentan en el Tabla 9.

Tabla 9: Características cuantitativas de los once estípites de *Desmoncus polyacanthos* cosechados

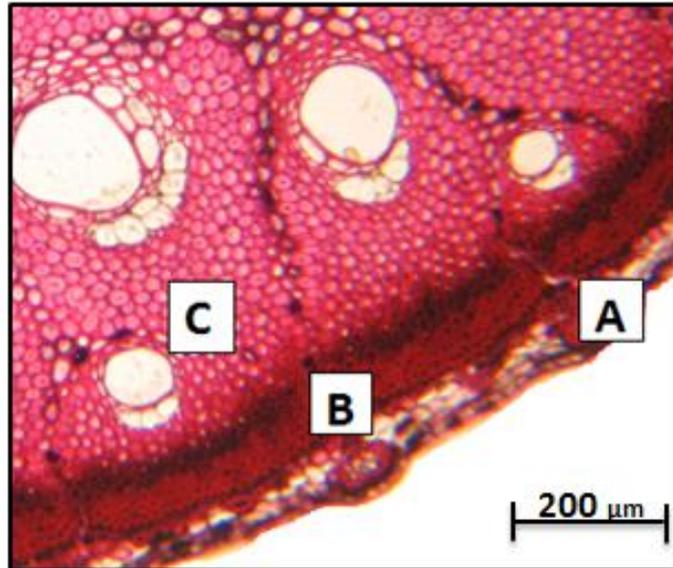
N° individuo	Ubicación			N° de estípites/mata	Long.	Long. No aprov (m)	Long. Total (m)	Peso (kg)	Diámetro (cm)
	N° faja	N° mata	N°estípite		aprov. (m)				
1	2	18	26	75	8,7	6	14,7	0,35	0,65
2	3	28	18	41	10,48	3,55	14,03	0,65	0,80
3	4	34	3	16	6,38	3,5	9,88	0,25	0,53
4	5	54	4	13	7,6	3	10,6	0,35	0,55
5	6	56	13	32	6,43	5	11,43	0,2	0,55
6	7	63	3	22	5,76	4,7	10,46	0,125	0,50
7	9	77	14	42	7,58	5,9	13,48	0,2	0,50
8	10	81	26	40	8,7	5	13,7	0,35	0,55
9	11	95	6	11	8,64	4,5	13,14	0,35	0,60
10	13	108	3	24	9,45	4,3	13,75	0,55	0,95
11	14	111	19	59	16,84	3,5	20,34	1	0,63
Promedio				34	8,78	4,45	13,23	0,4	0,62

En la Tabla 9 se puede observar que los once estípites cosechados presentaron una longitud promedio de 13,23 m; en donde la sección aprovechable estaba en un promedio de 8,78 m. La altura total alcanzada por esta palmera coincide con lo descrito por Isnard et al. (2005), los cuales mencionan que cada estípite perteneciente a una mata puede alcanzar hasta 13 m de longitud. En cuanto al diámetro, este es uniforme a lo largo del tallo (0,62 cm). Torres 2003; Isnard et al. 2005 y Souza 2012 señalan que el diámetro de los estípites de “cashavara” no son superiores a 2,5 cm, habiéndose encontrado para los tallos cosechados valores menores a 1,25 cm en promedio, lo que confirma la información dada para la especie. Agrega Souza (2012) que los estípites de “cashavara” no pueden alcanzar diámetros grandes, son siempre estrechos y clasificados como calamiformes.

El número de estípites por mata (Tabla 10) muestran un alto coeficiente de variación (58,8 %), debido según Águila (2016) a la diferente fisiografía en que se desarrollaron los individuos dentro de la plantación, que influye en su mortandad, la que, a su vez, se relaciona directamente con la cantidad de rebrotes. Individuos que crecen en zonas inundadas estacionalmente, tienden a tener mayor supervivencia y a desarrollar menor cantidad de estípites por mata.

2. CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA MICROSCÓPICA

En la sección transversal del tallo se pueden distinguir las tres zonas (Figura 26). La primera y más externa es la epidermis que cubre la segunda zona que es el área cortical o córtex. La tercera sección es el cilindro central, a cuya parte más externa la llamaremos zona periférica y a la interna zona central o no periférica. En esta región central los haces vasculares se encuentran inmersos en el tejido fundamental que ocupa el mayor porcentaje del área. Esta descripción coincide con las realizadas para el género por Quiroz et al. (2008), Tomilson y Zimmerman (2003) y Taminshe (2010).



A. Epidermis, B: Córtez y C: Cilindro central

Figura 26: **Diferenciación de tres regiones del tallo.**

A. Epidermis y Córtez

La epidermis está conformada de dos a tres capas de células cuadrangulares cutinizadas (Figura 27). Mientras que el córtex se caracteriza por presentar paquetes de fibras y haces vasculares corticales más pequeños que los que se presentan en el cilindro central, tal como lo menciona Quiroz et al. (2008) para tallos del género *Desmoncus*.

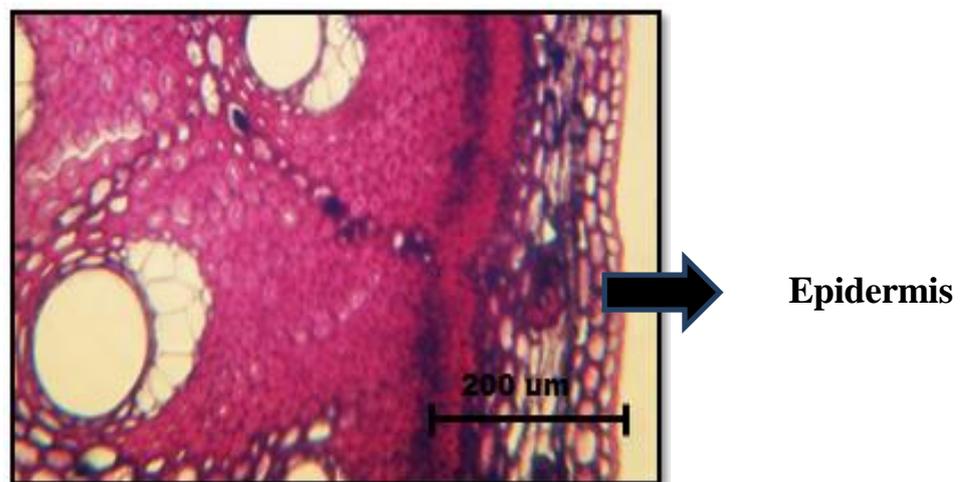


Figura 27: **Epidermis y Córtez en estípote de “cashavara”**

B. Cilindro central

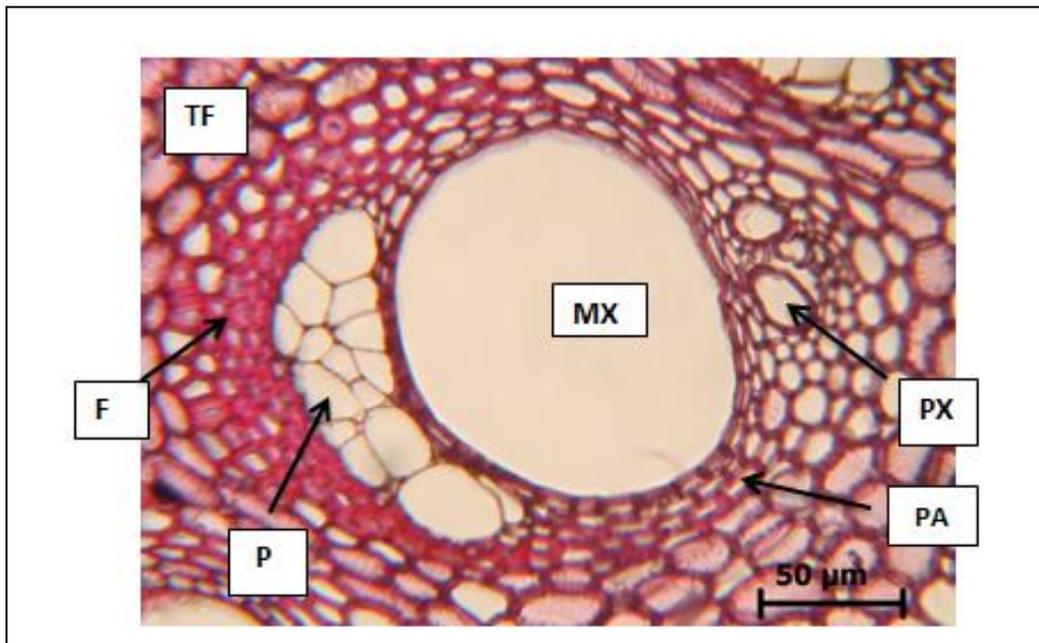
Está compuesto por un conjunto de haces vasculares dispersos de manera desordenada e incrustados en la matriz de tejido parenquimático, tal y como lo menciona Tomlinson (1961)

(Figura 28). Es posible reconocer el inicio de esta sección en el tallo, ya que es abruptamente delimitado del córtex por vainas de esclerenquima muy bien desarrolladas que se encuentran rodeando haces vasculares (Figura 26).



Figura 28: **Cilindro central del estípite de “cashavara”**

Cada haz vascular está conformado por xilema con células de parénquima asociado, floema, y una vaina de esclerenquima que lo rodea. Los haces vasculares que conforman el tallo son del tipo “colateral cerrado”, según la clasificación mencionada por Ramón (2011), ya que el floema está localizado en el lado externo del haz, mientras el xilema está ubicado en el lado interno; y no existe procambium entre ambos tejidos vasculares (Figura 29).



MX: Metaxilema. PX: Protoxilema. P: Floema. F: Fibras del esclerénquima. PA: Parénquima asociado. TF: Tejido fundamental.

Figura 29: **Haz vascular aislado del cilindro central.**

Existe un cambio gradual en la cantidad y el tamaño de los elementos vasculares vistos en sección transversal. La cantidad de haces vasculares se reduce desde la periferie hacia la región central (de 11 vasos/mm² a 7 vasos/ mm²) (Tabla 11). Los haces cercanos al córtex se encuentran más estrechos o apiñados entre sí, mientras que conforme se acercan al centro las distancias entre paquetes se hace mayor. En cuanto al tamaño, los haces vasculares externos se encuentran reducidos en floema y elementos del xilema (diámetro de los vasos son estrechos), contrariamente a lo que ocurre con la vaina de esclerénquima; en esta zona externa se encuentra mayor cantidad de fibras envolventes del floema extendidas radialmente, pero hacia el centro se reducen, llegando a ser mínimas. Es decir, los haces vasculares desde la periferia al centro van aumentando en tamaño, pero se reducen en número por área al encontrarse más difusos (Figuras 30 y 31); por ello la región externa del cilindro central es la de mayor importancia para el soporte. Los resultados coinciden con las características encontradas para el género *Desmoncus* por Quiroz et al. (2008), Muñoz y Carpio (1995), Tomlinson y Zimmerman (2003) y, Guevara y Garzón (2008) y la caracterización general de palmeras realizada por Rich (1987) y Tomlinson (1961)

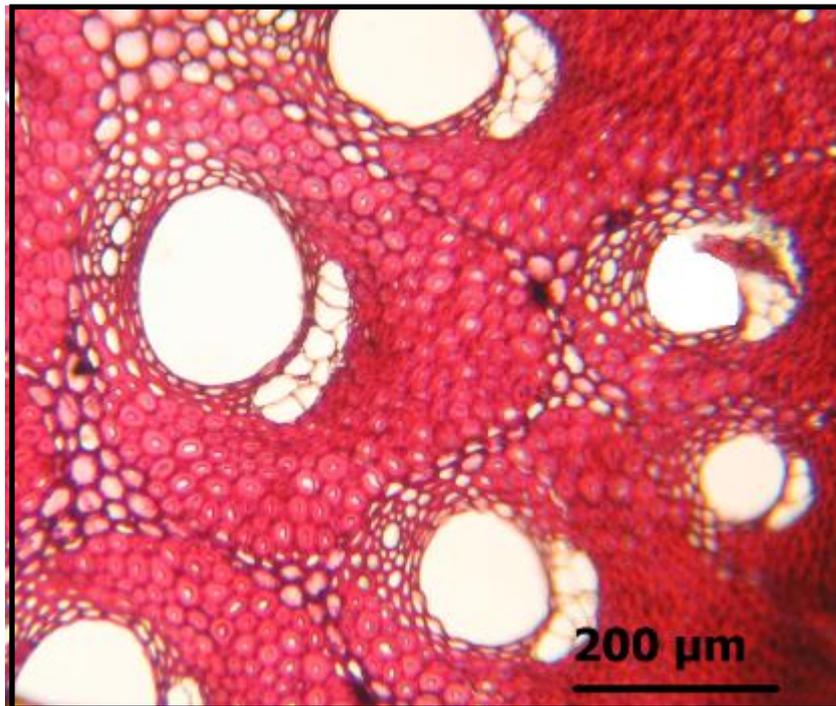


Figura 30: **Haces vasculares en la zona periférica del cilindro central**

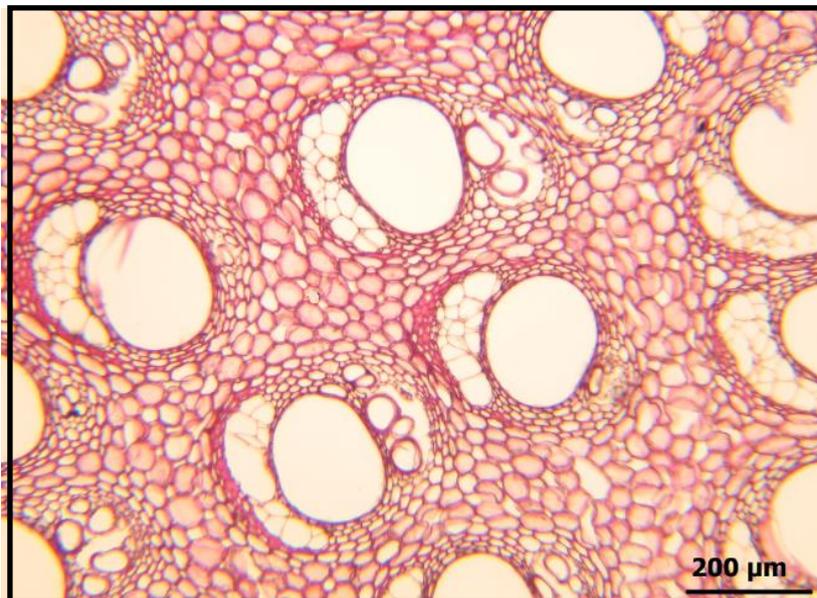


Figura 31: **Haces vasculares en la zona centro del cilindro central**

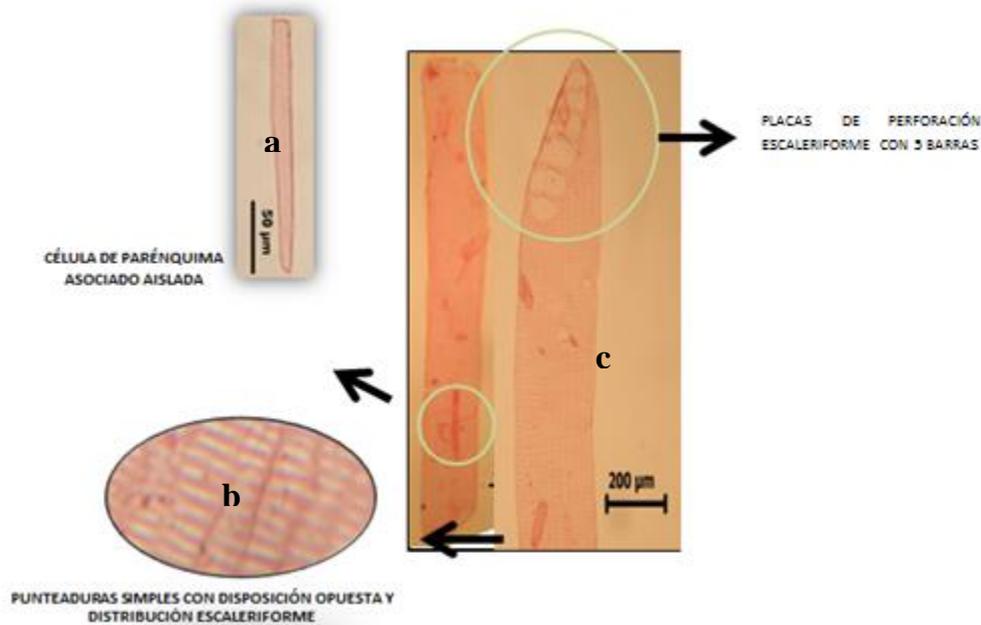
Xilema

En caracterización de los tallos con crecimiento primario, se distingue la presencia de xilema primario diferenciado en metaxilema y protoxilema:

En cuanto al metaxilema, se observa la presencia de vasos grandes, mayormente uno pero ocasionalmente dos por cada haz vascular, con diámetro promedio de 171,99 μm (promedio de zona periférica y zona central) (Tabla 11), el cual es menor al reportado por Fisher et al. (2002) de 280 μm para palmeras trepadoras; sin embargo es similar a lo reportado por Quiroz et al. (2008) para tallos de sitios imperturbados con 189 μm para *D. orthocanthos* y se encuentra dentro del rango reportado por Parthasarathy y Klotz (1976) para elementos traqueales en palmeras (20 μm - 500 μm). Al separar vasos del metaxilema de la zona periférica y del centro los diámetros promedio son de 112,79 μm y 191,93 μm respectivamente; cuyo diámetro de la zona centro se encuentra dentro del rango reportado por Tomlinson y Zimmerman (2003) de 150-250 μm para muestras de *D. orthocanthos*, *D. chinantlensis* y *D. prunifera*.

El protoxilema ubicado en el lado opuesto de la vaina esclerótica separada por células de parénquima asociado conforme lo indican Tomlinson y Zimmerman (2003), está compuesto de 2-12 vasos de mayor diámetro (Anexo 2) con presencia de engrosamientos helicoidales en la pared. Según Tomlinson (1961) este número varía acorde a la distancia a la que se encuentren de la salida de hojas;), mientras más cercanos serán más abundantes y a mayor distancia de estas pueden contener un único vaso. Además del grado de madurez; ya que en esta etapa ocurre la muerte celular, se estiran, y acaban siendo destruidos según Esaú (1959).

En cuanto a la longitud de los elementos de vasos, del metaxilema como del protoxilema en promedio son de 2710 μm (Tabla 11) con punteaduras simples, de disposición opuesta y distribución escaleriforme y placas de perforación simples o escaleriformes con 3- 9 barras de engrosamiento con orientación oblicua y muy oblicua (Figura 32).



a) Células de parénquima asociado aislado b) Tipo de punteaduras c) Placas de perforación

Figura 32: **Elementos de los vasos del xilema**

El diámetro tangencial y longitud de vasos son gran tamaño en comparación con estructuras anatómicas de árboles, propia de las lianas. Araque (2000) menciona que las lianas son las representantes del reino vegetal que desarrollan los vasos más largos y anchos. Tomlinson (1961) y Fisher et al. (2002) agregan que el diámetro de los vasos varía con la necesidad de una conducción eficiente; por ello, es que los elementos más anchos se producen en las palmeras trepadoras, mientras que en palmeras donde el tallo es corto y principalmente funciona como órgano de almacenamiento, los vasos son estrechos. Esto explica que al comparar a la “cashavara”, como palmera trepadora, con otros tipos de palmeras como el género *Bactris*, que se desarrollan en manojos o grupos, Orellana et al. (1999) reporta vasos de menor diámetro (87,4 µm – 125,4 µm) para este género. Asimismo, otra palmera trepadora como *Calamus sp.*, Espinoza y Melandri (2000) llegaron a encontrar diámetros de hasta 450 µm, incluso Araque et al. (2000) menciona diámetros de 350 µm en *Calamus rotang*, especie de ratán de diámetro pequeño.

Floema

Conformado por un solo campo floemático por haz vascular de tubos cribosos con presencia de placas cribosas compuestas (Figura 33) en sus paredes terminales con orientación

oblicua., acompañados de células parenquimáticas altamente especializadas o células anexas.

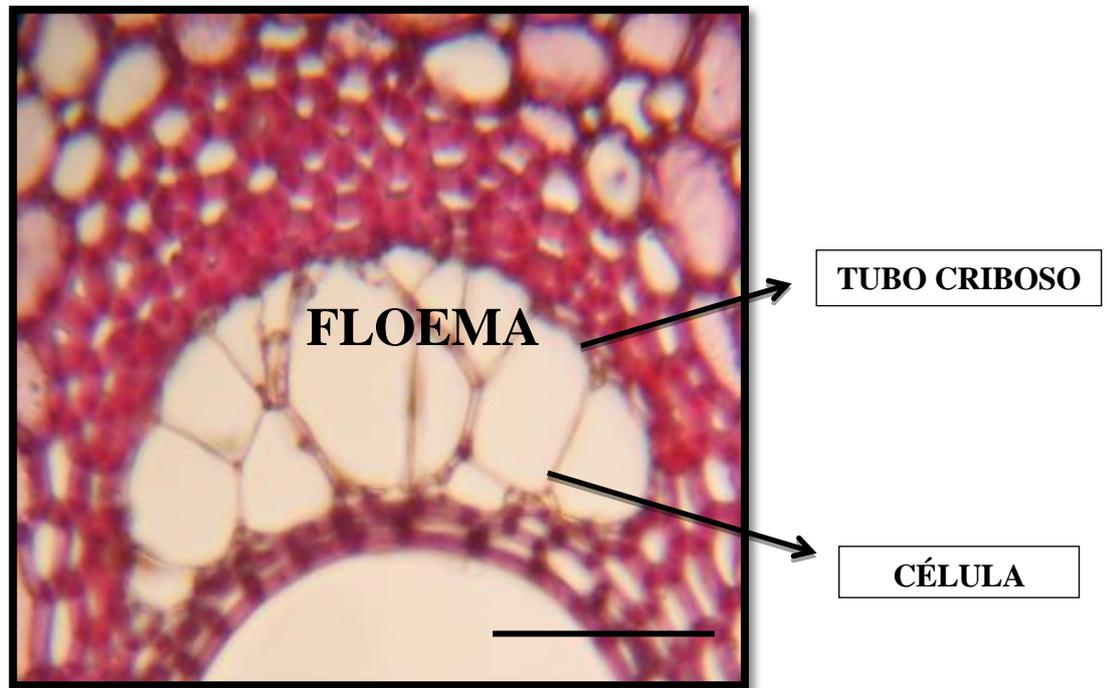
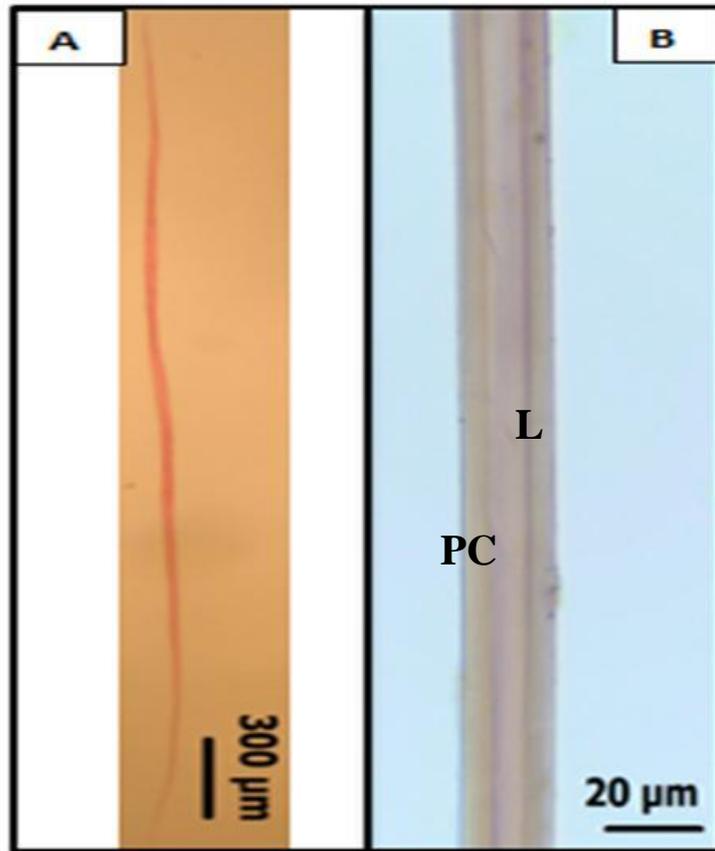


Figura 33: **Porción de haz vascular en sección transversal con un solo campo floemático. Barra 100 μm**

Fibras

Se encuentran formando vainas fibrosas alrededor del campo floemático en cada haz vascular del cilindro central, encontrándose más abundantes en la zona cercana al córtex, tal y como lo menciona Tomlinson (1961). Se caracterizan por ser largas y estrechas con extremos ahuzados (Figura 34) cuyo diámetro y longitud total promedio son de 18,45 μm y 2770 μm respectivamente con paredes secundarias engrosadas de 4,45 μm (Tabla 11). Estos datos son similares a los reportados por Souza (2012) para la misma especie en Brasil, que presenta diámetros de 16 μm , longitudes mayores a 2000 μm y espesor de pared de 5000 μm en promedio.



A). Fibra con extremos ahusados. B). Diferenciación entre lumen y pared celular.

Figura 34: **Fibras aisladas de *Desmoncus polyacanthos*.**

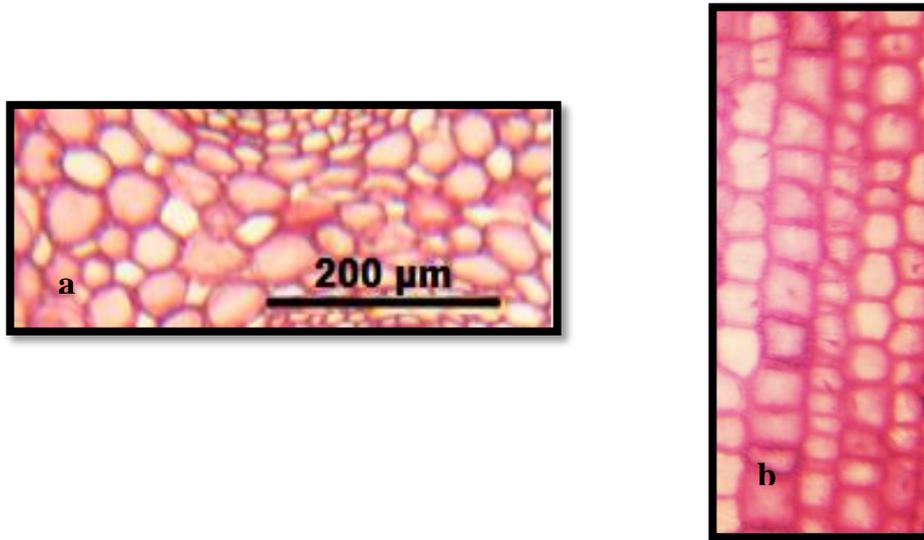
Al compararla con los datos registrados por Espinoza y Melandri (2000) para *Calamus sp* (1000-3000 μm), se observa valores de longitud de fibra similares a los de la especie en estudio, pero en cuanto al espesor de pared, considerando lo reportado por Souza (2012), *Calamus manan* presenta valores superiores en los tres niveles: base (12,33 μm), medio (9,89 μm) y ápice (8,67 μm).

Tejido fundamental y células parenquimáticas

El tejido fundamental está conformado por células de parénquima isodiamétricas de paredes delgadas con punteaduras simples (Figura 35). En él se encuentran los haces vasculares, cuyos espacios intercelulares son relativamente pequeños. El tipo de parénquima que

presenta visto en sección longitudinal es de Tipo C (Figura 35), según la clasificación dada por Wiener y Liese mencionada por Espinoza y Melandri (2000).

Las células parenquimáticas que se encuentran rodeando los vasos del metaxilema son de forma alargada y presentan punteaduras en las paredes celulares (Ver Figura 32).



a) Sección transversal. b) Sección longitudinal.

Figura 35: **Tejido fundamental**

Tabla 10: Valores promedio de los elementos xilemáticos por estípite evaluado

N°	POROS						FIBRAS (μ)				VASOS
	Diámetro tangencial (μ)			Número por mm ²			D. Total	Esp. Pared	Lumen	Longitud	Longitud (micras)
	GENERAL	PERIFERIA	CENTRO	GENERAL	PERIFERIA	CENTRO					
F2	162,82	81,60	169,20	9	11	7	19	4	11	3043,62	3180,61
F3	167,23	90,72	181,92	7	10	7	20	4	12	3177,20	2510,93
F4	197,76	98,64	199,44	8	11	6	19	4	11	2852,62	2807,19
F5	120,00	76,54	170,24	6	12	6	17	4	9	2728,76	2683,44
F6	182,59	169,74	182,52	7	9	7	19	6	7	3203,14	2513,56
F7	190,46	172,32	188,40	6	9	6	18	4	10	2455,91	2497,93
F9	159,94	110,88	191,04	8	11	6	17	4	9	2555,12	2807,19
F10	170,30	93,36	204,24	6	13	6	18	4	10	2228,43	2590,20
F11	170,00	90,52	202,34	7	12	6	21	5	11	2437,89	2253,65
F13	171,84	104,88	204,48	9	11	7	18	5	8	3124,84	2518,62
F14	198,91	151,44	217,44	7	9	7	17	5	7	2685,52	3455,96
x	171,99	112,79	191,93	7	11	7	18,45	4,45	9,55	2772,10	2710,84
DS	21,92	34,92	15,21	1,10	1,35	0,52	1,29	0,69	1,69	334,40	343,50
CV	12,74	30,96	7,93	15,77	12,26	7,46	7,01	15,43	17,76	12,06	12,67

X= Valores promedio para los once individuos *(Poros: n=25 por cada estípite; Fibras y Vasos: n=15 por estípite)

DS: Desviación Standart

CV= Coeficiente de Variabilidad (%)

(*) Valores de las 25 repeticiones por individuo se muestran en el Anexo 1

En la Tabla 10 se puede observar que el coeficiente de variabilidad del diámetro tangencial de poros en la zona periférica resulta medianamente alto (30,96%), lo cual puede deberse a la variación transversal que presenta el tallo en cuanto a dimensiones, que podría dar lugar a clasificarla hasta en tres zonas diferenciadas como la que realiza Tomlinson (1961) (Periférica, subperiférica y central). En este estudio se diferenciaron dos zonas (periférica y subperiférica), presentándose la variabilidad más alta en la zona más externa donde se encuentran los diámetros de vasos de menor diámetro.

3. CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS

3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

En la Tabla 11 se presentan los valores promedios de desviación estándar y coeficiente de variabilidad del contenido de humedad de los once estípites muestreados, en condición verde y seca al aire.

Tabla 11: Valores de contenido de humedad para la especie *Desmoncus polyacanthos* en condición verde y seca al aire.

Código de fibra	VERDE			SECO AL AIRE		
	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Contenido de Humedad (%)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Contenido de Humedad (%)
F2	3,440	1,680	104,762	0,138	0,123	12,013
F3	4,130	1,980	108,586	0,077	0,069	12,117
F4	5,390	2,680	101,119	0,249	0,222	12,151
F6	3,770	1,810	108,287	0,149	0,133	12,096
F7	2,640	1,290	104,651	0,171	0,152	12,008
F9	4,110	1,960	109,694	0,213	0,189	12,666
F10	5,400	2,680	101,493	0,155	0,139	11,760
F11	3,460	1,690	104,734	0,248	0,222	12,094
F13	3,240	1,560	107,692	0,244	0,217	12,103
F14	4,720	2,250	109,778	0,236	0,210	12,036
		PROMEDIO	106,080		PROMEDIO	12,104
		DESV EST	3,029		DESV EST	0,226
		CV%	2,855		CV%	1,864

El contenido de humedad promedio en estado verde en la especie en estudio resultó de 106,08 %. Fathi (2014) indica que la variación en el contenido de humedad en especies de palmera es influenciada por la cantidad relativa de haces vasculares y tejido parenquimatoso

presentes. Como se ha descrito en su estructura anatómica, “cashavara” es una especie con alto porcentaje de células parenquimatosas que varían a través de su sección transversal, influenciando la capacidad de absorción de agua. Cabe resaltar que no se realizó una caracterización por zonas, diferenciando contenido de humedad en zona periférica y central, sin embargo, se espera que haya una tendencia creciente hacia el centro del tallo, debido a la mayor presencia de tejido parenquimático, mientras que en la parte externa se espera una disminución en el contenido de humedad, al estar conformada por un mayor porcentaje de fibras.

En la Tabla 12 se observa que, para muestras de una misma especie proveniente de bosque natural, Guevara (2011) obtuvo resultados superiores de contenido de humedad (CH=199%). Diaz *et al.* (s.f), afirma que estas variaciones en contenido de humedad entre individuos de una misma especie pueden deberse a la región de procedencia o época del año, Konabe (1990) agrega como factor de influencia a la edad de los estípites.

En cuanto a otras fibras naturales usadas en la industria del mueble (Tabla 12), se observa que existe una proximidad entre valores de humedad de *Desmoncus polyacanthos* y *Calamus sp*; esto puede deberse a que ambas pertenecen a un mismo grupo de palmeras y presentan estructuras anatómicas similares según las descripciones de Guevara y Garzón (2008), su capacidad de absorción de humedad tiende a ser la misma. En cuanto a *Thoracocarpus bissectus* “cesto tamshi”, presentando un contenido de humedad superior a 200% (CH= 244 %), hace referencia a una madera liviana cuya estructura anatómica está constituida en mayor proporción por células de paredes delgadas con cavidades celulares grandes, permitiéndole retener más de su propio peso en agua, según lo mencionado por JUNAC (1989).

Tabla 12: Contenidos de humedad promedio de especies de trepadoras leñosas y no leñosas usadas en mueblería

<i>Especie</i>	<i>Referencia</i>	<i>CH%</i>
<i>Desmoncus polyacanthos</i> “cashavara”	Tesis	106,08
	Guevara (2011)	199
<i>Heteropsis flexuosa</i> “alambre tamshi”,		129
<i>Thoracocarpus bissectus</i> “cesto tamshi”		244
<i>Calamus hollrungii</i>	Konabe (1990)	107,095
<i>Calamus steenesii</i>		100,465

3.2. COLOR

La Tabla 13 muestra la caracterización visual de color de once estípites según tablas de color Munsell.

Tabla 13: Colores de muestras de estípites maduros de “cashavara”

CÓDIGO	COLOR MUNSELL	CLASIFICACIÓN (Según Mayorga et al. 2014)
F2	2.5 Y-8/6, con 10 cm de color Amarillo pálido 5Y-7/3	TIPO 1
F3	pálido 5Y-8/4	TIPO 1
F4	Blanco 5Y-8/2	TIPO 1
F5	Blanco 5Y-8/2	TIPO 1
F6	Pálido 5 Y-8/4, con secciones de 23 y 14 cm. de color gris 5 Y-5/1.	TIPO 3
F7	Pálido 5Y-8/4	TIPO 1
F9	Blanco 5Y-8/2	TIPO 1
F10	Amarillo pálido 5Y-8/4	TIPO 1
F11	Blanco 5Y-8/2	TIPO 1
F13	Blanco 5 Y-8/2, con manchas de color oliva pálido 5 Y-6/3 (2, 3, 4 cm.)	TIPO 3
F14	Amarillo 2.5 Y-8/6 con secciones de aprox. 4, 12,16 cm de color oliva 5 Y-5/6	TIPO 3

Según la evaluación visual realizada, los estípites maduros de “cashavara” sin envoltura foliar presentan en mayor proporción una coloración entre amarillo pálido y blanco, existiendo estípites con manchas pequeñas y medianas (2cm -23 cm), de color gris y oliva.



Figura 36: **Fibras de “cashavara” con y sin presencia de mancha**

Según la clasificación dada por Mayorga et *al.* (2004) las fibras provenientes de las fajas 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10 y 11 son de tipo 1, es decir, menos del 5 por ciento del total de la fibra presenta manchas; mientras que las fibras provenientes de las fajas 6,13 y 14 son del Tipo 3. Esto hace referencia a que el 73 por ciento de los tallos evaluados presentan una coloración de Tipo 1 (Figura 36).

Según Valverde (2011), las variaciones en el color pueden deberse a características genéticas de la especie y ambientales relacionadas con el sitio.

3.3. DENIER

Las fibras de “cashavara” presentaron un denier de 9 lo que la clasifica como Muy gruesa. Una unidad de denier corresponde a la masa (g) de 9000 m lineales de la fibra. Esta densidad está relacionada con el peso específico de los componentes de la fibra según Gonzales (2016).

4. CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS

La tabla 14 presenta los valores promedios, la tabla 15 muestra los valores de análisis de variancia y la tabla 16 los valores de la comparación de medias resultantes por medio de la prueba Tukey, de las propiedades de tracción, alargamiento, TEA y plegado en dos condiciones de humedad y envejecimiento. Asimismo, en el anexo 3 se detallan los valores ensayos experimentales para cada estípite.

Tabla 14: Valores promedios de propiedades mecánicas de Tracción, Alargamiento y TEA, plegado y Torsión bajo dos condiciones de humedad y envejecimiento

<i>Propiedades mecánicas</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>PROMEDIO</i>			<i>COEFICIENTE DE VARIABILIDAD (%)</i>
		<i>SE</i>		<i>CE</i>	
		<i>CH:12%</i>	<i>CH: 30%</i>	<i>CH:30%</i>	
<i>Tracción</i>	kg/cm ²	486,026	539,295	174,633	19,279
<i>Alargamiento</i>	%	2,535	3,886	1,033	29,501
<i>TEA</i>	J/m ²	891,444	1202,189	130,776	32,675
<i>Plegado</i>	n° de dobles pliegues	267	483	117	25,632
<i>Torsión</i>	kgm	0,946	1,297	0,449	22,929

SE: Evaluación de propiedades mecánicas en muestras sin efecto de envejecimiento

CE: Evaluación de propiedades mecánicas en muestras con efecto de envejecimiento

CH: Contenido de humedad

Tabla 15: Valores de Análisis de Varianza para las propiedades mecánicas de Tracción, Alargamiento y TEA

Fuente de variabilidad	g.l	TRACCIÓN			ALARGAMIENTO			TEA			TORSIÓN		
		Valor de F	Pr>F	Signifi- cancia	Valor de F	Pr>F	Signifi- cancia	Valor de F	Pr>F	Signifi- cancia	Valor de F	Pr>F	Signifi- cancia
<i>H</i>	1	42,7	<0,0001	**	34,16	<0,0001	**	8,72	0,0053	**	66,4	<0,0001	**
<i>E</i>	1	594,95	<0,0001	**	174,39	<0,0001	**	172,29	<0,0001	**	331,27	<0,0001	**
<i>H*E</i>	1	12,11	0,0012	**	0,61	0,4404	NS	1,45	0,2359	NS	1,52	0,2253	NS
<i>Error</i>	40												
<i>Total corregida</i>	43												
<i>CV</i>		19.27931			29.5006			32.6754			22.929		

H: Efecto del factor contenido de humedad,

E: Efecto del factor envejecimiento,

H*E: Efecto entre la doble interacción del contenido de humedad y el envejecimiento

C.V.: Coeficiente de variabilidad; NS: no significativo;(*)significativo;(**)altamente significativo

Tabla 16: Valores de la prueba de Tukey para las propiedades mecánicas de Tracción, Alargamiento y TEA bajo dos condiciones de humedad y envejecimiento

<i>Propiedades mecánicas</i>	<i>Humedad</i>			<i>Envejecimiento</i>		
	<i>Nivel</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey</i>	<i>Nivel</i>	<i>Media</i>	<i>Tukey</i>
Tracción (kg/cm ²)	12%	243,01	B	SE	512,66	A
	30%	356,97	A	CE	87,32	B
Alargamiento (%)	12%	1,2675	B	SE	3,2105	A
	30%	2,4598	A	CE	0,5167	B
TEA (J/m ²)	12%	445,72	B	SE	1046,82	A
	30%	666,48	A	CE	65,39	B
Torsión (kg.m)	12%	0,479	B	SE	1,127	A
	30%	0,88	A	CE	0,231	B

4.1. TRACCIÓN

La resistencia máxima a la tracción, del material en láminas de “cashavara” en estado seco (12%) sin ser sometido al envejecimiento acelerado, es en promedio 486.026 kg/cm² mientras que en estado saturado aumenta su resistencia a 539.295 kg/cm². Muestras ensayadas luego de un proceso de envejecimiento y humedecidas posteriormente, presentan menor resistencia 174.633 kg/cm².

Respecto a la evaluación de resistencia a la tracción en fibras naturales, según Gonzales (2016), este ensayo puede realizarse tanto en fibras individuales como en haces fibrosos; considerando que la fibra de “cashavara” es utilizada como material trenzable bajo la forma de “esterilla”, se decide ensayar solo la región externa del tallo. Esta sección conformada por el córtex y la zona periférica del cilindro central tiene un alto porcentaje de fibras y haces vasculares reducidos. Como se observa en la Tabla 17, al comparar resistencias de materiales enteros y en tiras, en esta última condición se incrementa la resistencia en todos los casos. Diversos autores (Bath y Thulasidas 1991; Liese 2002; Isnard *et al.* 2005; Fathi 2014) coinciden en que la variación transversal de las propiedades mecánicas en las palmeras está relacionada con la disminución en el porcentaje de fibra, espesor de la pared celular y aumento en el diámetro de los vasos, de la periferia al centro del tallo.

La Tabla 17 muestra valores de resistencias a la tracción de fibras vegetales comerciales usadas como material trenzable.

Tabla 17: Valores de resistencia a la tracción de fibras vegetales

<i>Especie</i>	<i>Procedencia</i>	<i>Referencia</i>	<i>Condición</i>	<i>Tracción (kg/cm²)</i>
Palmeras				
<i>Desmoncus orthocanthos</i>		Muñoz y Cardio (1995)	Entero	714
			En tiras	997
	Península de Yucatán (México)	Orellana et al. (1999)	Entero	95
<i>Desmoncus polyacanthos</i>	Jenaro Herrera-IQUITOS (Perú)	Guevara (2011)	Entero	109,3
			En tiras (2mm)	581
	Novo Airão- Estado de Amazonas (Brasil)	Souza (2012)	En tiras (parte externa)	457,14 (ápice), 687,70 (medio), 718,19 (base)
<i>Calamus sp</i> "ratán"		Muñoz y Cardio (1995)	Entero	323
	Península de Yucatán (México)	Orellana et al. (1999)	Entero	490
		Yudodibrotto, citado por Jasni (1997)	En tiras (externa)	847,34
			En tiras (núcleo)	771,70
<i>Calamus rotang</i>	Nilambur- Kelara (India)	Bath y Thulasidas (1991)	Entero	229,44
<i>Calamus travancoricus</i>			Entero	515,97
Angiospermas				
<i>Thoracocarpus bissectus</i> "cesto tamshi"			En tiras (4mm)	406
			Entero	180,80
<i>Heteropsis flexuosa</i> "alambre tamshi"	Jenaro Herrera-IQUITOS (Perú)	Guevara (2011)	Entero	257,60
<i>Thypa Dominguensis</i> "totora"	Lurín-Lima (Perú)	Sato (1993)	En tiras	7550,34
			Entera	3045,71
Mimbre		Muñoz y Cardio (1995)	En tiras	268

La resistencia a la tracción está representada por la carga unitaria que soporta la fibra hasta la ruptura (Gonzales, 2016). En investigaciones previas, Guevara (2011) obtiene resistencias a la tracción de 581 kg/cm² para *Desmoncus polyacanthos* en tiras, mientras que Souza (2012) registra valores entre 457,14 kg/cm² y 718,19 kg/cm², ambos estudios utilizaron muestras provenientes de bosque natural. El rango de valores reportados en esta investigación (367 kg/cm²-625,23 kg/cm²) es consistente con los estudios previos; los individuos no han mermado significativamente su resistencia a la tracción al provenir de una plantación. Variaciones promedio, presentes entre estos individuos de la misma especie

provenientes de diferentes lugares, puede deberse a las edades de los tallos, así como las condiciones microambientales (luz, temperatura, humedad ambiental) de los sitios de crecimiento, las que a su vez intervienen en características morfológicas, anatómicas y fisiológicas que determinan sus propiedades según refiere Orellana et al. (1999).

Los individuos de *Desmoncus orthocanthos*, provenientes de la ciudad de México, han sido considerados también posibles sustitutos del ratán; al pertenecer al mismo género que la especie en estudio presenta características similares, sin embargo haciendo la comparación de la resistencia a la tracción con la “cashavara”, utilizando como referencia un estudio realizado por Muñoz y Carpio (1995), presenta valores superiores de 997 kg/cm². Esto puede ser influenciado por un mayor contenido de lignina en su estructura, otorgándole mayor rigidez y resistencia según Beltrán (1994). Componentes microestructurales... (2007) reporta un contenido de 19% de lignina en *Desmoncus orthocanthos*, mientras que Souza (2012) de 14 por ciento para *Desmoncus polyacanthos*. Además de diferencias cuantitativas en su anatomía, como un mayor diámetro de fibras en promedio (28,4 µm según Orellana et al. 1999 frente a 16,66 µm).

Entre otras palmeras utilizadas como materiales trenzables o “esterillas” para la elaboración de muebles, están las del género *Calamus*. Yudodibroto, citado por Jasni (1997) ha reportado valores de resistencia a la tracción de 847,34 kg/cm² para materiales en tiras de la región periférica de tallos de *Calamus sp*, mientras que como material entero, Muñoz y Carpio (1995), Orellana et al. (1999) y Bath y Thulasidas (1991) han encontrado valores entre 323 kg/cm² y 515,97 kg/cm². Una las razones por las que el material en tiras presenta mayores valores frente a los de “cashavara” puede deberse a un mayor espesor de pared de fibras de *Calamus sp* (Según Souza 2012 entre 8,67 µm en el ápice y 12,33 µm en la base) frente a 4,45 µm que tiene en promedio la especie estudiada, ya que según Gutiérrez y Takeuchi (2014), son las fibras las que aportan mayor parte de resistencia a la tracción. Además, según Tomlinson et al. (2001), el tejido fundamental del tallo de *Calamus* se lignifica y se forman espacios intercelulares mientras que en *Desmoncus* no.

Si bien al comparar la fibra con el género *Calamus*, se encontró relativamente menor resistencia; al respecto, Tomlinson (1990) afirma que se producen cambios en las propiedades mecánicas de las palmeras con la edad, teniendo la capacidad de convertirse en tallos más resistentes cuando llegan a mayores longitudes, produciéndose un aumento de

lignificación de las células, por ello debe evaluarse la edad en la que esta especie llega a un grado de madurez idóneo para su cosecha, cuando pueda presentar una mayor resistencia.

Según Baluarte (2000) otra fibra vegetal que actualmente compite en el mercado como “esterilla” para elaboración de muebles con la “cashavara” es el *tamshi* (*Thoracocarpus bissectus*), esta liana es actualmente la más utilizada en las actividades de tejido en la Amazonía peruana. Guevara (2011) reporta una resistencia a la tracción promedio de 406 kg/cm² para muestras en tiras, siendo menor a la resistencia de “cashavara”.

4.2. PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO

Como se muestra en la tabla 14, el porcentaje de alargamiento del material en láminas de “cashavara” en estado seco (12%) y sin ser sometidas al envejecimiento acelerado es en promedio 2,5 por ciento. Este porcentaje demuestra que se trata de un material poco dúctil, el cual se deforma muy poco antes de fallar. Quiroz *et al.* (2013) menciona que una menor elongación en fibras se debe a su mayor fineza y delicadeza, evidenciando un comportamiento elástico.

Los valores de porcentaje de alargamiento en este estudio son comparables con la de otras fibras vegetales comerciales como mimbre (2,1%), el sisal (2-3%), lino (2%), cáñamo (1,8%), bambú (2,4 - 4,3%) y yute (1,7- 2%), siendo el algodón (3-7%) y el agave (6,8%) fibras con mayor porcentaje de alargamiento que las de “cashavara”. Siendo, según Canto (2005), la celulosa (amorfa) la que favorece al estiramiento.

Si bien una alta elongación compensa una baja resistencia, haciéndolas parecer más durables, esta hace que el material se deforme durante su uso y no se rompa (hay absorción de energía por parte del material).

Tabla 18: Comparación de porcentaje de alargamiento de la fibra de “cashavara” con otras fibras comerciales en estado seco y húmedo.

<i>Fibra</i>	<i>Porcentaje de alargamiento</i>		<i>Fuente</i>
	<i>% Seco</i>	<i>% Húmedo</i>	
<i>Fibras de semilla</i>			
Algodón	3-7	9,5	Lockuán (2013)
<i>Fibras de hojas</i>			
Agave "Agave lechugilla"	6,8	-	Quiroz et al. (2013)
Sisal	2-3	-	Moreno et al. s/f
<i>Fibras de tallo</i>			
Mimbres (<i>Salix viminalis</i>)	2,1	-	Tesis
Cáñamo	1,8	-	Moreno et al. s/f
Bambú (<i>Guadua angustifolia</i>)	2,4	-	Moreno et al. (2006)
Bambú (<i>Bambusa vulgaris</i>)	4,3	-	CIT (1998)
Yute	1,7-2	-	Lockuán (2013)
<i>“cashavara”</i>	2,5	3,9	<i>Tesis</i>

4.3. ABSORCIÓN DE ENERGÍA DE TRACCIÓN (TEA)

La absorción de energía de tracción de material en láminas de “cashavara” en estado seco (12%) sin ser sometidas al envejecimiento acelerado es en promedio de 981,44 J/m², este valor mide la capacidad para absorber energía que tiene el material e indica la durabilidad del material cuando se somete a esfuerzos repetitivos según lo mencionado en la norma TAPPI (1996).

No se obtuvo información bibliográfica para otras fibras vegetales de ensayos previos realizados para la determinación de esta propiedad, decidiendo ensayar fibras vegetales de mimbres que actualmente se vienen utilizando en el mercado local para la elaboración de material trenzable. Realizando la misma cantidad de ensayos que la fibra en estudio, la fibra de *Salix sp.* (mimbres), obtenida de dos mueblerías de Lima, tiene una capacidad de absorción de energía de tracción de 603,78 J/m², inferior al obtenido para las fibras de “cashavara”, estando relacionado a la baja resistencia a la tracción que se mostró en la tabla 16. Un mayor valor de TEA significaría una mayor energía necesaria para romper la fibra,

por tanto, evidencia una mayor resistencia de estas; sin embargo, la necesidad de TEA en un material se debe contemplar al analizar el uso del material.

4.4. PLEGADO

La resistencia al plegado de material en láminas de fibras de “cashavara” en estado seco al aire (12%) sin ser sometidas al envejecimiento acelerado, representado por el número de dobles pliegues requerido para romper el material es en promedio de 267.

Según López y Jiménez (2007) la resistencia al doblado es una medida de la reducción de la resistencia a la tensión de su valor original a otro aplicado repetidamente, además indica el desempeño del material a través del tiempo.

Tomando en cuenta que durante el proceso de plegado existen procesos combinados de compresión (aplastamiento de fibras) y tracción (alargamiento de fibras) durante el recorrido de la fibra en 135°, Canto (2005) menciona que un componente microestructural importante para resistir ambas fuerzas es la celulosa, además Beltrán (1994) asegura que las condiciones de crecimiento de los tallos contribuirá con las estructuras, menciona que los tallos que crecen en sitios sombreados proporcionan estructuras resistentes a la compresión y flexión para poder elongarse y así alcanzar la luz.

4.5. TORSIÓN

La resistencia a la torsión de material en láminas de fibras de “cashavara” en estado seco al aire (12%) es en promedio de 0,946 kgm.

Marín (2008) afirma que la resistencia a la torsión mide la capacidad de un material para soportar una carga de giro. Tomando en cuenta que esta es una fuerza recurrente que se les aplica a las fibras vegetales en el proceso de trenzado para la elaboración de muebles o cualquier otro producto de cestería, se consideró importante conocer el momento torsor máximo que puede soportar la fibra de “cashavara”.

Según Esaú (1959) una de las estructuras para los materiales lignocelulósicos de mayor importancia en la resistencia a torceduras son las fibras, además contribuyen con las propiedades elásticas según Fahn (1978).

La cantidad de torsiones que soporta una fibra dependerá de que tan larga sea la longitud de esta, a mayor longitud mayor superficie de contacto tendrá con otras fibras, por consiguiente, mayor área de fricción y mayor grado de torsión, según Vences (2012).

En otras fibras naturales como el algodón, se realiza el proceso de torsión durante los procesos de hiladura, para darles una mayor resistencia a sus fibras necesaria para su manipulación, facilitando la unión entre fibras (cohesión interfibra).

5. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD Y EL ENVEJECIMIENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

Según el análisis estadístico (tabla 14), el efecto del contenido de humedad en las propiedades mecánicas de fibras de “cashavara” es significativo tanto para tracción, alargamiento, TEA y torsión ($<0,0001$). Además, en las diferencias entre valores de medias comprobadas mediante la prueba de Tukey, se observa que son las muestras en estado saturado ($>30\%$) las que presentaron valores más altos respecto a las muestras en estado seco al aire (tabla 15).

En cuanto a las propiedades mecánicas de tracción, la resistencia aumentó de 486,026 Kg/cm² a 539,295 kg/cm², el porcentaje de alargamiento de 2,535 por ciento a 3,886 por ciento, la absorción de energía de tracción de 891,444 J/m² a 1202,189 J/m², el número de dobles pliegues de 267 a 483 y la resistencia a la torsión de 0,946 kgm a 1,297 kgm.

Tal y como lo menciona Arroyo (1983) la variación en el contenido de humedad, causada por la dispersión de la sustancia sólida en la pared celular, produce cambios en las propiedades de resistencia. En el caso de la fibra estudiada el aumento de humedad generó a su vez un aumento en la resistencia de la fibra, esto puede ser explicado por la composición química de la fibra. Según Souza (2012), la fibra de “cashavara” presenta un porcentaje alto de celulosa 70 %, y debido a la presencia de grupos polares (OH), cuando las cadenas de celulosa se ponen en contacto con el agua, las fibras absorben moléculas de agua, es decir se hidratan y se hinchan, mejorando la flexibilidad de las fibras y su capacidad de enlace con otras adyacentes. Además, según refiere Lockuán (2012), el contenido de celulosa influye en las propiedades de resistencias a esfuerzos y capacidad de doblado.

Otra de las razones, considerando el alto contenido de parénquima en las células, puede deberse a lo indicado por Evert (2008), el cual menciona que la fuerza mecánica del tejido parenquimático procede en gran parte de la propiedad hidráulica de sus células, es decir, el parénquima se vuelve rígido sólo cuando sus células están en plena turgencia.

Existen otras fibras vegetales como el algodón y el lino, con las cuales ocurre el mismo efecto de aumento de resistencia con el incremento de humedad según lo reportado por Lockuaán (2012). Y, otras especies de monocotiledóneas como refieren Bath y Thulasidas (1991) con respecto a la resistencia a la tracción de la especie de ratán (*Calamus thwaitesii*) que mejora con la pérdida de humedad, aunque la diferencia no es significativa, ya que con una variación de humedad de 72 por ciento a 27 por ciento el esfuerzo máximo a la tensión aumenta de 66,7 N.mm² a 67,8 N.mm².

Los resultados obtenidos para la fibra de “cashavara” coinciden con las prácticas de las mujeres artesanas de Iquitos, según Hübschmann et al., 2007, luego de colectadas, en caso lleguen a secarse, para poder recuperar su flexibilidad, las fibras que serán usadas en la elaboración de muebles deben ser sumergidas en un recipiente con agua. Menciona además que su uso debe darse preferentemente en estado fresco (recién cosechado) o en todo caso previamente sumergido en agua.

La mejora en las propiedades de resistencia y flexión del material en estado húmedo es un factor importante a considerar durante el proceso de elaboración de productos a base de fibra de “cashavara”.

En cuanto a la influencia de la exposición al intemperismo en las propiedades de la fibra, según el análisis estadístico, tabla 14, el efecto de este es significativo tanto para tracción, alargamiento, TEA y torsión (<0,0001).

Al ser sometidas las muestras a un ambiente con altas temperaturas (100°C) y humidificado, provocando el envejecimiento de la fibra de manera acelerada, se pudo comprobar un efecto adverso que tienen ambos elementos sobre las fibras, simulando el efecto del intemperismo y la exposición de las fibras no tratadas a temperaturas normales en períodos largos. Según Arroyo (1983) estos cambios a causa del intemperismo (efectos de la temperatura y humedad) se deben principalmente a la hidrólisis de la celulosa, es decir una disminución en la proporción de celulosa. Los componentes químicos de los estípites van a influenciar en el envejecimiento de las fibras ya que teniendo en cuenta el alto porcentaje de parénquima en los estípites y al servir estas como sustancias de almacenamiento, presentan alto porcentaje de carbohidratos en su composición química, estos al ser expuestos a efectos de intemperismo se acidifican y actúan como catalizadores de la hidrólisis de la celulosa.

Como menciona Valverde (2011), para poder disminuir o evitar procesos de deterioro a causa del intemperismo, y aumentar el tiempo de vida de los materiales que son usados en ambientes externos, estos son sometidos a productos químicos como barnices que contienen aceites y resinas o los de tipo poliuretano. Actualmente, según información obtenida del propio mercado, a todos los muebles o productos a base de fibra natural que serán expuestos a la intemperie y que son utilizados en el ámbito local (ratán, mimbre, junco, totora) se les aplica estos productos químicos para evitar los efectos mencionados. Otra de las técnicas utilizadas por los artesanos para prolongar el tiempo de vida de las fibras según Torres y Espinoza (2010), es a través de un tratamiento de postcosecha que consiste en sumergir las varillas en agua hervida o en aceite quemado, siendo el primer tratamiento más efectivo, según refiere.

Considerando que un mayor contenido de humedad hace al material flexible, permitiéndole absorber golpes y presión, y que todos los muebles o artículos lignocelulósicos tienen un cierto grado de contenido de humedad que puede disminuir por la exposición constante al sol; es preferible que los muebles de fibras vegetales mantengan una protección bajo sombra o en interiores.

V. CONCLUSIONES

- 1) La estructura anatómica del tallo de *Desmoncus polyacanthos* se encuentra diferenciada en tres zonas: epidermis, córtex y cilindro central.
- 2) La variación transversal cuantitativa de los haces vasculares va de la periferie a la zona central, presentando mayor proporción de fibras en la zona más externa.
- 3) Las propiedades mecánicas del tallo en fibras de la palmera *Desmoncus polyacanthos* son comparables con otras fibras vegetales que actualmente se vienen comercializando en el mercado local para uso en cestería y mueblería.
- 4) En el estudio se obtuvo diferencias altamente significativas de los resultados de los ensayos de Tensión, Alargamiento, TEA y plegado, entre condición húmeda y seca al aire, siendo mayores en condición húmeda.
- 5) En el estudio se obtuvo diferencias altamente significativas de los resultados de los ensayos de Tensión, Alargamiento, TEA y plegado, entre fibras envejecidas y sin envejecimiento, siendo mayores los valores en fibras sin envejecer.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios anatómicos a tres niveles de alturas: base, medio y ápice para caracterizar la variación cuantitativa de los elementos xilemáticos a lo largo de los estípites.
- Realizar ensayos luego de aplicar tratamientos post cosecha para analizar una posible influencia en las propiedades de resistencia y elasticidad.
- Debería considerarse evaluar propiedades mecánicas a diferentes edades para determinar la edad idónea de cosecha de la especie.
- La elaboración de muebles trenzados debe realizarse con estípites en condición fresca, por su mayor flexibilidad y facilidad en la fabricación de la misma.
- Fomentar estudios para otras fibras vegetales utilizadas como material trenzable.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águila, J. 2016. Biometría de *Desmoncus polyacanthos* Martius en plantaciones y su desarrollo en los bosques inundables de Jenaro Herrera, Loreto-Perú. Tesis Ing. en Ecología de Bosques Tropicales. Iquitos, PE. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 73 p.
- Araque, O.; Espinoza, N.; León, W. 2000. Estudio anatómico del leño de seis especies de lianas. Revista Forestal de Venezuela. 44(2): 39-48.
- Araujo, A. 1982 Pulpa química y semiquímica al sulfato de hojas de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y de peciolos de aguaje (*Mauritia flexuosa*). Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 102 p.
- Aróstegui, A. 1976. Recopilación y Análisis de Estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas. Documento de Trabajo N°2. PNUD – FAO. Lima, PE. 57 p.
- Arroyo, J. 1983. Propiedades físico-mecánicas de la madera. . Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes. Escuela de Ingeniería Forestal. 197 p.
- Balslev, H.; Grandez, C.; Paniagua, N.; Moller, A.; Lykke, S. 2008. Palmas (Arecaceae) útiles en los alrededores de Iquitos, Amazonía Peruana. Revista peruana de biología. 15(1): 121- 132.
- Baluart, J. 2000. La manufactura de muebles a partir de productos forestales no maderables en Iquitos. FOLIA AMAZÓNICA. 11 (1-2):181-192.
- Beltrán, M. 1994. Determinación de las características químicas, físicas y mecánicas de tres fibras naturales, pasallo (*Erioteca discolor*) paja de arroz (*Oryza sativa*) y algodón (*Gossypium barbadense* L.) aplicadas a materiales compuestos. Tesis Ing. Agrícola. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Bhat, KM.; Thulasidas, PK. 1991. Strength properties of ten south indian canes. Journal of Tropical Forest Science. 5(1):26-34. Consultado el 6 feb. 2016. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.558.4326&rep=rep1&type=pdf>

- Brink, M.; Achigan-Dako, E. eds. 2012. Fibras. Wageningen, NE. PROTA (Planta Resources of Tropical Africa). 602 p.
- Canto, J. 2005. Morfología, anatomía y mecánica de tallos de *Desmoncus orthocanthos* Martius en diferentes estadios de desarrollo. Tesis Biólogo. Yucatán, MX. Universidad Autónoma de Yucatán. 85 p.
- Castro, A. 2007. Estudio de las propiedades de la fibra vegetal (“kapok”) de *Ceiba trichistandra* en función a clase diamétrica y nivel altitudinal, proveniente del bosque seco de Bolivar, Cajamarca. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 205p.
- Chambergo, A.; Aróstegui, A. s.f. Influencia de los elementos xilemáticos en las propiedades físico- mecánicas de 45 maderas del Perú. Revista forestal del Perú. 12(1-2):1-16. Consultado 16 jul. 2015. Disponible en: [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol12_no1-2_84_\(16\)/vol12_art1.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol12_no1-2_84_(16)/vol12_art1.pdf)
- Componentes microestructurales fundamentales de tallos de (*Desmoncus orthocanthos* Martius) en dos condiciones naturales de crecimiento en una selva tropical. 2007. 6: 108-121.
- COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). 1974. Maderas: Métodos para realizar el análisis estadístico de las propiedades de las maderas. Caracas, VE. COPANT. 30 (1-12).8 p
- Díaz, M.; Pecho, R.; Guarda, D. s/f. Variación de las propiedades físicas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker F. ex Chuman (CAPIRONA) de una plantación de ocho años en la zona de Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 18 p. Consultado el 12 de Ene. 2016. Disponible en http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%203/Robert%20Pecho%20de%20la%20Cruz.pdf
- Ebanyenle, E. Oteng, A. 2003. Anatomy and Identification of five indigenous rattan species of Ghana. Forestry Research Institute of Ghana. 11(2): 77-90
- Egas, I. 2010. Restauración de Material Orgánico. Universidad tecnológica equinoccial facultad de arquitectura, artes y diseño escuela de restauración y museología. Tesis para optar el título de Licenciada en restauración y museología. Quito- Ecuador.

- Escalante, S., 2000. Estudio demográfico y genético de *Desmoncus quasillarius* (Arecaceae). Informe final SNB-CONABIO proyecto N° M066. Centro de Investigación Científica de Yucatán AC. 69p.
- _____. 2004. Estudios poblacionales de *Desmoncus orthocanthos* Martius (Arecaceae) en el sur de Quintana Roo, México. Tesis doctoral. Veracruz, México. 204p.
- Espinoza de Pernía, N.; Melandri, J. 2000. Anatomía del tallo de las Monocotiledóneas. Mérida, VE. Universidad de Los Andes.
- Esaú, K. 1959. Anatomía vegetal. Barcelona, ES. Editorial Omega. 729 p.
- Esaú, K. 1987. Anatomía de las plantas con semillas. Editorial Hemisferio Sur.
- Fahn, A. 1978. Anatomía vegetal. H. Madrid, ES. Blume Ediciones.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, CL). 1996. Desarrollo de Productos forestales no madereros en América Latina y El Caribe. Serie forestal N.10 Santiago de Chile, CL. Consultado mar. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t2360s/t2360s00.htm#Contents>
- _____. 2009. Fibras naturales. Consultado mar. 2015. Disponible en <http://www.naturalfibres2009.org/es/fibras/>
- _____. 2015. Fibras del futuro. Visitado en Febrero del 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/economic/futurefibres/pagina-principal-de-fibras-del-futuro/why/es/>
- Fathi, L. 2014. Structural and mechanical properties of the Wood from coconut palm, oil palms and date palms. PhD Thesis. Hamburg, DE. University of Hamburg. 248 p. Consultado 15 mar. 2016. Disponible en <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2014/6922/pdf/Dissertation.pdf>
- Fisher, J.; Tan, H.; Toh, L. 2002. Xylem of rattans: vessels dimention in climbing palms. American Journal of Botany. 89 (2): 196-2002.
- Galeano, G. 1992. Las palmas de la región de Araracuara. 1992.
- Gil, I.; Prada, R. 2008. Análisis y Caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de la palma de lata. Tesis Ing. Civil. Bucaramanga, CO. Universidad Industrial de Santander. 203 p. Consultado 17 dic. 2015. Disponible en <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1918/2/128630.pdf>

- Gonzales, H. 2016. Manual de Prácticas de Industrias con Productos diferentes a la madera: Fibras naturales, caracterización y evaluación. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2 p. En prensa.
- Guevara, L.; Garzón, P. 2008. Morfoanatomía de órganos vegetativos aéreos en *Desmoncus orthocanthos* Mart. (ARECACEAE, ARECOIDEAE). ERNSTIA. 18(1) 2008: 71-88
- Guevara, E. 2011. Propiedades físico – mecánicas de *Heteropsis flexuosa* “alambre tamshi”, *Thoracocarpus bissectus* “cesto tamshi” y *Desmoncus polyacanthos* “cashavara”, Loreto-Perú. UNAP. Tesis de Ing. Forestal. 91 p.
- Gutiérrez, M.; Takeuchi, C. 2014. Efecto del contenido de humedad en la resistencia a la tensión paralela a la fibra del bambú *Guadua Angustifolia* Kunth. Scientia et Technica. 19 (3): 245-249.
- Gutiérrez, E. 1983. Clave de Identificación e Influencia de la Estructura Anatómica en las Propiedades Mecánicas de 14 especies forestales comerciales del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 136 p
- Henderson, A.; Chávez, F. 1993. *Desmoncus* as a useful palm in the western Amazon. Principes. 37 (4): 184–186.
- Henderson, A; Galiano, G; Bernal, R. 1995. Field Guide to The Palms of de Americas. Princeton. University Press. Princeton, New Jersey.
- Hübschmann, L.;Kvist, L.; Grandez, C.; Balslev, H. 2007. Uses of Vara casha, a Neotropical Liana Palm, *Desmoncus polyacanthos*- in Iquitos, PE. Palms. 51(4):167-176
- IAWA (International Association of Wood Anatomists) Committee. 1989. List of Microscopic Features For Hardwood Identification. IAWA Bulletin. 10: 217-332 p.
- IBAMA (Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis). 1991. Normas De Procedimientos Em Estudos Do Anatomía Do Madeira: I. Angiospermae

- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, PE).2014. Informe diagnóstico del Mercado de fibra de la “cashavara” *Desmoncus polyacanthos* en la región Loreto. Iquitos- Perú. 32 p.
- Isnard, I., Speck, T.; y Rowe, N. 2005. Biomechanics and development of the climbing habit in two species of the South American palm genus *Desmoncus* (Arecaceae). *American Journal of Botany* 92(9):1444-1456. Consultado 10 sep. 2015. Disponible en <http://www.amjbot.org/content/92/9/1444.full.pdf+html?sid=b42a6661-37e0-49b2-a126-c9b8f08212fb>
- ITTO (The International Tropical Timber Organization, MX); CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, MX); Universidad de Guadalajara. 2012. Caracterización Tecnológica de las especies de madera: Industrialización, Comercialización y Manejo Sostenible de diez Especies Nativas Mexicanas. Guadalajara, MX. 226 p. Consultado 05 ene. 2016. Disponible en http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2596/Technical/Capitulo%203%20Caracterizacion%20tecnol%C3%B3gica%20de%20las%20especies%20de%20madera.pdf
- Jasni. 1997. The properties of Indonesian Rattan. Asean Regional Knowledge Network on Forest Products Development. Set. 2012. Consultado 05 sep. 2015. Disponible en <http://arkn-fpd.org/index.php/product/detail/The-Properties-of-Indonesian-rattan#.VumeEeLhDIV>
- JUNAC (Junta del acuerdo de Cartagena, CO). 1989. Manual del grupo andino para el secado de maderas. 1 ed. Colombia. Editorial Carbajal S. A.. 52 p.
- Khan, F.; Moussa, F. 1994. Las Palmeras del Perú. Colecciones: Patrones de Distribución Geográfica, Ecológica, Estatus de Conservación, Nombres Vernaculares. IFEA. Lima. PE. 184 p. Consultado 05 mar. 2015. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/282168331_Las_palmeras_del_Peru_colecciones_patrones_de_distribucion_geografica_ecologia_estatutos_de_conservacion_nombres_vernaculos_utilizaciones
- Konabe, C. 1990. Physical properties of some rattan species in the Morobe Province: Report N° 2. IDCL Library. 5p.

- Liese, W. 2002. Technical Report of the Project Consultant for rattan cane processing. Bangkok. ITTO Project. 1(1): 8-11. Consultado 14 oct. 2015. Disponible en http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2156/Technical/PD-24-00-R1-I-Rattan-Cane-Processing.pdf
- Linares, E. Galeano, G., García, N., Figueroa, Y. 2008. Fibras vegetales empleadas en artesanías en Colombia. *Artesanías de Colombia - Universidad Nacional de Colombia*. 328 p.
- López, S.; Jiménez, A. Análisis dinámico de los rodillos del sistema de una máquina de conversión de papel Tissue. Tesis Ing. Mecánica. Universidad de las Américas Puebla. 186 p. Consultado 20 Nov 2016. Disponible en http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/jimeno_1_aa/capitulo_7.html
- Lockuán, F. 2012. La industria textil y su control de calidad. 272 pp. Consultado feb. 2016. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=nkJZ93e-9-wC&pg=PA130&lpg=PA130&dq=humedad+aumenta+la+resistencia&source=bl&ots=sD13OOnnoc&sig=X9MdownEZ4XRmxTAIOdJ-bufC4&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjwwJ6l_LnNAhWF1x4KHSA4DBYQ6AEIMzAD#v=onepage&q=humedad%20aumenta%20la%20resistencia&f=false
- Macía, M. 2006. Las plantas de fibra. *Botánica económica de los Andes centrales*. Mónica Moraes R. Ed: Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. 557 p.
- Marín, J. 2008. Apuntes del diseño de máquinas. Ed.: Club Universitario. Alicante. 251p.
- Marín, M. 2010. Efecto del intemperismo acelerado en el color natural de la madera en clones de *Tectona grandis* Linn F. provenientes de las Zona de Peñas Blancas y Garzas, Costa Rica. Tesis Ing. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 67 p.
- Mayorga, E.; Rössel, D.; Ortiz, H.; Quero, A.; Amante, A. 2004. Análisis comparativo en la calidad de fibra de *Agave lechuguilla* torr., procesada manual y mecánicamente. *Agrociencia* 38:219-225. Consultado feb. 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/302/30238209.pdf>

MINCETUR (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, PE). 2015. Artesanías del Perú. Consultado feb. 2015. Disponible en: <http://www.artesaniasdelperu.gob.pe/contenidos/modulo.aspx?ID=3&SID=7&CID=4>

MINAM (Ministerio del Ambiente, PE); DGFFS (Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, PE). 2013. Perú Forestal en números. Consultado mar. 2015. Disponible en: http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/ANUARIO_PERU_FORESTA_L_2012.pdf

Muñoz, F; Carpio, I. 1995. Uso potencial de la palma de Bayal como sustituto del Ratán. Proyecto: Conservación para el desarrollo sostenible. OLAFO - CATIE. Costa Rica.

Núñez, O. 2010. Muebles con fibras vegetales: Naturalmente versátiles y confortables (en línea). Colombia. Consultado feb. 2015. Disponible en: http://www.revista-mm.com/ediciones/rev69/muebles_naturales.pdf

Orellana, R.; Herrera, p.; Rebollar, S.; Escalante, J.; López, g.; Escalante, S.; Gus, L. 1999. Studies on the potential uses of some native palms of the Yucatan Peninsula (Mexico) as substitutes of rattan. *Acta Horticulturae*. n° 486: 291-295.

PALWEB. Consultado mar. 2015, Disponible en: http://www.palmweb.org/cdm_dataportal/taxon/ec4c4edf-5eaf-43af-80e9-98de44b2a4a3

Parthasarathy, M.; Klotz, L. 1976. "Palm Wood": Anatomical Aspects. *Wood Science and Technology*. 10: 215-229

Pérez, A. 1984. Apuntes de anatomía de la madera. Mérida. VE. Universidad de los Andes. 132 p

Pérez, M.; Rebollar, S. 2008. Formas de aprovechamiento de algunas palmas de la Península de Yucatán. *ContantoS* 69: 53-60

Propiedades mecánicas y biomecánicas en tallos de una palmera trepadora (*Desmoncus orthacanthos Martius*) en dos condiciones naturales de crecimiento en una selva tropical. 2007. Península de Yucatán, MX. 5:93-107

- Quiroz, J.; Orellana, R.; Canto, G.; Rebollar, S.; Herrera, P. 2008. Stem anatomical characteristics of the climbing, palm *Desmoncus orthacanthos* (Arecaceae) under two natural growth conditions in a tropical forest. *Revista de Biología Tropical*. 56(2): 937-949
- Quiroz, D.; Sáenz, T.; Narcia, M.; Vásquez, J. 2013. Propiedades físico mecánicas de la fibra de *Agave lechuguilla* Torr. De cinco procedencias bajo plantaciones. *Revista mexicana de Ciencias forestales* 4(19). Consultado feb. 2016. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000500007
- Ramón, J. 2011. *Manual de Histología Vegetal*. Madrid. México. Ediciones Mundi prensa
- Ramirez, G. 2002. Características anatómicas y propiedades físico mecánicas de la *Iriartea deltoidea* de la provincia de Quillabamba- Cuzco. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 69 p.
- Rodriguez, R., Fuentes, F. 2003. Factores que intervienen en el proceso de envejecimiento de la madera. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 9(1): 95-100
- Rich, P. 1987. Developmental Anatomy of stem of *Welfia Georgii*, *Iriartera gigantean*, and other arborescent palms: Implications for mechanical support. *American Journal of Botany*. 74(6): 792-802
- Rivera, S.; Lenton, M. 1999. La xilología y las propiedades mecánicas de cinco maderas nativas argentinas. *Quebracho*. n° 7: 72-78. Consultado 07 ene. 2016. Disponible en http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/q7_12.pdf
- Sato, C. 1993. Análisis de las características mecánicas y químicas de dos fibras naturales *Totora* (*Typha Domingensis* Pers. (-T. americana L. C. Rich.)) y *Cabuya* (*Furcroya Andina* Trelease)". Tesis Ing. Agrícola. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 53 p.

- Souza, A de. 2012. Caracterização tecnológica das fibras do estirpe de *Desmoncus polyacanthos* Mart. Lavras- Brasil. UFLA. Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia da Madeira. 116 p. Consultado el 25 de abril. 2016. Disponible en http://www.prg.ufla.br/ct-madeira/wp-content/uploads/2012/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o_ALESSANDRA-DE-SOUZA-FONSECA.pdf
- Taminshe, V.2010 “Caracterización macroscópica de las raíces de “alambre tamshi” *Heteropsis flexuosa* (H.B.K.) Bunting, “cesto tamshi” *Thoracocarpus bissectus* (vell.) Harling” y estípites de “cashavara” *Desmoncus polyacanthos* Martius” procedentes de la cuenca del Río Ucayali, Loreto – Perú “. Informe de práctica profesional para optar el grado de bachiller en Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- TAPPI (*Technical Association of the Pulp and Paper Industry*). 1967. T231 cm-84. Coarseness of pulp fibers. Tag and Label Manufacturers Institute (TLMI).
- _____ 1996a. T494 om-96. Tensile properties of paper and paperboard.
- _____ 1996b. T511 om-96. Folding endurance of paper (MIT tester). Tag and Label Manufacturers Institute (TLMI).
- _____ 1997a. T411 om-97. Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board. Tag and Label Manufacturers Institute (TLMI).
- _____ 1997b. T412 om-94. Moisture in pulp, paper and paperboard. Tag and Label Manufacturers Institute (TLMI).
- _____ 1997c. T544 sp-97. Effect of moist heat on properties of paper and board. Tag and Label Manufacturers Institute (TLMI).
- Tomlinson, P. 1961. Anatomy of monocotyledons. II. Palmae. Oxford. Clarendon press.
- Tomlinson, P.; Zimmermann, M. 2003. Stem vascular architecture in the American climbing palm *Desmoncus* (Arecaceae- Arecoideae- Bactridinae). Botanical Journal of the Linnean Society. 142: 243-254
- Tomlinson, P.; Fisher, J.; Spangler, R.; Richer, R. 2001. Stem vascular architecture in the rattan palm *Calamus* (Arecaceae- Calamoideae- Calaminae). American Journal of Botany 88(5): 797-809.

- Torres, G. 2003. Propagación Sexual y Asexual de *Desmoncus polyacanthos* Martius, “cashavara” en camas de vivero; Jenaro Herrera, (Loreto – Perú).
- Torres, G.; Espinoza, V. 2010. Tratamientos de técnicas postcosecha de raíces de alambre tamshi, *Heteropsis flexuosa*, cesto tamshi, *Thoracocarpus bissectus* y estípites de “cashavara”, *Desmoncus polyacanthos* en Loreto. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana- Memoria. 2010: 51-52. Consultado 15 mar. 2016. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/avances/PROBOSQUES/probosques2010.pdf>
- Torres, G.; Rodríguez, E.; Delgado, C.; Castillo, D. 2010. Cosecha de “cashavara” *Desmoncus polyacanthos* en los boques inundables de la Amazonía Peruana. Folia Amazónica. 18(1-2): 51-57
- Torres. s.f. Evaluación biométrica en plantaciones de *Desmoncus polyacanthos* Martius “cashavara” en los ecosistemas aluviales de Jenaro Herrera, Loreto, Perú.
- Torres, G.; Ojanama, J.; Castillo, D del.; Rojas, R. 2011. Establecimiento de plantaciones con “cashavara” *Desmoncus polyacanthos* Martius en los Ecosistemas inundables de la Amazonía Peruana. Folia Amazónica. 20(1-2):111-119
- Wilson, J.; Buffa, A. 2003. Física. 5 ed. México. Pearson Educación. 920 p. Consultado 07 ene. 2016. Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=KFEvYPsc5IMC&pg=PA307&dq=m%C3%B3dulo+de+young+definici%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiVw-6Z98DLAhUIbR4KHxtSDNcQ6AEIITAB#v=onepage&q=m%C3%B3dulo%20de%20young%20definici%C3%B3n&f=false>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 MEDICIONES DE ELEMENTOS XILEMÁTICOS DE LOS 11 ESTÍPITES DE “CASHAVARA”

Estípite Faja 2:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	Diámetro tangencial	Número por mm ²	D. Total	Esp. Pared	Longitud	Longitud
1	35	7	15,58	4,13	234	235
2	35	8	14,77	2,86	248	216
3	37	8	23,34	5,56	201	211
4	35	8	22,01	3,47	244	216
5	30	7	20,64	5,77	184	128
6	31	8	17,85	5,93	269	198
7	32	7	18,92	4,83	207	218
8	28	8	19,27	3,97	215	263
9	32	8	17,99	4,94	251	357
10	33	7	19,84	4,76	204	256
11	33	9	17,7	3,65	204	252
12	34	9	23,81	5,28	224	206
13	32	9	23,83	4,98	358	290
14	35	10	16,05	5,12	273	276
15	35	10	20,8	3,33	198	232
16	37	10				
17	38	8				
18	37	10				
19	35	10				
20	36	10				
21	35	9				
22	35	10				
23	35	9				
24	33	9				
25	30	9				
Sumatoria	848	217	292,4	68,58	3514	3554
Promedio	33,92	8,68	14,62	3,429	195,22	222,125
Micras	162,816		19	4	3043,61	3180,60
DS	2,482	1,069	2,925	0,947	43,573	50,922
CV (%)	7,317	12,319	20,004	27,619	22,320	22,925

Estípite Faja 3:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Diametro tangencial</i>	<i>Número por mm²</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	38	5	18,67	3,68	218	203
2	37	8	21,61	4,92	236	196
3	35	7	19,88	3,19	242	198
4	33	7	19,15	3,77	228	151
5	22	7	21,61	4,4	264	207
6	34	7	24,77	4,61	271	223
7	35	8	19,46	3,9	284	208
8	33	8	21,7	4,72	223	181
9	37	6	23,15	3,97	236	159
10	35	8	14,17	3,68	266	168
11	33	9	20,4	5,4	220	149
12	33	5	16,7	3,5	265	144
13	35	7	20,87	3,27	195	194
14	35	9	15,14	3,35	245	276
15	35	6	20,53	4,27	245	205
16	38	8				
17	34	8				
18	32	7				
19	35	7				
20	40	8				
21	36	7				
22	40	8				
23	36	8				
24	34	8				
25	36	10				
Sumatoria	871	186	392,57	78,67	5070	2862
Promedio	34,84	7,44	19,6285	3,9335	241,428571	190,8
Micras	167,232		20	4	3177,2	2510,928
DS	3,387	1,158	2,840	0,656	24,062	34,270
CV(%)	9,722	15,559	14,469	16,689	9,967	17,961

Estípite Faja 4:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Díametro tangencial</i>	<i>Número por mm2</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	42	8	17,1	6,24	170	174
2	45	8	16,2	5,74	205	202
3	41	7	15,01	4,42	195	217
4	40	7	14,53	2,4	210	131
5	42	9	22,82	5,53	135	241
6	45	6	15,94	3,55	200	221
7	46	6	18,12	3,39	210	218
8	42	6	16,66	2,7	220	183
9	41	7	30,8	8,14	145	221
10	43	8	18,22	3,08	240	196
11	40	6	15,4	2,87	215	201
12	40	7	21,78	3,02	265	326
13	40	10	15,26	5,32	180	225
14	38	8	20,9	3,72	230	223
15	35	9	12,24	3,14	245	136
16	43	6				
17	47	7				
18	40	8				
19	42	8				
20	37	8				
21	45	7				
22	40	5				
23	38	9				
24	36	9				
25	42	9				
Sumatoria	1030	188	369,8	87,03	3685	3413
Promedio	41,2	7,52	18,49	4,3515	216,76	213,31
Micras	197,76		19	4	2852,62	2807,19
DS	3,041	1,262	4,538	1,636	35,750	45,644
CV(%)	7,382	16,786	24,542	37,592	16,493	21,398

Estípite Faja 5:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Díametro tangencial</i>	<i>Número por mm²</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	30	10	16,16	3,79	235	149
2	25	10	14,48	3,35	145	224
3	22	11	19,4	3,65	220	244
4	26	9	23,34	6,05	225	213
5	26	8	16,19	2,86	235	225
6	30	9	11,94	3,42	155	175
7	30	9	18,28	3,92	160	168
8	25	9	12,35	3,9	170	220
9	15	9	17,63	3,49	190	257
10	30	9	16,92	5,12	320	208
11	26	8	16,51	3,33	185	177
12	26	9	18,16	3,13	145	105
13	20	9	19,73	4,27	220	108
14	25	9	16,93	3,98	220	188
15	22	9	16,92	4,02	245	267
16	25	9				
17	25	10				
18	24	10				
19	26	9				
20	24	10				
21	29	8				
22	28	9				
23	27	10				
24	16	10				
25	23	10				
Sumatoria	625	185	341,81	81,08	3525	4486
Promedio	25	9,25	17,09	4,05	207,35	203,91
Micras	120		17	4	2728,76	2683,44
DS	3,894	0,737	2,828	0,804	47,263	48,971
CV (%)	15,578	7,969	16,549	19,822	22,794	24,016

Estípite Faja 6:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Diametro tangencial</i>	<i>Número por mm²</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	41	7	19,1	6,16	235	214
2	42	6	17,35	5,56	190	186
3	43	6	24,46	3,97	165	142
4	40	6	16,1	4,83	150	201
5	52	7	21,17	5,72	150	256
6	45	8	18,89	6,03	260	196
7	45	8	21,53	6,22	235	178
8	40	6	19,6	6,37	260	144
9	48	7	21,41	7,35	225	304
10	45	9	18,35	5,77	205	185
11	27	8	21,84	6,92	245	162
12	32	7	21,07	4,96	265	290
13	40	9	20,16	5,71	255	177
14	41	9	13,25	4	320	150
15	32	8	13,98	5,08	280	180
16	26	7				
17	38	6				
18	30	7				
19	37	7				
20	35	8				
21	27	8				
22	36	6				
23	43	6				
24	31	9				
25	35	8				
Sumatoria	951	183	385,07	115,52	6085	3820
Promedio	38,04	7,32	19,2535	5,776	243,4	191
Micras	182,592		19	6	3203,144	2513,56
DS	6,871	1,069	3,046	0,956	49,131	49,614
CV(%)	18,062	14,607	15,822	16,554	20,185	25,976

Estípite Faja 7:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Diametro tangencial</i>	<i>Número por mm²</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	40	7	20,67	3,89	160	253
2	35	6	13,02	2,46	155	240
3	40	5	15,13	3,17	190	221
4	40	7	19,79	4,41	190	251
5	40	5	19,46	4,08	165	341
6	40	6	12,64	3,5	165	158
7	37	6	20,55	3,98	185	167
8	35	6	23,12	4,72	175	150
9	45	5	17,11	4,85	199	171
10	45	6	22,94	4,67	170	156
11	47	6	13,73	4,79	200	161
12	35	7	13,92	3,52	205	200
13	40	6	19,63	3,66	280	114
14	35	6	17,82	3,92	190	157
15	38	5	17,11	3,52	170	159
16	40	5				
17	40	7				
18	40	6				
19	40	6				
20	50	8				
21	37	7				
22	40	6				
23	35	7				
24	40	7				
25	38	4				
Sumatoria	992	152	231,71	51,7	3919	3037
Promedio	39,68	6,08	17,8238462	3,97692308	186,619048	189,8125
Micras	190,464		18	4	2455,90667	2497,9325
DS	3,805	0,909	3,482	0,673	30,187	58,082
CV(%)	9,589	14,954	19,536	16,928	16,176	30,600

Estípite Faja 9:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Diametro tangencial</i>	<i>Número por mm²</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	35	12	10,53	3,13	165	179
2	33	8	18,77	4,79	205	151
3	36	6	12,86	3,79	200	219
4	36	7	16,26	3,08	210	187
5	37	7	13,27	2,93	145	211
6	34	7	13,09	2,97	270	218
7	27	10	14,85	4,96	290	154
8	36	7	19,75	3,84	170	214
9	36	7	21,3	4,22	165	191
10	40	9	19,51	4,72	210	246
11	36	6	17,51	2,69	194	256
12	20	8	15,94	4,61	230	254
13	40	11	20,42	4,63	185	216
14	42	11	16,05	3,34	165	279
15	20	6	21,55	3,27	135	228
16	15	5				
17	36	6				
18	35	7				
19	41	7				
20	28	7				
21	37	7				
22	41	7				
23	36	8				
24	31	7				
25	25	5				
Sumatoria	833	188	332,3	75,83	3689	3413
Promedio	33,32	7,52	16,615	3,7915	194,157	213,312
Micras	159,936		17	4	2555,117	2807,192
DS	7,069	1,806	3,410	0,794	43,064	36,754
CV(%)	21,217	24,010	20,524	20,950	22,180	17,230

Estípite Faja 10:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Diametro tangencial</i>	<i>Número por mm²</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	32	7	17,27	3,62	180	104
2	33	7	15,86	2,93	140	216
3	35	7	23,82	6,87	135	206
4	35	7	18,64	4,05	180	187
5	32	7	17,23	3,65	205	284
6	37	6	21,73	5,47	150	210
7	36	6	14,83	2,86	170	190
8	36	7	16,36	2,36	215	176
9	36	7	17,74	3,84	140	187
10	37	5	14,4	3,79	120	210
11	36	6	14,29	3,34	130	243
12	36	6	20,33	3,51	250	179
13	43	6	17,3	4,29	200	154
14	42	6	18,93	3,34	155	147
15	41	6	16,31	3,84	170	285
16	34	6				
17	32	6				
18	22	6				
19	16	6				
20	38	6				
21	44	7				
22	31	4				
23	40	6				
24	42	6				
25	41	7				
Sumatoria	887	156	284,19	60,97	2540	3346
Promedio	35,48	6,24	17,76	3,81	169,33	196,82
Micras	170,304		18	4	2228,42667	2590,19765
DS	6,239	0,723	2,692	1,094	36,345	47,948
CV(%)	17,585	11,593	15,154	28,711	21,464	24,361

Estípite Faja 13:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Díametro tangencial</i>	<i>Número por mm²</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	40	10	14,79	5,04	150	214
2	43	10	15,56	6,19	192	262
3	42	11	15,22	4,82	220	188
4	38	9	14,65	2,7	283	155
5	31	8	18,07	4,31	315	181
6	21	9	21,2	5,45	255	234
7	24	9	15,56	4,15	265	182
8	41	9	29,8	4,65	235	200
9	21	9	19,59	3,5	240	192
10	32	9	19,23	3,65	230	185
11	42	8	15,6	3,55	240	169
12	41	9	17,46	4,76	175	148
13	36	9	17,22	4,07	215	178
14	42	9	15,68	5,22	220	188
15	46	9	16,6	5,28	212	186
16	31	9				
17	37	10				
18	32	10				
19	20	9				
20	41	9				
21	42	9				
22	29	9				
23	43	10				
24	40	8				
25	40	9				
Sumatoria	895	175	366,87	92,49	4749	2488
Promedio	35,8	9,21052632	18,3435	4,6245	237,45	191,384615
Micras	171,84		18	5	3124,842	2518,62154
DS	7,773	0,688	3,852	0,909	41,167	28,733
CV(%)	21,712	7,470	21,000	19,663	17,337	15,013

Estípite Faja 14:

N°	POROS		FIBRAS			VASOS
	<i>Díametro tangencial</i>	<i>Número por mm²</i>	<i>D. Total</i>	<i>Esp. Pared</i>	<i>Longitud</i>	<i>Longitud</i>
1	40	5	21,06	5,86	220	423
2	36	6	18,84	5,59	150	176
3	42	8	21,85	5,28	150	196
4	40	6	11,79	3,13	214	175
5	42	6	13,74	4,89	225	314
6	45	6	15,21	3,62	157	102
7	46	8	12,62	4,37	200	317
8	45	6	17,72	4,39	165	356
9	47	8	12,99	3,84	235	285
10	35	8	11,59	3,6	195	319
11	39	7	17,51	4,94	185	267
12	45	7	17,62	4,78	240	245
13	40	7	18,38	3,27	390	265
14	41	6	17,78	5,78	175	235
15	45	8	17,65	5,11	160	285
16	40	7				
17	36	7				
18	50	8				
19	42	9				
20	45	7				
21	40	7				
22	42	8				
23	36	9				
24	32	7				
25	45	7				
Sumatoria	1036	178	333,55	90,03	3061	4727
Promedio	41,44	7,12	16,6775	4,5015	204,066	262,6111
Micras	198,912		17	5	2685,517	3455,962
DS	4,273	1,013	3,251	0,905	60,028	80,492
CV(%)	10,311	14,231	19,496	20,098	29,416	30,651

ANEXO 2
NÚMERO DE VASOS DEL PROTOXILEMA

N°	N° de Vasos del Protoxilema										
	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F9	F10	F11	F13	F14
1	3	4	4	4	2	4	5	12	3	4	3
2	4	7	5	4	3	4	5	8	4	3	5
3	3	3	4	4	2	4	4	6	6	3	7
4	3	6	4	5	6	4	3	5	5	6	5
5	3	6	7	6	3	6	3	6	6	2	6
6	2	5	3	4	3	4	2	6	8	3	8
7	3	4	4	6	4	6	8	5	4	4	4
8	4	5	4	9	5	9	4	5	3	6	2
9	3	3	4	5	4	5	3	5	5	3	5
10	4	4	5	4	2	3	4	9	2	3	2
11	4	5	6	7	3	7	4	10	7	2	7
12	3	5	3	5	6	5	3	8	7	4	7
13	3	5	7	4	7	4	4	6	6	3	6
14	3	5	5	5	3	5	3	7	4	3	4
15	6	7	5	4	6	5	3	5	5	3	5
16	4	6	5	6	4	6	7	5	3	2	3
17	4	4	3	2	6	2	3	6	3	3	3
18	3	5	4	6	6	6	5	9	4	2	4
19	4	5	5	5	6	5	6	9	6	3	6
20	4	4	4	3	4	3	6	10	4	4	4
PROMEDIO	3,5	4,9	4,55	4,9	4,25	4,85	4,25	7,1	4,75	3,3	4,8
DESV. STAND	0,8	1,1	1,15	1,5	1,62	1,57	1,55	2,1	1,62	1,1	1,7
COEF. VAR (%)	24	23	25,2	31	38,1	32,3	36,5	30	34,1	34	36

**ANEXO 3
DATOS DE ENSAYO**

Estípite Faja 3- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSION
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F3-23-5	III3	CI	1150	1255	1220	1208,33	1620	1260	1720	1533,33333	0,019	2,7	145,727136
	III3	SI	1370	1360	1120	1283,33	1480	1740	1480	1566,66667	0,020	7	348,162476
	I2	CI	1360	1350	1300	1336,67	1460	1160	1630	1416,66667	0,019	2,6	137,303799
	I2	SI	1270	1290	1320	1293,33	1890	2050	1980	1973,33333	0,026	6,8	266,43912
	II4	CI	1080	1310	1330	1240,00	1090	1340	1470	1300	0,016	0,5	31,0173697
	II4	SI	1255	1110	1050	1138,33	1610	1230	2020	1620	0,018	6,9	374,16626
	I4	CI	1340	1250	1430	1340,00	1520	1390	1560	1490	0,020	1,3	65,1106882
	I4	SI	1450	1450	1455	1451,67	2090	1830	2040	1986,66667	0,029	9,2	319,003845
	I8	CI	1320	950	845	1038,33	1440	1610	1850	1633,33333	0,017	4,6	271,2353
	I8	SI	820	990	1030	946,67	1790	1880	1980	1883,33333	0,018	13	729,153683
	I5	CI	1330	1100	1200	1210,00	1880	1830	1900	1870	0,023	2,5	110,487471
	I5	SI	1050	1080	1230	1120,00	1300	1600	1680	1526,66667	0,017	10	584,840923
	I3	CI	1410	1390	1340	1380,00	1610	1330	1210	1383,33333	0,019	2,7	141,435306
	I3	SI	1355	1440	1390	1395,00	1800	1840	1860	1833,33333	0,026	8,5	332,355816
	I1	CI	1390	1200	1370	1320,00	1830	2070	2030	1976,66667	0,026	2,6	99,6474015
	I1	SI	1150	1330	1315	1265,00	1820	1310	1380	1503,33333	0,019	6,5	341,796447

Estípite Faja 3- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

F3-23-5	III2	H	850	1140	800	930,00	1310	1350	1290	1316,66667	0,012	8	653,327889
	III2	S	1240	1270	1220	1243,33	1720	1800	1560	1693,33333	0,021	12,2	579,468451
	II2	H	800	820	1110	910,00	1650	1700	1880	1743,33333	0,016	10,8	680,772382
	II2	S	1230	1390	1285	1301,67	2250	1330	1700	1760	0,023	10,9	475,788616
	II3	H	1120	640	1020	926,67	1390	1950	2080	1806,66667	0,017	5,6	334,492554
	II3	S	1400	1350	700	1150,00	1600	1610	1800	1670	0,019	9,6	499,869826
	III4	H	1230	900	960	1030,00	2350	1410	1990	1916,66667	0,020	8	405,234276
	III4	S	1150	1370	1230	1250,00	1820	2050	1770	1880	0,024	10,8	459,574468
	II1	H	640	1030	750	806,67	1420	1420	2500	1780	0,014	8,3	578,048101
	II1	S	790	1140	730	886,67	1980	2060	1930	1990	0,018	15,1	855,782673
	III1	H	820	1050	1020	963,33	1460	1700	1770	1643,33333	0,016	7,9	499,027913
	III1	S	980	900	790	890,00	1520	1210	1600	1443,33333	0,013	17,2	1338,97294
	III5	H	1190	1120	1060	1123,33	2480	1560	1690	1910	0,021	11,9	554,632032
	III5	S	1070	1150	1330	1183,33	1660	1150	1290	1366,66667	0,016	5,2	321,53899

Estípote Faja 4- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSIÓN
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F4-34-3	II3	CI	1225	1230	1230	1228,33333	1110	1180	1150	1146,66667	0,01408489	4,6	326,591146
	II3	SI	1345	1310	1240	1298,33333	1610	1140	1530	1426,66667	0,01852289	6,8	367,113361
	I10	CI	1215	1250	1270	1245	1740	1470	1620	1610	0,0200445	3	149,666991
	I10	SI	1310	1250	1270	1276,66667	1820	2000	1790	1870	0,02387367	10,9	456,57
	II1	CI	1205	1385	1170	1253,33333	1500	1660	1520	1560	0,019552	7,2	368,248773
	II1	SI	1100	1225	1280	1201,66667	1780	1850	1600	1743,33333	0,02094906	10	477,348488
	I2	CI	1400	1310	1260	1323,33333	1540	1620	1410	1523,33333	0,02015878	2	99,2123641
	I2	SI	1355	1090	1200	1215	1820	1510	1400	1576,66667	0,0191565	11	574,217628
	I6	CI	1320	1380	1390	1363,33333	1270	1460	1300	1343,33333	0,01831411	3,6	196,569737
	I6	SI	1445	1360	960	1255	2310	1770	2030	2036,66667	0,02556017	14,8	579,025958
	III9	CI	1350	1360	1380	1363,33333	1570	1500	1460	1510	0,02058633	5	242,87958
	III9	SI	1370	1300	1335	1335	1550	1180	2020	1583,33333	0,0211375	7,5	354,819633
	III8	CI	1310	1350	1300	1320	1480	1450	1350	1426,66667	0,018832	3,8	201,784197
	III8	SI	1450	1430	1250	1376,66667	1890	2120	2270	2093,33333	0,02881822	8	277,602134
	I3	CI	1375	1360	1410	1381,66667	1820	1380	1590	1596,66667	0,02206061	2,4	108,791184
	I3	SI	1190	1220	1260	1223,33333	2030	1980	1950	1986,66667	0,02430356	13,3	547,24503
	II2	CI	1300	1330	1420	1350	1650	1500	1350	1500	0,02025	2,1	103,703704
	II2	SI	1300	1370	1180	1283,33333	1670	1810	1940	1806,66667	0,02318556	8,1	349,355442
I7	CI	1300	1275	1210	1261,66667	1640	2000	1710	1783,33333	0,02249972	7,3	324,44845	
I7	SI	1340	1340	1400	1360	2010	1290	1460	1586,66667	0,02157867	7,4	342,93129	

Estípite Faja 4- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSIÓN
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F4-34-3	III6	H	1225	1240	1250	1238,33333	1870	1400	1760	1676,66667	0,02076272	10,1	486,448737
	III6	S	1020	1360	1360	1246,66667	2140	1350	1810	1766,66667	0,02202444	10,7	485,823832
	III2	H	1105	1060	1110	1091,66667	1870	1740	1680	1763,33333	0,01924972	13,2	685,724181
	III2	S	1430	1420	1280	1376,66667	1310	1760	2400	1823,33333	0,02510122	11,9	474,080501
	I5	H	1400	1360	1250	1336,66667	1690	2150	2230	2023,33333	0,02704522	15,5	573,114167
	I5	S	1190	1050	1000	1080	1990	1400	1710	1700	0,01836	11	599,12854
	I1	H	1325	1090	1075	1163,33333	1890	1530	1450	1623,33333	0,01888478	16,4	868,424304
	I1	S	1410	1355	1400	1388,33333	1560	1960	1510	1676,66667	0,02327772	11,9	511,218404
	III3	H	920	960	820	900	1910	1470	1900	1760	0,01584	15,6	984,848485
	III3	S	1230	1390	1310	1310	1840	2060	1870	1923,33333	0,02519567	11,7	464,365566
	III7	H	1050	1330	1000	1126,66667	1560	1690	1660	1636,66667	0,01843978	10	542,305885
	III7	S	1110	1120	850	1026,66667	1690	1730	1650	1690	0,01735067	8,9	512,94859
	III4	H	1140	1150	900	1063,33333	1820	1790	1390	1666,66667	0,01772222	11,2	631,974922
	III4	S	1450	1320	12220	4996,66667	2330	2100	2020	2150	0,10742833	11,3	105,186403
	I4	H	1120	1110	1250	1160	1930	1340	1630	1633,33333	0,01894667	11,8	622,800844
	I4	S	910	1100	930	980	1990	1960	1900	1950	0,01911	13,1	685,504971
	I9	H	1020	1190	1400	1203,33333	1780	1740	1570	1696,66667	0,02041656	12	587,758301
	I9	S	1285	1190	1310	1261,66667	1910	1870	1720	1833,33333	0,02313056	9,8	423,681998
	III5	H	1110	1180	1210	1166,66667	2050	2000	1860	1970	0,02298333	13,1	569,978245
	III5	S	1410	1415	1330	1385	1980	1860	1590	1810	0,0250685	8,2	327,103736

Estípite Faja 5- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSION
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F5-54-4I	26	CI	1005	965	1240	1070	1320	1600	1170	1363,33	0,01458767	2,9	198,798071
	26	SI	830	830	750	803,333333	1840	1500	1750	1696,66	0,01362989	9,6	704,334428
	21	CI	1280	1000	990	1090	1360	1220	1410	1330	0,014497	3,7	255,225219
	21	SI	950	1120	1160	1076,66667	1800	1910	1730	1813,33	0,01952356	8,9	455,859588
	29	CI	710	830	1030	856,666667	1420	1300	1690	1470	0,012593	4	317,636782
	29	SI	960	810	720	830	1840	1550	1460	1616,66	0,01341833	5,9	439,696932
	24	CI	820	840	900	853,333333	1460	1210	1880	1516,66	0,01294222	2,9	224,072802
	24	SI	770	820	1110	900	2010	1840	1690	1846,66	0,01662	4,6	276,77497
	14	CI	960	950	1120	1010	1630	1680	1940	1750	0,017675	3,1	175,388967
	14	SI	1100	1050	1020	1056,66667	1810	1400	1860	1690	0,01785767	9,1	509,585052
	17	CI	1400	1080	900	1126,66667	1180	1150	1910	1413,33	0,01592356	4	251,200179
	17	SI	710	900	870	826,666667	2030	1800	2050	1960	0,01620267	9	555,464121
	12	CI	1215	1190	1080	1161,66667	1450	1740	1840	1676,66	0,01947728	3,9	200,23332
	12	SI	1095	1230	1160	1161,66667	1320	1280	1860	1486,66	0,01727011	8	463,228056
	7	CI	990	1150	810	983,333333	1680	1910	1750	1780	0,01750333	3,4	194,248715
	7	SI	960	825	910	898,333333	1690	1440	1700	1610	0,01446317	7,3	504,730407
	3	CI	900	1010	920	943,333333	1460	1270	2040	1590	0,014999	2,5	166,677779
	3	SI	835	940	740	838,333333	2090	1990	2300	2126,67	0,01782856	11,5	645,032626

Estípite Faja 5- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSION
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F5-54-4I	22	H	800	730	600	710	1920	2280	2050	2083,33	0,0148	12,1	818,03
	22	S	710	870	1015	865	1580	1440	1830	1616,67	0,0140	5,5	393,30
	5	H	700	1160	1080	980	2080	1870	1590	1846,67	0,0181	10,5	580,20
	5	S	1350	1290	990	1210	2060	1580	1260	1633,33	0,0198	9,2	465,51
	16	H	760	1150	630	846,67	1530	1390	1260	1393,33	0,0118	6,5	550,99
	16	S	1050	990	1130	1056,67	1450	2270	1700	1806,67	0,0191	9,8	513,35
	27	H	690	820	650	720	1790	1660	1400	1616,67	0,0116	9,4	807,56
	27	S	1160	900	840	966,67	1960	1710	1860	1843,33	0,0178	6,5	364,78
	23	H	780	510	790	693,33	1240	1590	2280	1703,33	0,0118	4,9	414,91
	23	S	1030	1040	880	983,33	1910	1660	1510	1693,33	0,0167	6,9	414,39
	11	H	1150	900	720	923,33	1050	1660	1730	1480,00	0,0137	4,5	329,30
	11	S	730	1180	930	946,67	1880	1470	2020	1790,00	0,0169	7	413,09
	19	H	875	900	640	805	1670	1750	1690	1703,33	0,0137	11,7	853,28
	19	S	1050	835	860	915	2070	1810	2070	1983,33	0,0181	10	551,04
	25	H	900	1090	1030	1006,67	2370	2110	2610	2363,33	0,0238	12,1	508,60
	25	S	820	850	540	736,67	2440	2350	2520	2436,67	0,0180	10,4	579,38
	18	H	950	920	740	870	1630	1640	1950	1740,00	0,0151	8,2	541,68
	18	S	890	910	1110	970	2820	2040	1780	2213,33	0,0215	14	652,09
10	H	850	855	920	875	2550	2240	1930	2240,00	0,0196	14,3	729,59	
10	S	880	990	1310	1060	1580	2030	1650	1753,33	0,0186	10,7	575,72	

Estípite Faja 6- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPEJOR				ANCHO				E*A	kmax	TENSION
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F6-56-13II	21	CI	1340	1180	1120	1213,33333	1650	1610	1890	1716,66667	0,0208	7	336,071695
	21	SI	1320	1120	1280	1240	1990	1580	1780	1783,33333	0,0221	8,5	384,383479
	10	CI	1375	1200	1320	1298,33333	1960	1900	2020	1960	0,0254	3,4	133,609285
	10	SI	1350	1345	1400	1365	1720	1880	2070	1890	0,0258	13,5	523,286238
	20	CI	1300	1310	1270	1293,33333	1650	1510	1760	1640	0,0212	8	377,16872
	20	SI	1180	1120	1090	1130	2600	1900	2580	2360	0,0267	14,4	539,973001
	13	CI	1415	1430	1410	1418,33333	2180	1850	2000	2010	0,0285	6,4	224,494449
	13	SI	1320	1175	1280	1258,33333	2190	1860	1720	1923,33333	0,0242	6,6	272,705361
	5	CI	1415	1420	1440	1425	2100	1730	1720	1850	0,0264	6,9	261,73542
	5	SI	1350	1310	1390	1350	2310	1900	1880	2030	0,0274	16,3	594,781974
	6	CI	1410	1340	1360	1370	1650	1890	1620	1720	0,0236	4,6	195,213037
	6	SI	1405	1290	1330	1341,66667	1780	1980	2030	1930	0,0259	12	463,424838
	14	CI	1350	1330	1270	1316,66667	1580	1570	1300	1483,33333	0,0195	5,7	291,850377
	14	SI	1360	1455	1410	1408,33333	2210	2280	2300	2263,33333	0,0319	16,7	523,917003
	1	CI	1370	1380	1400	1383,33333	1570	1780	1840	1730	0,0239	4,4	183,856815
	1	SI	1440	1130	890	1153,33333	2600	1860	1500	1986,66667	0,0229	17,8	776,855336
	23	CI	1150	1120	1100	1123,33333	1430	1160	1180	1256,66667	0,0141	3,7	262,103598
	23	SI	1130	1120	1165	1138,33333	1820	1700	2260	1926,66667	0,0219	12	547,148495
	18	CI	1350	1300	1390	1346,66667	1300	1360	1420	1360	0,0183	6,2	338,5265
	18	SI	1325	1350	1340	1338,33333	1910	1230	1670	1603,33333	0,0215	11,5	535,932043

Estípite Faja 6- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	kmax	TENSION
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F6-56-13II	24	H	1020	1115	980	1038,33333	2460	1960	1430	1950	0,0202	9,7	479,07149
	24	S	1270	1380	1350	1333,33333	1780	2250	1900	1976,66667	0,0264	11	417,369309
	2	H	1130	1265	1360	1251,66667	2160	1850	2630	2213,33333	0,0277	19,6	707,490414
	2	S	1380	1420	1380	1393,33333	1200	1860	1730	1596,66667	0,0222	12,9	579,856359
	17	H	1080	1110	1130	1106,66667	1960	1460	1510	1643,33333	0,0182	7,2	395,904103
	17	S	1330	1370	1340	1346,66667	2010	1850	2210	2023,33333	0,0272	7	256,903779
	9	H	1185	1190	1150	1175	2130	2180	1560	1956,66667	0,0230	9	391,460365
	9	S	1220	1275	1365	1286,66667	2110	2090	2550	2250	0,0290	13,6	469,775475
	8	H	935	950	940	941,666667	1830	1550	1640	1673,33333	0,0158	5,5	349,046293
	8	S	1440	1360	1370	1390	2600	2450	2260	2436,66667	0,0339	16,5	487,16157
	16	H	1040	1280	1100	1140	1550	2190	1730	1823,33333	0,0208	9	432,983739
	16	S	1410	1440	1430	1426,66667	1810	1740	1780	1776,66667	0,0253	12,8	504,988515
	3	H	1120	1110	980	1070	1920	2100	1850	1956,66667	0,0209	16,9	807,209158
	3	S	1390	1355	920	1221,66667	2380	2110	2330	2273,33333	0,0278	14,8	532,900185
	4	H	1130	1200	910	1080	1710	1970	2170	1950	0,0211	13	617,283951
	4	S	1500	1435	1430	1455	2010	2500	2590	2366,66667	0,0344	14	406,56309
	19	H	980	730	770	826,666667	1920	1370	1890	1726,66667	0,0143	9	630,52684
	19	S	1300	1240	1330	1290	2280	2060	2000	2113,33333	0,0273	11,5	421,832587
12	H	1080	940	950	990	1950	1700	1730	1793,33333	0,0178	8,5	478,765349	
12	S	910	1160	1250	1106,66667	2360	1660	2360	2126,66667	0,0235	7,9	335,668694	

Estípite Faja 7- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSIÓN (kg/cm2)
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F7-63-3	II15	CI	1310	1250	1180	1246,66667	1930	1500	1920	1783,33333	0,0222	2,8	125,943
	II15	SI	1410	1435	1290	1378,33333	1540	1910	2240	1896,66667	0,0261	7	267,764
	II4	CI	1120	1200	1260	1193,33333	1190	1160	1370	1240	0,0148	1,4	94,612
	II4	SI	1370	1280	1340	1330	1110	2060	1610	1593,33333	0,0212	9	424,702
	I5a	CI	1180	1150	1110	1146,66667	2190	2170	2210	2190	0,0251	2,2	87,608
	I5a	SI	1050	1120	1010	1060	2530	2500	2530	2520	0,0267	11,1	415,544
	II18a	CI	1150	1140	1080	1123,33333	2190	2230	1990	2136,66667	0,0240	4,7	195,818
	II18a	SI	1130	1120	1050	1100	2100	2080	2400	2193,33333	0,0241	8,1	335,728
	II7	CI	1150	1400	1360	1303,33333	1540	1580	1160	1426,66667	0,0186	3,5	188,231
	II7	SI	1160	1280	1300	1246,66667	1920	1750	1540	1736,66667	0,0217	10,4	480,360
	I2	CI	1290	1240	1100	1210	1310	1110	930	1116,66667	0,0135	1,6	118,416
	I2	SI	1250	1275	1400	1308,33333	1500	1590	1710	1600	0,0209	5	238,854
	II5	CI	1385	1300	1350	1345	1530	1540	1540	1536,66667	0,0207		0,000
	II5	SI	1470	1410	1110	1330	1410	1780	1550	1580	0,0210	9,2	437,803
	II12	CI	1280	1250	1250	1260	880	1180	1340	1133,33333	0,0143	1,4	98,039
	II12	SI	1050	1120	1310	1160	2020	1680	1660	1786,66667	0,0207	7,5	361,876
	I1	CI	1360	1370	1210	1313,33333	1500	1630	1250	1460	0,0192	2,3	119,950
	I1	SI	1440	1330	1200	1323,33333	1380	1380	1260	1340	0,0177	6,5	366,555

Estípite Faja 7- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSIÓN (kg/cm2)
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F7-63-3	II8	H	570	770	620	653,333333	1470	1470	1630	1523,33333	0,0100	4,7	472,246
	II8	S	1130	1350	1280	1253,33333	1350	1640	1890	1626,66667	0,0204	9	441,446
	II17	H	990	810	990	930	1600	1640	1860	1700	0,0158	7,7	487,034
	II17	S	880	875	1400	1051,66667	1390	1590	1700	1560	0,0164	4	243,813
	II3	H	1130	940	850	973,333333	1450	1430	1160	1346,66667	0,0131	6,7	511,156
	II3	S	1385	1370	1340	1365	2210	1640	1440	1763,33333	0,0241	9,6	398,845
	I4	H	790	810	765	788,333333	2190	1470	1830	1830	0,0144	2,6	180,224
	I4	S	1370	1370	1030	1256,66667	1640	1640	2100	1793,33333	0,0225	8	354,984
	II9	H	970	580	810	786,666667	1430	1920	1900	1750	0,0138	6	435,835
	II9	S	1450	1560	1310	1440	1560	1390	1590	1513,33333	0,0218	8,2	376,285
	II6	H	1250	940	1120	1103,33333	1840	1450	1840	1710	0,0189	9,5	503,525
	II6	S	1350	1305	1410	1355	2290	1890	2390	2190	0,0297	12,2	411,127
	I3	H	1400	1310	1500	1403,33333	1350	1620	1660	1543,33333	0,0217	5	230,860
	I3	S	1250	1300	1260	1270	1700	1640	1470	1603,33333	0,0204	4,3	211,174
	I5b	H	1090	860	930	960	1790	1730	1650	1723,33333	0,0165	7,8	471,470
	I5b	S	1140	1070	1050	1086,66667	1520	1510	1800	1610	0,0175	6,9	394,391
	I5c	H	980	1190	1130	1100	1450	1490	1210	1383,33333	0,0152	9,2	604,600
I5c	S	1160	1170	1180	1170	1910	1760	1720	1796,66667	0,0210	9,9	470,958	

Estípite Faja 9- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPEJOR				ANCHO				E*A	k mx	TENSION (kg/cm2)
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F9-77-14	I3	CI	1410	1350	1100	1286,667	1990	1790	1300	1693,333	0,0218	1,8	82,616
	I3	SI	1370	1420	1360	1383,333	2160	2150	2090	2133,333	0,0295	12,9	437,123
	III19	CI	1190	1350	1250	1263,333	2060	2290	1710	2020,000	0,0255	3,3	129,314
	III19	SI	1360	1360	1350	1356,667	2180	1330	1490	1666,667	0,0226	8	353,808
	I15	CI	1220	1300	1200	1240,000	1560	1510	1160	1410,000	0,0175	3,9	223,061
	I15	SI	1120	1060	1210	1130,000	1560	1600	1500	1553,333	0,0176	4,8	273,463
	IV3	CI	1360	1310	1130	1266,667	1500	1950	1160	1536,667	0,0195	2,1	107,889
	IV3	SI	1370	1240	1250	1286,667	1760	1280	1130	1390,000	0,0179	5,2	290,752
	I10	CI	1060	1330	1390	1260,000	1760	2070	1470	1766,667	0,0223	2,9	130,279
	I10	SI	1300	1200	1270	1256,667	1940	1700	1860	1833,333	0,0230	9	390,644
	IV2	CI	1260	1330	1050	1213,333	1220	1820	1320	1453,333	0,0176	1,7	96,406
	IV2	SI	1030	1380	1340	1250,000	870	1690	1470	1343,333	0,0168	6,5	387,097
	IV4	CI	1090	1110	1150	1116,667	1710	1330	1030	1356,667	0,0151	1,8	118,816
	IV4	SI	1350	1020	1150	1173,333	1890	1560	1390	1613,333	0,0189	6,6	348,657
	I11	CI	1420	1380	1340	1380,000	2120	2070	1860	2016,667	0,0278	4,9	176,069
	I11	SI	1410	1390	1490	1430,000	2350	2330	2180	2286,667	0,0327	12,5	382,271
	IV5	CI	1030	1050	1090	1056,667	1550	1240	1230	1340,000	0,0142	2,2	155,375
	IV5	SI	1280	1260	1285	1275,000	1970	1370	1780	1706,667	0,0218	6,95	319,393
I9	CI	1180	1320	1200	1233,333	1660	1520	1370	1516,667	0,0187	3,4	181,764	
I9	SI	1280	1300	1100	1226,667	1690	1600	1410	1566,667	0,0192	8	416,281	

Estípite Faja 9- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k mx	TENSION (kg/cm2)
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F9-77-14	I2	H	1320	1100	1200	1206,66667	2200	1870	2140	2070	0,024978	10,2	408,359356
	I2	S	1400	1250	1350	1333,33333	2200	2030	2270	2166,66667	0,02888889	8	276,923077
	IV1	H	880	880	1050	936,66667	2100	1900	2100	2033,33333	0,01904556	9,1	477,801762
	IV1	S	1340	1390	1330	1353,33333	2330	2320	2200	2283,33333	0,03090111	9,1	294,487793
	I17	H	890	1060	970	973,33333	1880	1770	2100	1916,66667	0,01865556	10	536,033353
	I17	S	880	1330	1380	1196,66667	2160	2300	2250	2236,66667	0,02676544	11	410,97767
	I1	H	810	850	600	753,33333	2100	2040	1910	2016,66667	0,01519222	7	460,762086
	I1	S	1340	1455	1370	1388,33333	2520	1610	1920	2016,66667	0,02799806	9,8	350,024307
	I18	H	870	880	710	820	1400	1600	1720	1573,33333	0,01290133	6,3	488,321621
	I18	S	1270	1180	1310	1253,33333	1960	1890	1890	1913,33333	0,02398044	8,5	354,455482
	I16	H	955	1130	1160	1081,66667	1730	1810	2360	1966,66667	0,02127278	8,1	380,768327
	I16	S	1310	1365	1360	1345	2150	1950	1860	1986,66667	0,02672067	8,9	333,075522
	I20	H	1120	1150	1130	1133,33333	1940	2300	1600	1946,66667	0,02206222	10,8	489,524577
	I20	S	1375	1350	1270	1331,66667	2250	2020	2210	2160	0,028764	11	382,422473
	I4	H	850	980	900	910	1610	1720	2110	1813,33333	0,01650133	7,6	460,568843
	I4	S	1390	1320	1380	1363,33333	1690	1810	2230	1910	0,02603967	11,4	437,793623
	I12	H	1190	980	960	1043,33333	2290	1720	2040	2016,66667	0,02104056	9,6	456,261717
	I12	S	1390	1310	1430	1376,66667	2030	1950	2000	1993,33333	0,02744156	11,4	415,428345
I5	H	1050	670	820	846,66667	2030	1620	1910	1853,33333	0,01569156	6	382,371268	
I5	S	980	1480	1450	1303,33333	1770	2010	950	1576,66667	0,02054922	8,5	413,64096	

Estípite Faja 10- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPEJOR				ANCHO				E*A	k max	TENSION (kg/cm2)
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F10-81	17-II12	CI	1170	1180	1220	1190	1470	1660	1540	1556,67	0,019	2,4	129,559318
	17-II12	SI	1420	1350	1110	1293,33	1810	1650	1930	1796,67	0,023	9,2	395,922193
	17-II2	CI	1400	1120	1170	1230,00	920	1040	1640	1200,00	0,015	2,6	176,151762
	17-II2	SI	1310	1110	1120	1180,00	1220	1500	1550	1423,33	0,017	12,8	762,116461
	17-II12	CI	1160	1250	1270	1226,67	1190	1680	1290	1386,67	0,017	2,5	146,974289
	17-II12	SI	1410	1340	1100	1283,33	2520	1900	1670	2030,00	0,026	9,2	353,144393
	17-II11	CI	1300	1290	1360	1316,67	1600	1810	1930	1780,00	0,023	5	213,340919
	17-II11	SI	1100	1200	1390	1230,00	1610	1580	1660	1616,67	0,020	6,1	306,763892
	26-I6	CI	1270	1385	1375	1343,33	1640	1720	970	1443,33	0,019	2,2	113,467699
	26-I6	SI	1370	1280	790	1146,67	1650	1920	1530	1700,00	0,019	7,5	384,746922
	17-II9	CI	1320	1340	1305	1321,67	1510	1590	1430	1510,00	0,020	3,2	160,343402
	17-II9	SI	1280	1135	1300	1238,33	1590	1590	1790	1656,67	0,021	6,4	311,966009
	26-I1	CI	1370	1430	1360	1386,67	1360	1070	1070	1166,67	0,016	3,5	216,346154
	26-I1	SI	1410	1350	1340	1366,67	1340	1680	1890	1636,67	0,022	20,5	916,496945
	17-II13	CI	1300	1210	1310	1273,33	2040	1140	1610	1596,67	0,020	2,7	132,802851
	17-II13	SI	1350	1260	1330	1313,33	1180	1310	1860	1450,00	0,019	9,3	488,359881
	26-I7	CI	1225	1370	1340	1311,67	1470	1690	1430	1530,00	0,020	2,1	104,641603
	26-I7	SI	1400	1090	1370	1286,67	1490	1380	1580	1483,33	0,019	10,4	544,914712
	17-II14	CI	1320	1300	1310	1310,00	1480	1640	1520	1546,67	0,020	2,7	133,258752
	17-II14	SI	1340	1400	1385	1375,00	1560	2170	1700	1810,00	0,025	9,3	373,681567
26-I8	CI	1070	1360	1340	1256,67	1360	1420	1290	1356,67	0,017		0	
26-I8	SI	1200	1340	1330	1290,00	1570	1580	2190	1780,00	0,023	9,8	426,792091	

Estípite Faja 10- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSION (kg/cm2)
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F10-81	17-II6	H	1000	1130	1060	1063,33	1730	1400	1840	1656,67	0,018	6,2	351,95
	17-II6	S	1410	1330	1355	1365,00	1770	1830	1870	1823,33	0,025	10,3	413,85
	17-II8	H	815	660	1050	841,67	1560	1090	1740	1463,33	0,012	6,9	560,23
	17-II8	S	1280	1240	1140	1220,00	1540	1480	1560	1526,67	0,019	8,05	432,21
	26-I2	H	1100	1250	1310	1220,00	1780	1830	1780	1796,67	0,022	13,7	625,02
	26-I2	S	1160	1250	1250	1220,00	1170	1470	1190	1276,67	0,016	8,1	520,05
	26-I3	H	1200	1300	1200	1233,33	1570	1710	1840	1706,67	0,021	12,5	593,86
	26-I3	S	1230	1170	1160	1186,67	1110	1520	1260	1296,67	0,015	7,5	487,42
	17-II1	H	1030	1410	1330	1256,67	1500	1130	1850	1493,33	0,019	10,7	570,17
	17-II1	S	1330	1390	1330	1350,00	1520	1300	1590	1470,00	0,020	8,1	408,16
	26-I4	H	850	1040	850	913,33	2010	1350	1330	1563,33	0,014	9,1	637,32
	26-I4	S	1390	1370	1330	1363,33	1420	1330	1280	1343,33	0,018	9,2	502,34
	17-II3	H	1250	1360	1280	1296,67	1760	1800	1860	1806,67	0,023	13,7	584,81
	17-II3	S	1360	1400	1445	1401,67	1480	1320	1630	1476,67	0,021	12	579,77
	17-II4	H	1150	950	1090	1063,33	1670	1470	1680	1606,67	0,017	7,6	444,85
	17-II4	S	1470	1430	1360	1420,00	2090	2040	1760	1963,33	0,028	13,4	480,64
	17-II7	H	1060	1020	950	1010,00	1870	1980	1750	1866,67	0,019	7,6	403,11
	17-II7	S	1435	1315	1380	1376,67	1390	1720	1570	1560,00	0,021	9,2	428,39
	26-I9	H	960	850	930	913,33	1840	1540	1480	1620,00	0,015	5,9	398,76
	26-I9	S	1350	1330	1280	1320,00	2110	1930	2080	2040,00	0,027	9,6	356,51

Estípite Faja 11- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

F11-95-6I	CÓDIGO	ENSAYO	ESPESOR				ANCHO				E*A	k max	TENSIÓN (kg/cm2)
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
	3	CI	1100	1050	1020	1056,667	1460	1370	1780	1536,667	0,0162	2,1	129,331
	3	SI	1030	1120	1030	1060,000	1810	2030	1520	1786,667	0,0189	11,7	617,784
	29	CI	1380	1350	1360	1363,333	1340	1150	1480	1323,333	0,0180	3,3	182,912
	29	SI	1340	1320	1220	1293,333	1480	1650	1260	1463,333	0,0189	7,4	391,001
	21	CI	1230	1250	1245	1241,667	1370	1680	1440	1496,667	0,0186	3,6	193,719
	21	SI	1255	970	1200	1141,667	1860	1850	1520	1743,333	0,0199	5,9	296,437
	16	CI	1200	1110	1255	1188,333	1450	1620	1380	1483,333	0,0176	2,6	147,501
	16	SI	1250	1160	1250	1220,000	1530	1920	1630	1693,333	0,0207	8,6	416,290
	15	CI	1110	1050	1315	1158,333	1390	1320	1270	1326,667	0,0154	2,1	136,654
	15	SI	1290	1250	1270	1270,000	1700	1560	1480	1580,000	0,0201	8,6	428,586
	14	CI	1450	1260	1130	1280,000	1520	1460	1540	1506,667	0,0193	2,1	108,891
	14	SI	1380	1380	1260	1340,000	2160	1970	1700	1943,333	0,0260	12,5	480,018
	12	CI	1240	1340	1410	1330,000	1600	1410	1550	1520,000	0,0202	3,5	173,130
	12	SI	1310	1090	1380	1260,000	1850	1640	1800	1763,333	0,0222	6,9	310,559
	11	CI	1590	1190	1210	1330,000	1820	1310	1390	1506,667	0,0200	2	99,807
	11	SI	1530	1230	1740	1500,000	1890	1750	1880	1840,000	0,0276	4	144,928
	7	CI	920	1030	1030	993,333	1260	1330	1280	1290,000	0,0128	2,1	163,883
	7	SI	1230	1320	1290	1280,000	1780	1890	1730	1800,000	0,0230	8,4	364,583
	25	CI	1280	1320	1370	1323,333	1540	1550	1590	1560,000	0,0206	3,6	174,385
	25	SI	1440	1330	1300	1356,667	1730	1700	1920	1783,333	0,0242	10	413,328

Estípite Faja 11- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPEJOR				ANCHO				E*A	k max	TENSIÓN (kg/cm2)
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F11-95-6I	22	H	640	840	630	703,333	1390	1500	1970	1620,000	0,011	9,3	816,219063
	22	S	1360	1200	780	1113,333	1900	1790	1940	1876,667	0,021	15,9	761,000202
	26	H	830	1130	1070	1010,000	1780	1660	2030	1823,333	0,018	10,8	586,457183
	26	S	900	885	1350	1045,000	1380	1310	1730	1473,333	0,015	11,05	717,703349
	31	H	1120	1090	1370	1193,333	1470	1450	1280	1400,000	0,017	7	418,994413
	31	S	1290	1360	750	1133,333	1910	2170	1940	2006,667	0,023	8,8	386,945476
	19	H	955	1320	1060	1111,667	1450	1550	1820	1606,667	0,018	9,6	537,490591
	19	S	1190	1230	890	1103,333	1750	1680	1790	1740,000	0,019	13,6	708,407126
	4	H	1010	830	940	926,667	1520	1330	1970	1606,667	0,015	7,9	530,612854
	4	S	1330	1220	1390	1313,333	1850	1390	1430	1556,667	0,020	9,1	445,113534
	28	H	850	900	930	893,333	1590	1350	1360	1433,333	0,013	8,6	671,641791
	28	S	910	1285	1145	1113,333	1530	1740	1450	1573,333	0,018	9,6	548,05643
	24	H	865	1320	1030	1071,667	1370	1320	1630	1440,000	0,015	8,5	550,803525
	24	S	1330	1300	1300	1310,000	2260	1970	1100	1776,667	0,023	8,1	348,022858
	23	H	920	690	750	786,667	1780	1390	1380	1516,667	0,012	7,3	611,845781
	23	S	1110	830	1340	1093,333	1630	1700	2000	1776,667	0,019	13	669,244497
	30	H	1400	950	960	1103,333	1220	1320	1580	1373,333	0,015	4,4	290,38219
	30	S	740	1185	1240	1055,000	1810	1120	1530	1486,667	0,016	5,9	376,171551
	9	H	715	760	1000	825,000	1880	1330	1500	1570,000	0,013	4,4	339,70276
9	S	1130	1180	975	1095,000	1510	1580	1500	1530,000	0,017	7	417,823141	

Estípite Faja 14- Ensayos Con envejecimiento (CI) y Sin envejecimiento (SI)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPEJOR				ANCHO				E*A	k max	TENSION
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F14-111-19	12	CI	1410	1420	1350	1393,333	1990	1380	1320	1563,333	0,0218		
	12	SI	1350	1380	1350	1360,000	1500	1720	1810	1676,667	0,0228	15,9	697,287
	15	CI	1350	1170	1350	1290,000	1660	1420	1510	1530,000	0,0197	5,5	278,664
	15	SI	1350	1360	800	1170,000	1810	2040	2120	1990,000	0,0233	16	687,197
	2	CI	1400	1190	1395	1328,333	1520	960	1300	1260,000	0,0167	3,4	203,143
	2	SI	1400	1320	1350	1356,667	1660	1810	1710	1726,667	0,0234	13	554,960
	24	CI	12870	1160	1130	5053,333	1100	1070	1560	1243,333	0,0628	4,5	71,622
	24	SI	1200	1060	1290	1183,333	1050	1590	1720	1453,333	0,0172	13	755,912
	17	CI	1390	1090	1350	1276,667	1710	990	1200	1300,000	0,0166	3	180,759
	17	SI	1320	1380	1335	1345,000	2260	1760	2090	2036,667	0,0274	18,6	679,001
	20	CI	1300	1400	1340	1346,667	1500	1180	1560	1413,333	0,0190	5,2	273,211
	20	SI	1320	1380	1375	1358,333	1780	1330	1170	1426,667	0,0194	8,6	443,782
	13	CI	1045	1220	1300	1188,333	1620	1430	1170	1406,667	0,0167		0,000
	13	SI	1145	1410	1435	1330,000	1740	2180	2290	2070,000	0,0275	13,6	493,989
	3	CI	1320	1280	1370	1323,333	1600	1200	1790	1530,000	0,0202	7	345,730
	3	SI	1360	1280	1340	1326,667	1500	1680	1850	1676,667	0,0222	14,8	665,355
	14	CI	1370	1375	1390	1378,333	1760	1920	2010	1896,667	0,0261	3,6	137,707
	14	SI	1340	1280	1255	1291,667	1300	1350	1240	1296,667	0,0167	9,8	585,123
6	CI	1340	1150	1320	1270,000	1410	1090	1250	1250,000	0,0159			
6	SI	1340	1320	1190	1283,333	1970	1590	1640	1733,333	0,0222	9,8	440,559	

Estípite Faja 14- Ensayos en condición seca (S) y Húmeda (H)

	CÓDIGO	ENSAYO	ESPEJOR				ANCHO				E*A	k max	TENSION
			1	2	3	promedio	1	2	3	promedio			
F14-111-19	5	H	860	800	730	796,667	1880	1520	1140	1513,333	0,0121	6	497,668
	5	S	1390	1370	1370	1376,667	1990	1600	1900	1830,000	0,0252	10,7	424,721
	19	H	1490	1235	700	1141,667	1220	1200	1500	1306,667	0,0149	8	536,273
	19	S	1380	1360	550	1096,667	1960	1670	1600	1743,333	0,0191	9,5	496,899
	10	H	740	830	810	793,333	2230	1320	1560	1703,333	0,0135	8,5	629,019
	10	S	1230	1390	690	1103,333	2060	1680	1650	1796,667	0,0198	12,8	645,707
	8	H	600	760	605	655,000	1850	1660	1380	1630,000	0,0107	7,5	702,477
	8	S	1305	1415	1280	1333,333	1720	1660	1840	1740,000	0,0232	12,4	534,483
	21	H	920	1060	1050	1010,000	1450	1240	1550	1413,333	0,0143	12,4	868,672
	21	S	1315	1050	750	1038,333	1860	1610	2180	1883,333	0,0196	13,8	705,692
	18	H	1455	1450	900	1268,333	2050	1920	1310	1760,000	0,0223	14,3	640,604
	18	S	880	945	1490	1105,000	2230	1840	1790	1953,333	0,0216	12	555,959
	25	H	880	900	810	863,333	1940	1410	1290	1546,667	0,0134	2,3	172,247
	25	S	950	1300	1310	1186,667	1610	2090	2050	1916,667	0,0227	14	615,535
	4	H	810	770	975	851,667	2130	1950	1930	2003,333	0,0171	8,6	504,052
	4	S	1390	1400	640	1143,333	1540	1180	1250	1323,333	0,0151	8,5	561,794
	16	H	1070	1270	1430	1256,667	2040	1730	1910	1893,333	0,0238	14	588,411
	16	S	675	1320	1345	1113,333	1660	1490	1610	1586,667	0,0177	9,3	526,468
26	H	760	1005	1205	990,000	1950	1410	1280	1546,667	0,0153	12,8	835,946	
26	S	1010	730	1125	955,000	2010	1810	1860	1893,33333	0,0181	15,6	862,768	

ANEXO 4
RESULTADOS ENSAYOS DE TENSIÓN, ALARGAMIENTO Y TEA (HÚMEDO Y SECO)

Estípite Faja 2

FACTOR: HUMEDAD						
ENSAYO EN SECO				ENSAYO EN HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA
F2-21	534,255	3,467	1487,722	511,143	3,267	1004,723
F2-2	522,122	4,467	1754,244	801,315	6,267	3142,346
F2-4	529,940	3,133	1206,683	497,306	3,467	907,308
F2-20	356,589	1,667	384,639	399,163	3,000	573,422
F2-18	761,585	1,667	814,390	363,528	2,000	375,886
F2-7	617,486	2,067	724,935	547,482	3,000	847,601
F2-1	385,148	2,333	683,441	831,997	6,333	2146,060
F2-12	524,435	2,667	1153,041	551,812	3,467	1426,030
F2-22	525,051	2,333	750,822	576,231	3,267	985,838
F2-14	174,288	2,000	488,083	395,025	3,333	665,736
PROMEDIO	493,090	2,580	944,800	547,500	3,740	1207,495

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F2-19	246,896	1,000	172,579	128,101	0,533	34,164
F2-11	460,434	2,267	796,708	146,805	0,667	55,555
F2-3	559,207	4,667	2300,255	117,355	0,333	17,639
F2-9	478,411	2,267	764,172	143,358	0,667	43,436
F2-13	572,604	2,933	1024,114	133,710	0,600	38,995
F2-5	624,254	3,333	1369,502	131,520	0,600	36,842
F2-17	550,138	3,333	1468,302	114,531	1,000	64,348
F2-6	292,120	1,333	221,948	187,583	1,000	113,574
F2-15	287,425	1,267	239,718	39,052	0,533	14,213
F2-8	460,517	2,067	634,718	81,007	1,000	44,784
PROMEDIO	453,201	2,447	899,202	122,302	0,693	46,355

FACTOR: HUMEDAD						
ENSAYO EN SECO				ENSAYO EN HÚMEDO		
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA
F2	493,089828	2,58	944,7999263	547,5003107	3,74	1207,495083
	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	453,200527	2,447	899,202	122,302	0,693	46,355

Estípite Faja 3

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA
F3-12 (S)	579,468	2,067	757,120	653,328	3,000	1089,904
F3-8 (S)	475,789	2,000	682,565	680,772	3,333	1156,922
F3-9 (S)	499,870	1,733	569,216	334,493	2,333	410,721
F3-14 (S)	459,574	2,667	1039,783	405,234	5,000	1638,990
F3-7 (S)	855,783	1,533	535,834	578,048	2,000	559,016
F3-11 (S)	1338,973	1,000	489,653	499,028	2,800	1060,232
F3-15 (S)	321,539	1,200	271,716	554,632	3,667	1223,007
F3-16 (S)	532,000	1,756	710,321	579,876	1,964	560,700
F3-17 (S)	610,764	1,875	610,465	640,436	2,984	985,791
F3-18 (S)	578,543	1,963	695,474	580,931	2,167	632,762
PROMEDIO	625,230	1,779	636,215	550,678	2,925	931,805

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (kg/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO	TEA (kg/m²)
F3-13 (SE)	348,162	2,000	580,053	145,727	0,667	49,886
F3-2 (SE)	266,439	2,000	433,679	137,304	1,667	204,440
F3-10 (SE)	374,166	2,067	501,027	31,017	0,667	38,221
F3-4 (SE)	319,004	2,667	693,705	65,111	0,333	10,969
F3-6 (SE)	729,154	3,400	1456,244	271,235	1,000	111,676
F3-5 (SE)	584,841	2,933	1151,960	110,487	0,600	37,583
F3-3 (SE)	332,356	2,333	640,998	141,435	0,667	46,552
F3-1 (SE)	341,796	2,333	656,676	99,647	0,733	43,328
F3-19 (SE)	320,111	2,723	710,965	121,576	0,773	65,843
F3-20 (SE)	710,964	3,112	1232,453	140,432	0,643	45,670
PROMEDIO	411,990	2,467	764,293	125,246	0,792	67,832

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA
	625,230	1,779	636,215	550,678	2,925	931,805
F3	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (kg/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO	TEA (kg/m²)
	411,990	2,467	764,293	125,246	0,792	67,832

Estípite Faja 4:

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F4-16 (S)	485,824	2,667	1136,646	486,449	3,133	1133,126
F4-12 (S)	474,081	2,000	652,223	685,724	1,533	542,425
F4-5 (S)	599,129	1,267	374,960	573,114	2,867	1185,038
F4-1 (S)	511,218	1,067	337,091	868,424	1,200	527,988
F4-13 (S)	464,366	1,267	400,254	984,848	3,000	1454,282
F4-17 (S)	512,949	1,733	409,674	542,306	3,200	1026,602
F4-15 (S)	105,186	1,067	206,624	631,975	2,067	765,311
F4-4 (S)	685,505	1,400	457,979	622,801	2,467	953,447
F4-8 (S)	423,682	1,667	516,721	587,758	4,600	1198,376
F4-20 (S)	327,104	1,667	427,844	569,978	2,600	951,129
PROMEDIO	458,904	1,580	492,002	655,338	2,667	973,772

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO	TEA(J/m²)
F4-14 (SE)	367,113	1,333	254,331	326,591	1,067	179,599
F4-9 (SE)	456,570	1,733	527,217	149,667	0,533	44,668
F4-10 (SE)	477,348	1,267	376,890	368,249	1,267	249,357
F4-2 (SE)	574,218	1,067	340,019	99,212	0,400	17,167
F4-6 (SE)	579,026	2,333	1628,439	196,570	0,600	68,622
F4-19 (SE)	354,820	2,667	974,171	242,880	1,000	162,362
F4-18 (SE)	277,602	1,400	474,294	201,784	0,733	83,861
F4-3 (SE)	547,245	1,400	584,714	108,791	0,667	52,411
F4-11 (SE)	349,355	1,133	309,890	103,704	0,733	50,559
F4-7 (SE)	342,931	1,267	229,494	324,448	1,000	203,282
PROMEDIO	432,623	1,560	569,946	212,190	0,800	111,189

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
	458,904	1,580	492,002	655,338	2,667	973,772
F4	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO	TEA(J/m²)
	432,623	1,560	569,946	212,190	0,800	111,189

Estípite Faja 5:

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F5-12 (S)	393,302	1,667	312,397	818,028	4,733	1553,530
F5-2 (S)	465,509	2,667	910,217	580,196	3,333	1085,989
F5-8 (S)	513,346	2,667	910,462	550,993	3,733	959,550
F5-17 (S)	364,781	2,000	404,325	807,560	5,467	1776,925
F5-13 (S)	414,387	1,600	358,097	414,910	4,000	638,680
F5-5 (S)	413,093	1,667	363,412	329,300	5,667	1170,614
F5-11 (S)	551,040	2,667	718,605	853,278	5,067	1840,042
F5-15 (S)	579,384	3,267	864,219	508,598	5,333	1509,173
F5-10 (S)	652,093	3,000	1109,156	541,683	4,133	1067,835
F5-4 (S)	575,723	3,667	1393,626	729,592	5,333	1863,993
PROMEDIO	492,266	2,487	734,452	613,414	4,680	1346,633

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO			
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F5-16 (SE)	704,334	3,000	918,242	198,798	0,800	71,452
F5-19 (SE)	455,860	2,000	586,236	255,225	2,667	462,068
F5-18 (SE)	439,697	2,267	515,405	317,637	1,467	209,031
F5-14 (SE)	276,775	1,400	198,611	224,073	1,267	112,723
F5-7 (SE)	509,585	3,000	1002,909	175,389	1,133	110,582
F5-9 (SE)	555,464	2,333	588,733	251,200	1,267	178,092
F5-6 (SE)	463,228	2,267	653,044	200,233	0,800	81,495
F5-3 (SE)	504,730	3,000	870,619	194,249	1,400	132,959
F5-1 (SE)	645,033	2,867	949,155	166,678	1,067	90,460
F5-20 (SE)	513,870	2,546	786,396	175,435	1,266	179,045
PROMEDIO	506,078	2,459	698,106	220,387	1,319	160,984

FACTOR: HUMEDAD						
SECO			HÚMEDO			
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
	492,266	2,487	734,452	613,414	4,680	1346,633
F5	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
	506,078	2,459	698,106	220,387	1,319	160,984

Estípite Faja 6:

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F6-20 (S)	417,369	2,533	840,098	479,071	3,333	916,126
F6-2 (S)	579,856	1,400	460,442	707,490	2,467	1194,225
F6-14 (S)	256,904	1,400	282,729	395,904	2,333	667,966
F6-8 (S)	469,775	1,667	535,516	391,460	2,333	806,919
F6-7 (S)	487,162	1,400	454,782	349,046	1,000	149,444
F6-13 (S)	504,989	2,000	728,231	432,984	3,067	871,304
F6-3 (S)	532,900	1,333	359,194	807,209	3,000	1468,659
F6-4 (S)	406,563	1,267	660,222	617,284	2,067	699,038
F6-16 (S)	421,833	2,000	567,672	630,527	3,000	933,336
F6-10 (S)	335,669	1,000	182,760	478,765	3,333	884,968
PROMEDIO	441,302	1,600	507,164	528,974	2,593	859,198

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F6-18 (SE)	384,383	1,667	462,837	336,072	1,200	232,313
F6-9 (SE)	523,286	2,667	1181,295	133,609	0,600	40,694
F6-17 (SE)	539,973	3,200	1260,736	377,169	1,667	432,529
F6-11 (SE)	272,705	1,600	327,002	224,494	1,333	180,195
F6-5 (SE)	594,782	3,000	1177,925	261,735	1,000	184,824
F6-6 (SE)	463,425	2,667	1070,432	195,213	0,600	58,156
F6-12 (SE)	523,917	4,333	2128,866	291,850	1,333	258,058
F6-1 (SE)	776,855	0,600	0,000	183,857	0,600	57,442
F6-19 (SE)	547,148	2,667	973,878	262,104	0,800	97,286
F6-15 (SE)	535,932	2,333	947,025	338,526	2,667	701,848
PROMEDIO	516,241	2,473	1058,889	260,463	1,180	224,335

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F6	441,302	1,600	507,164	528,974	2,593	859,198
	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m ²)	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)
	516,241	2,473	1058,889	260,463	1,180	224,335

Estípite Faja 7

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F7-13 (S)	441,446	1,467	357,702	472,246	4,000	745,692
F7-16 (S)	243,813	1,667	249,357	487,034	2,400	589,360
F7-8 (S)	398,845	1,467	321,821	511,156	1,400	312,405
F7-4 (S)	354,984	2,000	470,282	180,224	6,000	678,070
F7-18 (S)	376,285		0,000	435,835	1,667	267,114
F7-11 (S)	411,127	2,333	747,813	503,525	4,200	1297,995
F7-3 (S)	211,174	1,333	181,861	230,860	4,067	790,039
F7-6 (S)	394,391	2,000	513,479	471,470	3,333	844,093
F7-7 (S)	470,958	2,333	775,253	604,600	5,333	2111,620
F7- 19 (S)	355,975	2,000	471,345	439,655	1,667	270,124
PROMEDIO	367,003	1,825	401,952	433,660	3,600	848,488

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO	TEA(J/m²)
F7-15 (SE)	267,764	1,667	315,398	125,943	0,867	59,390
F7-9 (SE)	424,702	1,400	367,236	94,612	0,400	57,996
F7-5 (SE)	415,544	2,733	669,472	87,608	0,733	34,928
F7-17 (SE)	335,728	3,000	725,066	195,818	1,000	95,007
F7-12 (SE)	480,360	1,667	524,402	188,231	0,800	76,758
F7-2 (SE)	238,854	1,400	214,520	118,416	1,000	72,013
F7-10 (SE)	437,803	2,000	628,950	0,000		0,000
F7-14 (SE)	361,876	1,667	353,113	98,039	0,600	42,111
F7-1 (SE)	366,555	1,667	411,050	119,950	0,533	37,167
F7-20 (SE)	362,986	1,667	354,346	95,654	0,400	58,765
PROMEDIO	369,217	1,911	467,690	112,427	0,742	59,421

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F7	367,003	1,825	401,952	433,660	3,600	848,488
	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO	TEA(J/m ²)
	369,217	1,911	467,690	112,427	0,742	59,421

Estípite Faja 9:

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F9-2 (S)	276,923	1,533	288,165	408,359	3,333	982,244
F9-16 (S)	294,488	6,533	1920,242	477,802	5,667	1608,451
F9-12 (S)	410,978	3,333	1055,201	536,033	5,333	1627,051
F9-1 (S)	350,024	2,667	787,774	460,762	3,000	591,641
F9-13 (S)	354,455	2,667	753,438	488,322	5,667	1458,531
F9-11 (S)	333,076	3,000	893,294	380,768	7,667	1985,431
F9-15 (S)	382,422	4,000	1334,794	489,525	6,867	2382,143
F9-4 (S)	437,794	2,867	1080,272	460,569	3,667	911,081
F9-9 (S)	415,428	3,333	1284,048	456,262	5,667	1687,392
F9-5 (S)	413,641	3,333	1111,282	382,371	3,333	631,435
PROMEDIO	366,923	3,327	1050,851	454,077	5,020	1386,540

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F9-3 (SE)	437,1235	2,6667	991,3910	82,6160	0,4667	20,4627
F9-14 (SE)	353,8084	2,6667	772,7640	129,3137	1,0000	82,3694
F9-10 (SE)	273,4627	3,6667	820,7282	223,0611	2,3333	388,3248
F9-18 (SE)	290,7519	0,0000	672,5904	107,8890	0,8667	66,3704
F9-7 (SE)	390,6438	2,6667	766,7017	130,2785	0,7333	53,1039
F9-17 (SE)	387,0968	3,0000	910,0961	96,4059	0,6000	35,5379
F9-19 (SE)	348,6570	3,3333	940,1417	118,8162	0,7333	52,5270
F9-8 (SE)	382,2708	2,6667	862,7279	176,0690	1,0000	98,5528
F9-20 (SE)	319,3934	2,4667	621,3432	155,3745	1,0000	68,7929
F9-6 (SE)	416,2812	2,6667	855,4737	181,7642	1,4000	215,0997
PROMEDIO	359,9489	2,5800	821,3958	140,1588	1,0133	108,1141

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F9	366,922925	3,32666667	1050,85095	454,077291	5,02	1386,54014
	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)
	359,948946	2,58	821,39579	140,158818	1,01333333	108,114148

Estípite Faja 10:

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F10-13 (S)	413,846	2,133	713,178	351,955	2,667	574,587
F10-15 (S)	432,207	2,000	645,033	560,229	3,667	1013,503
F10-2 (S)	520,053	2,000	736,139	625,019	3,000	1204,635
F10-3 (S)	487,421	1,667	540,752	593,856	3,467	1315,853
F10-9 (S)	408,163	2,667	940,638	570,173	4,000	1719,666
F10-4 (S)	502,345	2,000	841,961	637,324	3,667	1278,837
F10-11 (S)	579,768	2,667	1292,795	584,809	3,200	1432,278
F10-12 (S)	480,643	2,333	939,041	444,855	3,333	1029,495
F10-14 (S)	428,385	2,800	1077,893	403,112	4,667	1204,817
F10-8 (S)	356,506	3,667	1171,350	398,756	3,000	675,973
PROMEDIO	460,934	2,393	889,878	517,009	3,467	1144,964

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F10-10 (SE)	762,116	3,000	1861,197	176,152	0,733	75,729
F10-18 (SE)	353,144	3,000	819,636	146,974	0,800	66,478
F10-17 (SE)	306,764	2,267	520,258	213,341	1,267	192,827
F10-5 (SE)	384,747	1,667	368,230	113,468	0,800	62,509
F10-16 (SE)	311,966	2,000	497,239	160,343	1,133	128,591
F10-1 (SE)	916,497	2,667	1941,357	216,346	0,667	86,859
F10-19 (SE)	488,360	3,333	1341,595	132,803	0,933	78,822
F10-6 (SE)	544,915	2,667	1108,482	104,642	0,733	41,021
F10-20 (SE)	373,682	3,333	1074,758	133,259	0,867	64,885
F10-7 (SE)	426,792	2,067	657,082	146,638	0,800	65,056
PROMEDIO	486,898	2,600	1018,983	155,259	0,873	86,278

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F10	460,934	2,393	889,878	517,009	3,467	1144,964
	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m ²)
	486,898	2,600	1018,983	155,259	0,873	86,278

Estípite Faja 11:

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F11-12 (S)	761,000	4,200	2090,576	816,219	5,333	1842,278
F11-16 (S)	717,703	5,333	2647,463	586,457	5,333	1878,502
F11-20 (S)	386,945	5,667	1702,317	418,994	7,000	1837,579
F11-10 (S)	708,407	5,000	2511,780	537,491	4,333	1589,003
F11-2 (S)	445,114	2,667	907,588	530,613	4,333	1212,403
F11-17 (S)	548,056	5,333	2202,341	671,642	8,000	2656,462
F11-14 (S)	348,023	2,667	746,078	550,804	6,667	2636,672
F11-13 (S)	669,244	6,333	3243,738	611,846	4,667	1320,126
F11-19 (S)	376,172	3,333	888,315	290,382	6,333	1266,296
F11-4 (S)	417,823	3,000	839,654	339,703	3,333	629,624
PROMEDIO	537,849	4,353	1777,985	535,415	5,533	1686,895

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F11-1 (SE)	617,784	4,133	1638,589	129,331	0,533	34,462
F11-18 (SE)	391,001	7,000	2635,956	182,912	2,000	292,717
F11-11 (SE)	296,437	2,333	509,271	193,719	1,200	164,245
F11-9 (SE)	416,290	3,333	1057,883	147,501	0,667	51,127
F11-8 (SE)	428,586	3,667	1346,863	136,654	0,733	59,382
F11-7 (SE)	480,018	3,333	1333,906	108,891	0,733	52,288
F11-6 (SE)	310,559	2,067	464,008	173,130	0,667	63,442
F11-5 (SE)	144,928	0,933	78,169	99,807	1,400	97,633
F11-3 (SE)	364,583	3,333	981,755	163,883	1,067	94,012
F11-15 (SE)	413,328	2,667	890,847	174,385	1,067	108,125
PROMEDIO	386,351	3,280	1093,725	151,021	1,007	101,743

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F11	537,849	4,353	1777,985	535,415	5,533	1686,895
	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)
	386,351339	3,28	1093,72463	151,021425	1,00666667	101,743179

Estípite Faja 13:

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F13-1 (S)	495,160	4,667	1951,289	537,123	5,467	2056,384
F13-2 (S)	759,032	2,333	832,141	303,613	3,333	455,745
F13-3 (S)	328,537	3,333	856,191	414,994	4,933	1463,433
F13-5 (S)	477,953	2,333	564,190	709,688	4,600	1692,981
F13-8 (S)	430,156	2,667	877,835	439,818	4,333	1033,932
F13-9 (S)	239,897	2,667	454,133	308,439	4,667	1013,573
F13-11 (S)	541,496	4,333	1656,276	479,449	6,333	1831,261
F13-12 (S)	657,984	5,333	2126,870	468,050	6,533	1543,709
F13-15 (S)	535,714	4,000	1587,451	881,607	6,000	3240,548
F13-19 (S)	631,917	2,333	920,566	444,316	2,067	1054,440
PROMEDIO	509,785	3,400	1182,694	498,710	4,827	1538,601

Continuación:

	FACTRO: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F13-4 (SE)	392,714	2,200	560,064	139,190	1,000	59,434
F13-6 (SE)	226,826	1,867	348,332	96,229	0,800	46,444
F13-7 (SE)	399,033	1,867	338,267	319,121	1,400	224,718
F13-10 (SE)	524,716	2,667	907,778	374,797	1,733	353,393
F13-13 (SE)	323,414	3,333	769,697	26,509	1,333	123,306
F13-14 (SE)	495,558	5,000	1996,023	179,757	2,067	322,026
F13-16 (SE)	282,353	4,667	1225,831	382,353	1,667	427,679
F13-17 (SE)	633,907	3,667	1827,203	265,616	1,667	254,091
F13-18 (SE)	283,622	2,333	505,088	159,217	1,333	125,654
F13-20 (SE)	417,138	3,333	1115,821	208,569	1,667	230,236
PROMEDIO	397,928	3,093	959,410	215,136	1,467	216,698

	FACTOR: HUMEDAD					
	SECO			HÚMEDO		
	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
	509,785	3,400	1182,694	498,710	4,827	1538,601
F13	FACTRO: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)
	397,928	3,093	959,410	215,136	1,467	216,698

Estípite Faja 14:

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA(J/m²)
F14-4 (S)	424,721	3,000	1011,032	497,668	3,333	790,580
F14-15 (S)	496,899	1,933	580,336	536,273	3,000	1023,194
F14-7 (S)	645,707	2,600	1058,900	629,019	4,067	1073,742
F14-6 (S)	534,483	2,733	1093,009	702,477	4,333	1079,935
F14-17 (S)	705,692	2,000	2396,389	868,672	4,333	2155,613
F14-14 (S)	555,959	1,667	497,026	640,604	4,000	1860,849
F14-19 (S)	615,535	2,000	712,901	172,247	2,000	231,006
F14-3 (S)	561,794	2,000	699,063	504,052	3,333	821,735
F14-12 (S)	526,468	2,333	791,537	588,411	4,867	2083,913
F14-20 (S)	862,768	5,333	3038,680	835,946	4,067	1876,367
PROMEDIO	593,003	2,560	1187,887	597,537	3,696	1299,693

Continuación:

FACTOR: ENVEJECIMIENTO						
SIN ENVEJECIMIENTO				CON ENVEJECIMIENTO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F14-8 (SE)	697,287	3,200	1729,714	0,000		
F14-11 (SE)	687,197	3,467	1711,975	278,664	1,400	236,086
F14-1 (SE)	554,960	3,667	1433,134	203,143	2,000	344,011
F14-18 (SE)	755,912	2,000	877,200	71,622	2,000	393,055
F14-13 (SE)	679,001	3,667	2136,277	180,759	0,800	80,465
F14-16 (SE)	443,782	4,000	1820,188	273,211	2,133	463,503
F14-9 (SE)	493,989	3,000	1151,215	323,046	1,600	250,976
F14-2 (SE)	665,355	3,667	2161,309	345,730	1,933	433,715
F14-10 (SE)	585,123	3,467	1126,472	137,707	0,733	62,390
F14-5 (SE)	440,559	2,733	1307,030	43,465	0,733	36,088
PROMEDIO	600,316	3,287	1545,451	206,372	1,481	255,588

FACTOR: HUMEDAD						
SECO				HÚMEDO		
CÓDIGO	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)	TENSIÓN (kg/cm²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m²)
F14	593,003	2,560	1187,887	597,537	3,696	1299,693
	FACTOR: ENVEJECIMIENTO					
	SIN ENVEJECIMIENTO			CON ENVEJECIMIENTO		
	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)	TENSIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%)	TEA (J/m ²)
	600,316	3,287	1545,451	206,372	1,481	255,588

