



Esta Tesis se publicó bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento – No comercial – Compartir
Vea una copia de la licencia, en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ESTUDIO TECNOLÓGICO DEL COMPONENTE FIBRA DE DOS VARIEDADES DE COCO ENANO (*Cocos nucifera*) DE LOS DISTRITOS DE LAMAS, TARAPOTO Y PUCACACA EN LA REGIÓN SAN MARTÍN

TESIS

Para optar por el título profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por la bachiller

RUTH KATHERINNE NUÑEZ TAVERA

TARAPOTO - PERÚ

2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

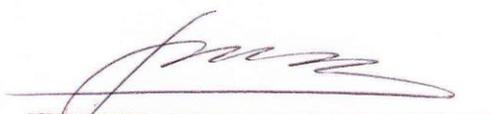
ESTUDIO TECNOLÓGICO DEL COMPONENTE FIBRA DE DOS VARIEDADES DE COCO ENANO (*Cocos nucifera*) DE LOS DISTRITOS DE LAMAS, TARAPOTO Y PUCACACA EN LA REGIÓN SAN MARTÍN

TESIS

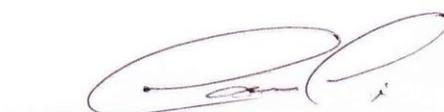
Para optar por el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por la bachiller
RUTH KATHERINNE NUÑEZ TAVERA

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:



Ing.M.Sc. JUAN JOSÉ SALAZAR DIAZ
PRESIDENTE



Ing. PABLO WALTHER PAUCAR LOZANO
SECRETARIO



Ing.M.Sc. ALEJANDRO A. CRUZ RENGIFO
MIEMBRO



Ing.M.Sc. JAIME GUERRERO MARINA
ASESOR

TARAPOTO – PERÚ
2010

DEDICATORIA

Con infinito amor: A mis padres **Arnaldo Núñez Salas** y **Elva Tavera Pinto**, que con su amor, ejemplo y dedicación inculcaron en mí, valores y me ayudaron a formarme y crecer como persona, apoyándome y motivándome siempre, para cumplir con mis objetivos y metas trazadas.



AGRADECIMIENTO

Al ingeniero **Jaime Guillermo Guerrero Marina**, por el asesoramiento brindado en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A la señora **Dolly Flores Dávila** y el técnico **Guido Saavedra Vela** por el apoyo y las facilidades brindadas en los laboratorios durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al señor **Porfirio Guerrero Soto** por la atención esmerada al brindarme información de la biblioteca especializada de Agroindustrias para la redacción del presente trabajo de investigación.

Al señor **Walter Lozano**, por el apoyo brindado en la primera etapa de la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mis amigos y compañeros **José Luis Pasquel Reátegui**, **Carlos Alejandro Prentice Pérez** y **Frank Dennis Flores Torres**, por el apoyo brindado durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

Finalmente un agradecimiento especial a todas aquellas personas que me acompañaron a lo largo de esta hermosa vida universitaria, haciendo que el camino a seguir a pesar de todas sus dificultades, sea más fácil y llevadero, amigos míos, gracias por todo, ¡los llevaré presentes siempre!

INDICE

	Página
RESUMEN	10
SUMARY	11
I. INTRODUCCION	12
II. REVISION BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. CONSTITUCION DE LOS VEGETALES	14
2.1.1 Celulosa	14
2.1.1.1 Estructura Química	14
2.1.2 Hemicelulosa o Poliosas	15
2.1.3 Lignina	16
2.1.3.1 Estructura química	16
2.1.4 Componentes ocasionalmente extraíbles	17
2.2 FIBRAS NATURALES	19
2.2.1 Clasificación	19
2.2.1.1 Fibras animales	20
2.2.1.2 Fibras inorgánicas	21
2.2.1.3 Fibras vegetales	21
2.2.2 Propiedades de la fibra:	21
2.2.2.1 Clasificación	22
2.2.3 Aplicaciones industriales	25
2.2.3.1 Telas no Tejidas	26
2.2.3.1.1 Geotextiles	27
2.2.3.1.2 Materiales para la producción agrícola	27
2.2.4 Razones para usar fibras naturales	28
2.2.5 Opciones para el futuro	30
2.3 EL COCO	30
2.3.1 Aspectos Generales	30
2.3.2 Taxonomía	31
2.3.3 Descripción botánica	32
2.3.4 Condiciones Ecológicas	36

2.3.4.1	Clima	36
2.3.4.2	Pluviosidad	36
2.3.4.3	Insolación	37
2.3.4.4	Altitud.....	37
2.3.4.5	Suelo	37
2.3.5	Variedades	38
2.3.5.1	Gigantes	38
2.3.5.2	Enanos	38
2.3.5.3	Híbridos	39
2.3.6	Usos	40
2.3.7	Fibra de coco	43
2.3.7.1	Obtención de la fibra	44
2.3.7.1.1	Proceso de enriado	45
2.3.7.2	Características técnicas de la fibra	45
2.3.7.2.1	Ventajas	46
2.3.7.3	Usos	46
2.3.7.5	Mercado.....	51
III.	METODOLOGIA DEL TRABAJO.....	55
3.1	LUGAR DE EJECUCION	56
3.2	MATERIA PRIMA.....	56
3.3	MATERIALES Y MÉTODOS	56
3.3.1	Materiales.....	56
3.3.2	Reactivos	57
3.3.3	EQUIPOS	57
IV.	DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	57
4.1.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	58
4.1.1	Acondicionamiento y obtención de la fibra de coco.	58
4.1.1.1	Obtención de la fibra	58
4.1.1.2	Descripción del acondicionamiento y obtención de la fibra de coco.....	59
4.2	ANÁLISIS QUÍMICO	60
4.2.1	Preparación de fibra libre de extraíbles.....	60

4.2.2	Determinación de holocelulosa	61
4.2.3	Determinación de celulosa en holocelulosa	63
4.2.4	Determinación de lignina.....	64
4.2.5	Determinación de Cenizas	65
4.3	DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS	66
4.3.1	Determinación de resistencia a la rotura.....	66
4.3.2	Determinación del Porcentaje de elongación	67
4.3.3	Determinación del Diámetro (Métodos Directos).....	68
4.3.4	Determinación de la Longitud (Métodos Directos)	68
4.4	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE TINCIÓN	69
4.4.1	Prueba de Tinción	70
4.5	DISEÑO ESTADISTICO.....	71
V.	RESULTADOS	72
5.1	ANALISIS QUÍMICOS DE LA FIBRA DE COCO (<i>COCOS NUCIFERA</i>)	73
5.2	ANALISIS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LA FIBRA DE COCO	73
5.2.1	Resultados de la Resistencia a la Rotura	74
5.2.2	Resultados del Porcentaje de Elongación.....	75
5.2.3	Resultados de los Análisis Físicos y Mecánicos	76
5.3	DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE TINCIÓN	78
5.3.1	Resultados de la Prueba de Capacidad de Tinción	79
VI.	DISCUSIONES	79
6.1	ANALISIS QUÍMICO:	80
6.2	ANALISIS FÍSICOS Y MECÁNICOS:	82
6.3	CAPACIDAD DE TINCIÓN:.....	83
VII.	CONCLUSIONES	85
VIII.	RECOMENDACIONES	86
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	87
X.	ANEXOS	91

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Cadena de celulosa	15
Figura 2: Estructura de la lignina.....	17
Figura 3: Clasificación de las fibras naturales.....	19
Figura 4: Planta de cocotero	31
Figura 5: Germinación del coco	34
Figura 6: Fruto de coco	35
Figura 7: Partes del fruto de coco	43
Figura 8: Acondicionamiento y Obtención de la Fibra de Coco	58
Figura 9: Preparación de fibra libre de extraíbles.....	61
Figura 10: Determinación de holocelulosa	62
Figura 11: Determinación de Celulosa en holocelulosa.....	64
Figura 12: Determinación de Lignina	65
Figura 13: Determinación de Cenizas.....	66
Figura 14: Diagrama para obtener la resistencia a la rotura.....	67
Figura 15: Determinación del diámetro de la fibra	68
Figura 16: Determinación de la longitud de la fibra.....	69
Figura 17: Tinción de la fibra en frio.....	70
Figura 18: Tinción de la fibra en caliente.....	70
Figura 19: Comparación del porcentaje de celulosa en la fibra de coco ..	80

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1: Relación de solventes y sustancias removidas	18
Cuadro 2: Comparación del número de nueces por variedades en tres colores de la variedad de coco malasino	39
Cuadro 3: Rendimiento anual de tres tipos de cocotero	40
Cuadro 4: Producción mundial de fruto de coco	52
Cuadro 5: Exportaciones de fibra de coco	53
Cuadro 6: Producción de frutos de coco en América del Sur.....	55
Cuadro 7: DCA con arreglo factorial 3x3x2.....	71
Cuadro 8: DCA con arreglo factorial 3x3x3x2	72
Cuadro 9: Resultados promedio del análisis químico.....	73
Cuadro 10: Determinación de la resistencia a la rotura	74
Cuadro 11: Determinación del porcentaje de elongación.....	75
Cuadro 12: Resultados promedios de los análisis físicos y mecánicos. .	77
Cuadro 13: Resultados de la prueba de tinción.....	79
Cuadro 14: Cuadro comparativo de la composición química de las fibras vegetales.....	81
Cuadro 15: Cuadro comparativo de las propiedades mecánicas de las fibras naturales.....	83
Cuadro 16: Cuadro comparativo de colorantes directos	84

INDICE DE ANEXOS

Página

Anexo 1: Variación del porcentaje de composición química en la fibra de coco en los diferentes estados de madurez - variedad enano verde de Brasil.....	92
Anexo 2: Variación del porcentaje de composición química en la fibra de coco en los diferentes estados de madurez - variedad enano amarilla de Malasia.....	93
Anexo 3: Variación del porcentaje de composición química en la fibra de coco en los tres distritos, tres estados de madurez y dos variedades	94
Anexo 4: Variación de la longitud de la fibra de coco, en los tres estadios de madurez, tres lugares y dos variedades.....	95
Anexo 5: Variación de la finura de la fibra de las dos variedades de coco enano: verde de Brasil y amarillo de Malasia.....	96
Anexo 6: Variación de la resistencia a la tracción de las dos variedades de coco enano: verde de Brasil y amarillo de malasia.....	97
Anexo 7 : Variación porcentaje de elongación de las dos variedades de coco enano: verde de Brasil y amarillo de Malasia.....	98
Anexo 8: Análisis Estadístico de las Características Químicas de la Fibra – Sustancias Ocasionalmente Extraíbles.....	99
Anexo 9: Análisis Estadístico De Las Características Químicas De La Fibra – Cenizas.....	101
Anexo 10: Análisis Estadístico De Las Características Químicas De La Fibra – Lignina.....	103
Anexo 11: Análisis Estadístico De Las Características Químicas De La Fibra - Celulosa	105
Anexo 12: Análisis Estadístico De Las Características Químicas De La Fibra – Hemicelulosa.....	107
Anexo 13: Análisis Estadístico De La Longitud De La Fibra De Coco ..	109
Anexo 14: Análisis Estadístico De La Finura De La Fibra De Coco	111

Anexo 15: Análisis Estadístico Del Porcentaje De Elongación De La Fibra De Coco	113
Anexo 16: Análisis Estadístico De Resistencia A La Rotura De La Fibra De Coco	115
Anexo 17: Esquema De Proceso Para Obtener Productos De Coco....	117
Anexo 18: Proceso General De Obtención De Polvo, Fibras Y Sustrato.....	118
Anexo 19: Productos Elaborados En Fibra De Coco	119
Anexo 20: Maquinarias Y Tecnologías De Pequeña Escala Más Usada.....	120
Anexo 21: Maquina De Ensayo A La Tracción.....	122
Anexo 22 : Probetas Para Ensayos De Tracción.....	123
Anexo 23: Gráficos De Resistencia A La Tracción.....	124



RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo determinar las características químicas y las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de coco, entre ellas, la caracterización de las propiedades físicas (longitud y finura), resistencia mecánica a la tracción y porcentaje de elongación; también se determinó la capacidad de tinción de la fibra de coco de dos variedades: coco enano verde Brasil y amarillo de Malasia, tres estadios de madurez: seis, diez y doce meses respectivamente y tres lugares de procedencia: Lamas, Tarapoto y Pucacaca; con el fin de conocer las diferencias significativas que puedan existir entre ellas.

Entre las características químicas se determinó, el porcentaje de celulosa con ella se conocerá la calidad de la fibra; La calidad de la fibra está representada de acuerdo al porcentaje de celulosa que se encuentra en esta. El mayor porcentaje de celulosa fue de 44.8% de la variedad enano amarillo de Malasia, procedente del distrito de Tarapoto con 6 meses de madurez.

Entre las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de coco, se evaluaron longitud, finura, resistencia a la rotura y porcentaje de elongación de la fibra, de los tres tipos de fibra de la cáscara de coco (relleno, hilo y cerda); destacándose, la variedad amarillo de Malasia, perteneciente al distrito de Tarapoto obteniéndose los resultados siguientes: longitud (15.89cm), finura (17μ), resistencia a la tracción (175MPa) y porcentaje de elongación (30%).

En cuanto a la capacidad de tinción, se observó que la fibra de ambas variedades y de los tres estadios, se tiñen mejor con el método de tinción en caliente y con colorantes directos de tipo básico.

SUMMARY

The present study aims to determine the chemical characteristics and physical and mechanical properties of coconut fiber, including characterization of physical properties (length and fineness) and mechanical resistance to traction also determined the staining ability of coconut fiber from two varieties: dwarf green and yellow Brazilian Malaysian, three stages of maturity : six, ten to twelve months and three places of origin: Lamas, Tarapoto y Pucacaca; in order to meet the significant differences that may exist between them.

Among the chemical characteristics were determined, the percentage of cellulose with it will know the quality of the fiber, the fiber quality is represented according to the percentage of cells found in this. The highest percentage of cellulose was 44.8% of Malaysia's yellow drawaf variety, from the district of Tarapoto with maturity 6 months.

Among the physical and mechanical properties of coconut fiber were evaluated length, fineness, breaking strength and percentage elongation of the fiber, the three types of fiber coconut shell (filling, thread and sow); highlighting The yellow variety of Malaysia, belonging to the district of Tarapoto obtained the following results: length (15.89cm), fineness (17 μ), tensile strength (175MPa) and percentage of elongation (30%)

Regarding the staining ability was observed that the fiber of both varieties and the three stages, stained better with the hot staining method with direct dyes and basic type.

I. INTRODUCCION

Con frecuencia se hace referencia a la palma de coco (*cocos nucifera*) como “el árbol de la vida”, debido a que tiene gran valor como planta de uso múltiple, encontrándose en el doceavo lugar de la lista de especies de plantas alimenticias más importantes para el hombre; además de ser una de las más bellas (Shapingo, 2002).

Desde hace miles de años se ha cultivado y su dispersión es tan amplia que en la actualidad existe un fuerte debate sobre su centro de origen geográfico. El cocotero es considerado la joya de los trópicos y sin duda el cultivo arbóreo más importante del mundo, con alrededor de 3,000 millones de hectáreas cultivadas, que involucra a más de 13 millones de personas relacionadas directa o indirectamente con los productos de esta planta. (CEPCOCO, 2008).

Pocas plantas tienen aplicaciones tan variadas como la planta de coco, se le explota de múltiples maneras. La pulpa seca se llama copra y contiene un 60-70% de lípidos; de la copra se obtiene aceite, utilizado en la elaboración de margarina y jabón. La madera del cocotero se utiliza para la construcción. Los habitantes de la Polinesia, Kiribati y las Islas Marshall consumen la savia del cocotero fresca; fermentada, puede conservarse y convertirse en una clase de alcohol, llamado en inglés toddy (Assis, 2005).

Las fibras que rodea el fruto del coco se utilizan para hacer cepillos, colchones, cuerdas, aislantes térmicos, entre otros. Pertenece a la familia de las fibras duras, tales como el "sisal", el "henequen" y "abaca". Es una fibra multicelular que tiene como principales componentes la celulosa y el leño, lo que confiere elevados índices de rigidez y dureza.

En la región San Martín existen diversos distritos en los que se siembra esta planta, pero no se está aprovechando en su totalidad, en la mayoría de casos sólo se aprovecha la parte comestible, desperdiciándose, su envoltorio fibroso.

Sólo en el distrito de Tarapoto con la venta de agua de coco se eliminan un aproximado de 1400 cascaras de coco al día; por cada 10 cascaras de coco se obtiene un aproximado de 1 Kg. de fibra, en total se está desperdiciando al día 140 Kg de fibra.

Esta cáscara va a parar en el botadero o en el peor de los casos en patio de las casas de los vendedores y/o compradores. La basura que genera es un peligro para los pobladores, ya que al acumular el agua de lluvia es un foco de malaria y dengue, permitiendo que los mosquitos y zancudos se críen ahí.

Tomando como base de que la agroindustria tiene entre sus objetivos, promover el desarrollo de los pueblos y garantizar puestos de trabajos mediante la generación de empleos, el presente estudio de investigación, tiene por finalidad determinar las posibilidades de industrialización de la fibra que en la actualidad es un sub producto que se está desperdiciando. Esta fibra puede ser procesada localmente proporcionando trabajo e ingresos a las comunidades.

Son los objetivos del presente trabajo:

General

- Determinar las características químicas y propiedades físicas y mecánicas de las dos variedades de coco (***cocos nucifera***), sembradas en distintas zonas de la región San Martín.

Específicos

- Determinar la calidad del componente fibra de dos variedades de coco (***cocos nucifera***).
- Determinar las diferencias físicas y mecánicas que existen entre las muestras evaluadas procedentes de los distritos de Lamas, Tarapoto y Pucacaca.
- Demostrar su factibilidad de ser teñida.

II. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSTITUCION DE LOS VEGETALES

En su constitución, las fibras vegetales están formadas, básicamente por, celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina y minerales.

2.1.1 Celulosa

La **celulosa**, es el compuesto orgánico más difundido en la naturaleza; componente principal de las paredes celulares vegetales (p.Ej en las maderas, en las fibras de algodón) **Casey (1978)**.

Es un hidrato de carbono polimérico que se encuentra en las paredes de las células de las plantas. El algodón es celulosa casi pura, y en la madera se encuentra combinada con otras sustancias **Libby (1980)**.

La **celulosa** es el componente estructural de mayor interés en las paredes celulares de las plantas. Existe en las paredes celulares en forma de fibras largas y filamentosas (microfibrilas). Las microfibras de la celulosa en la madera madura están embebidas en una matriz compuesta principalmente de hemicelulosa y lignina (**Casey, 1978**).

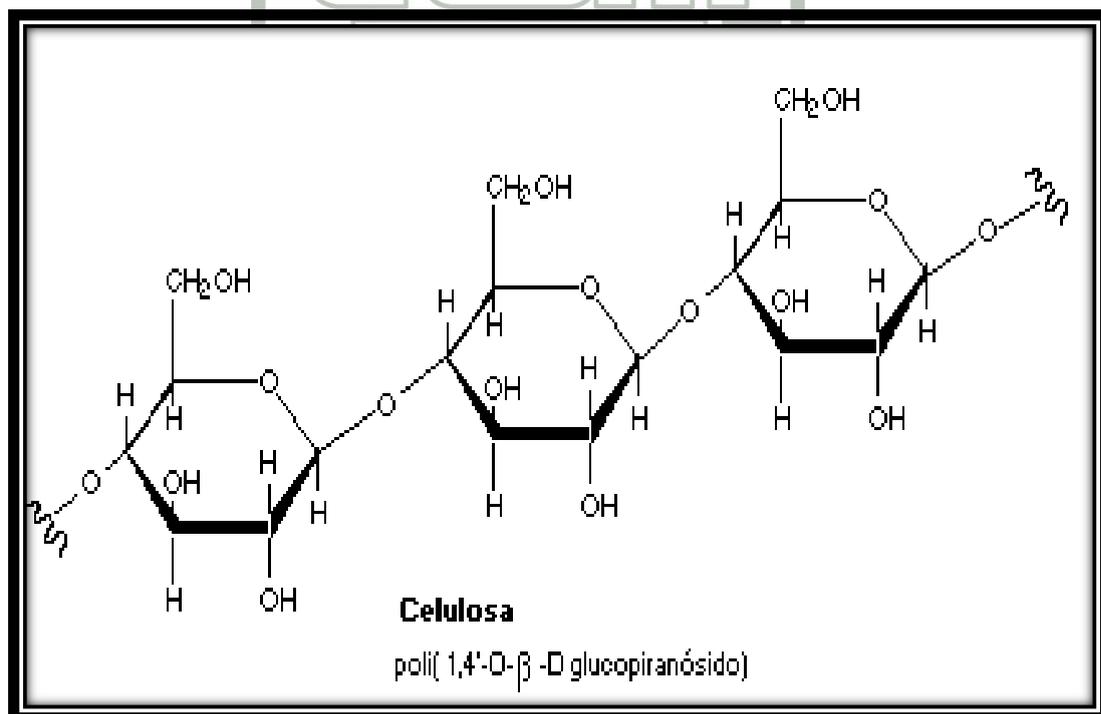
Las fibras con grandes cantidades de celulosa, serían económicamente viables para ser usadas en la producción de textiles, papel y como sustrato. Sin embargo cabe señalar que no sólo es la celulosa en la fibra, sino que también influye en la calidad y el uso final de las fibras obtenidas (**Assis, 2005**).

2.1.1.1 Estructura Química

La unidad básica de la molécula de celulosa es la unidad de glucosa; la unidad de glucosa está constituida por los elementos químicos, carbono, hidrógeno y oxígeno (**Hollen, 1987**).

La **celulosa** tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas impenetrables al agua, lo que hace que sea insoluble en agua, y originando fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales, (**Zamora, 2008**), según se muestra en la figura 1.

Figura 1: Cadena de celulosa



FUENTE: **Zamora (2008)**

2.1.2 Hemicelulosa o Poliosas

Las hemicelulosas o poliosas son heteropolisacáridos de gran abundancia en el reino vegetal y en las plantas superiores lignificadas. En la madera pueden ser consideradas como la fracción soluble en álcali, que se obtiene de la madera libre de extraíbles.

La hemicelulosa actúa normalmente como elemento de vínculo entre la celulosa y la lignina, no está directamente relacionada a la resistencia y

dureza de las fibras. Por ser más fácilmente hidrolizada, las fibras que presentan un alto contenido de hemicelulosa pueden ser usadas para la producción de azúcares y posteriormente producción de combustibles, como el etanol (**Assis, 2005**).

2.1.3 Lignina

La lignina es un grupo de compuestos químicos usados en las paredes celulares de las plantas para crear madera (**Casey, 1978**).

La palabra lignina viene del latín lignum, leño; sustancia compleja y de composición variable que acompaña a la celulosa en las membranas internas de los vegetales secos.

La lignina realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas. Por ejemplo, posee un importante papel en el transporte interno de agua, nutrientes y metabolitos (**Libby, 1980**).

Proporciona resistencia a la compresión de los tejidos y fibras, la rigidez de la pared celular y la protección de los carbohidratos (azúcares) contra los daños físicos y químicos. Su concentración en las fibras influye en la estructura, propiedades, morfología, la flexibilidad y la tasa de hidrólisis. Las fibras con alto contenido de lignina serán de excelente calidad y flexibles (**Assis, 2005**).

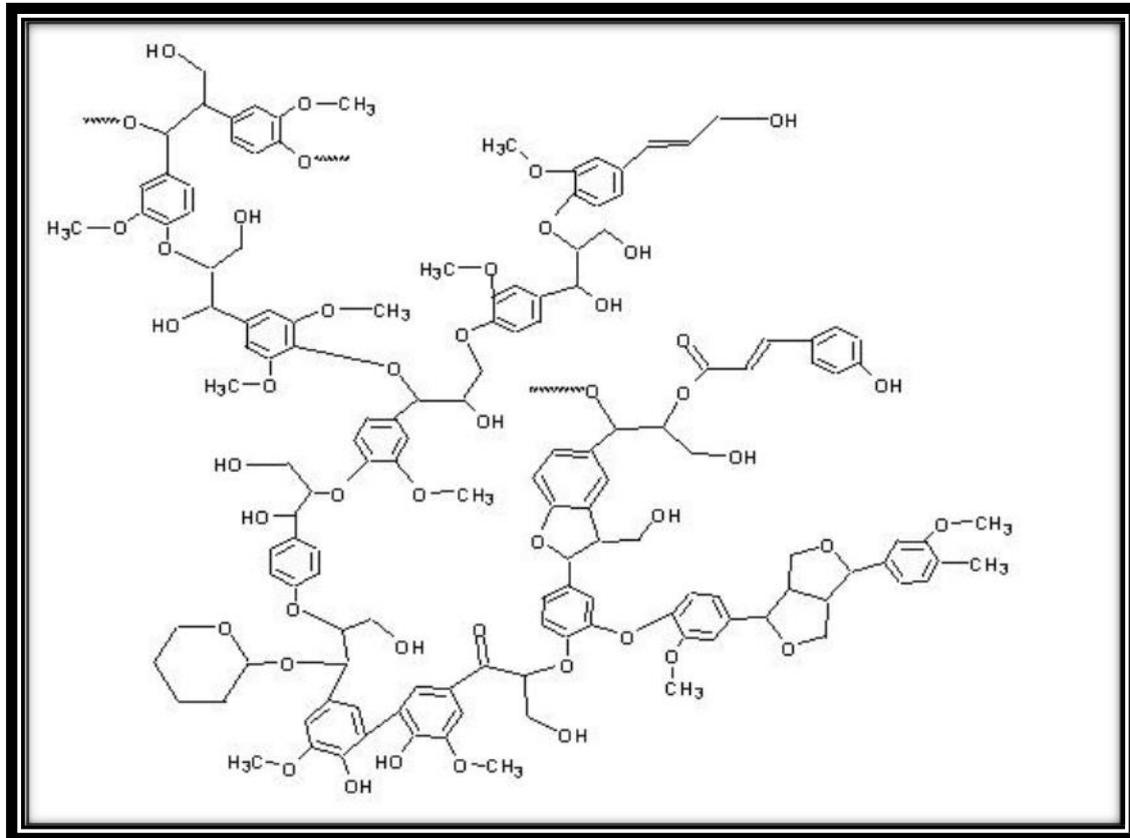
2.1.3.1 Estructura química

La molécula de lignina es una molécula, con un elevado peso molecular, que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos (cumarílico, coniferílico y sinapílico). El acoplamiento aleatorizado de estos radicales da origen a una estructura tridimensional, polímero amorfo, característico de la lignina (**Max, 2000**).

Por otro lado **Max (2000)**, indica que la lignina es el polímero natural más complejo en relación a su estructura y heterogenicidad. Por esta razón no es posible describir una estructura definida de la lignina; sin embargo, se han

propuesto numerosos modelos que representan una “aproximación” de dicha estructura, como se muestra en la figura 2.

Figura 2: Estructura de la lignina



FUENTE: **Max (2000)**

2.1.4 Componentes ocasionalmente extraíbles

Todos los vegetales contienen pequeñas cantidades y en algunos casos cantidades bastante apreciables de otras sustancias que pueden traer una gran influencia sobre las propiedades y aptitudes de las maderas para un procesamiento determinado (**Hollen, 1987**).

Según (**Guerrero, 1997**), estos productos denominados “extraíbles”, en su mayor parte son removidos mediante solventes. El término abarca un amplio rango de clases de compuestos orgánicos, e incluyen un número muy grande de compuestos individuales. Ninguna especie en particular contiene todos los

compuestos, ni siquiera todos los tipos de compuestos removibles, como se muestra en el cuadro 1.

Entre ellos se encuentran:

- Orgánicos :

Cuadro 1: Relación de solventes y sustancias removidas

SOLVENTE	SUSTANCIAS REMOVIDAS TOTAL O PARCIALMENTE
Benceno, éter, cloroformo.	Terpenos y derivados: grasas, ceras, ácidos grasos y alcoholes.
Alcohol, acetona.	Polifenoles simples y sus glucósidos, taninos y azúcares.
Agua fría o caliente.	Disacáridos, almidones, gomas, pectinas, taninos y mucilagos.

FUENTE: Guerrero (1997)

- Inorgánicos

Si bien es cierto parte de estas sustancias pueden ser removidas de la madera por extracción de solventes. Normalmente son determinados como residuos (cenizas) que queda después de incinerar el vegetal.

Los principales constituyentes de estas cenizas son: Calcio, potasio, magnesio, seguidos de manganeso, sodio, fósforo y cloro; muchos otros elementos se encuentran al nivel de trazas, la composición de las cenizas depende de la ubicación de la muestra en la planta y del suelo en el cual crece (Gonzales, 2001).

2.2 FIBRAS NATURALES

Las fibras son estructuras unidimensionales, largas y delgadas; se doblan con facilidad y su propósito principal es la creación de tejidos; las fibras tienen una longitud muy superior a su diámetro (Hill, 1965).

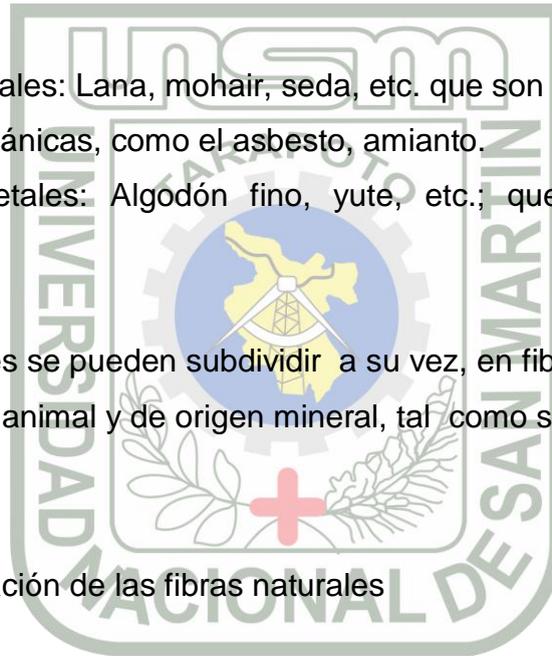
2.2.1 Clasificación

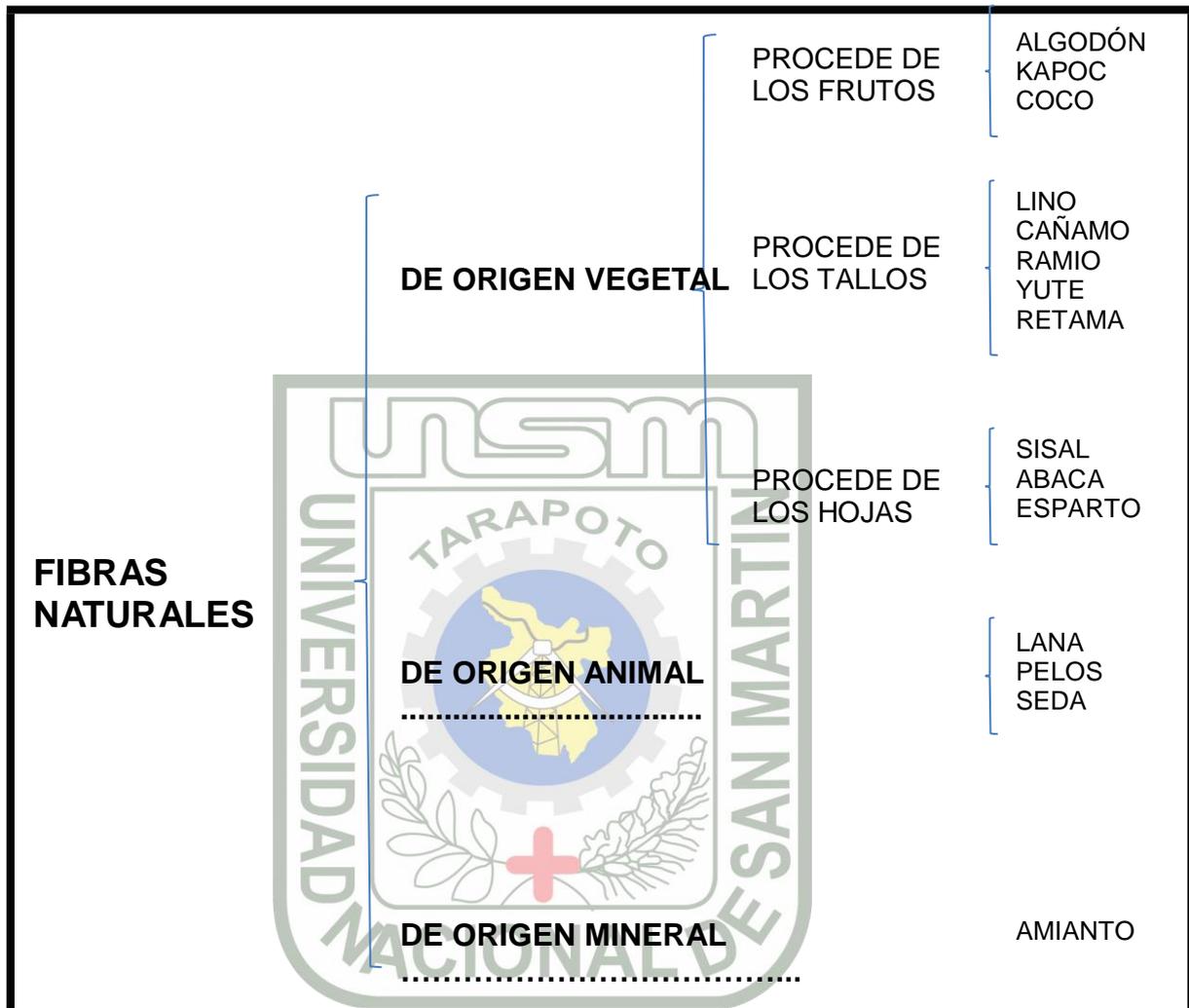
Las fibras naturales pueden dividirse en tres clases:

- Fibras animales: Lana, mohair, seda, etc. que son proteínas complejas.
- Fibras inorgánicas, como el asbesto, amianto.
- Fibras vegetales: Algodón fino, yute, etc.; que son polímeros de celulosa.

Las fibras naturales se pueden subdividir a su vez, en fibras de origen vegetal, de origen animal y de origen mineral, tal como se muestra en la figura 3.

Figura 3: Clasificación de las fibras naturales





FUENTE: Centro Regional de Ayuda Técnica (1965)

2.2.1.1 Fibras animales

Desde un punto de vista químico, las fibras de origen animal son proteínas resistentes a la mayoría de los ácidos orgánicos.

También resisten, en condiciones determinadas a la acción de ciertos ácidos minerales, como el ácido sulfúrico (H_2SO_4). Por el contrario, las bases o álcalis poco agresivos, pueden dañar las fibras proteínicas, y los álcalis fuertes como el hidróxido de sodio (NaOH) pueden disolverlas por completo. Los blanqueadores que contienen cloro también pueden dañarlas (el hipoclorito líquido no debe usarse nunca con lana ni seda). Si se utilizan sin diluir, dañan las fibras e incluso pueden disolverlas por completo (Benítez, 2009).

2.2.1.2 Fibras inorgánicas

La fibra de vidrio es la única fibra de origen inorgánico que se utiliza a gran escala en los tejidos corrientes. Se ha descubierto que la fibra de amianto, que se empleaba en el pasado en aislamientos y protecciones ignífugas, es cancerígena (**Link, 1949**).

2.2.1.3 Fibras vegetales

Las fibras vegetales son principalmente de celulosa que, a diferencia de las proteínas de las fibras de origen animal, es resistente a los álcalis; estas fibras son asimismo resistentes a la mayoría de los ácidos orgánicos, pero los ácidos minerales fuertes las destruyen. La utilización incorrecta de la mayoría de los blanqueadores puede debilitar o destruir estas fibras (**Bortoft, 1993**).

Según **Bortoft (1993)**, las fibras de origen vegetal para su mejor estudio pueden clasificarse en tres clases:

- Fibras que proceden de los **frutos** de las plantas, como el coco, el kapoc, entre otros.
- Fibras procedentes de los **tallos** de las plantas, como el lino, el cáñamo, el ramio, yute y retama.
- Fibras procedentes de las **hojas** de las plantas, como el sisal, el esparto, entre otros.

2.2.2 Propiedades de la fibra:

Las propiedades básicas deseables de la fibra son:

- a. Alto punto de fusión, que la haga apta a tratamientos térmicos, ya sean de tintura o planchado.
- b. Suficiente resistencia y elasticidad.
- c. Tintabilidad, es decir, que se le pueda aplicar color de forma permanente.
- d. Hidrofilidad moderada, que sea confortable al contacto con la piel.

Pero todas estas propiedades dependen del campo de aplicación, así que cuando el campo es para usos técnicos e industriales, las propiedades más apreciadas en una fibra son:

- Resistencia a la tracción y fatiga.
- Resistencia a diferentes agentes.
- Durabilidad al uso y mantenimiento.
- Protección frente a agentes externos.

2.2.2.1 Clasificación

Las fibras textiles tienen propiedades que las diferencian unas de otras:

A. Geométricas

a) Longitud: Presentan dos modos bien diferenciados:

- * Fibra discontinua: segmentos de longitud definida.
- * Filamento continuo o cable de filamentos: segmentos continuos y largos de longitud indefinida.

Todas las fibras naturales se encuentran de forma discontinua, exceptuando la seda. La longitud de las fibras se expresa en milímetros o en pulgadas; la longitud de la fibra es un parámetro muy importante ya que hay muchos factores que influyen en la longitud y éstos varían de una fibra a otra; por ello lo común es referirse al *valor medio* (media estadística extraída de examinar una muestra representativa) y de *coeficiente de variabilidad* (parámetro estadístico de la distribución de las longitudes).

Las fibras químicas se obtienen inicialmente en forma de filamento continuo, pero se puede convertir en fibras discontinuas cortando o desgarrando la longitud deseada; el corte puede ser recto o variable.

Pero también para las fibras discontinuas, la longitud es importante, la longitud de corte de éstas determina el proceso de hilatura a aplicar.

b) Finura

Es la medida de su grosor y está relacionado con el diámetro de la fibra aparentemente, ya que no es constante ni regular, se expresa en Micras:

1 micra = 10^{-6} m = 0,001mm. La finura determina la calidad y el precio de la fibra.

La finura determina el comportamiento y la sensación al tacto de los textiles:

Fibras gruesas

- * Rígidas y ásperas
- * Mayor firmeza
- * Resistencia al arrugado

Fibras finas

- * Suavidad y flexibilidad
- * Buen cayente

La finura influye en aspectos tecnológicos durante el proceso textil tan importantes como:

- * Comportamiento en el proceso de hilatura.
- * Regularidad de los hilos.
- * Distribución de fibras en la mezcla.
- * Brillo de hilos y tejidos.
- * Absorción del colorante, dependiendo de la finura da intensidades diferentes.

c) Rizado

Son las ondas o dobleces que se suceden a lo largo de la longitud de la fibra.

Los parámetros que la determinan son:

* La forma: bidimensional (diente de sierra) o tridimensional (muelle).

* La frecuencia: Nº de ondulaciones por unidad de longitud.

* La amplitud: distancia entre los picos de una onda completa.

El rizado influye en la voluminosidad y en el tacto del tejido, la lana y el algodón poseen el rizado por naturaleza, además aumenta la cohesión, la elasticidad, el volumen, la resistencia a la abrasión y la conservación del calor en los hilados; en cambio reduce el brillo.

B. Físicas

a) **Propiedades ópticas:** Brillo y color.

b) **Propiedades térmicas:** Acción al calor, tratamientos térmicos, comportamiento al fuego.

c) **Propiedades eléctricas:** Fibras que no resisten la fricción formándose en su superficie unas pequeñas motas llamamos a esto pilling. Esto se produce en fibras de poliéster.

d) **Propiedades superficiales:** Comportamiento a la fricción (pilling y abrasión).

e) **Propiedades mecánicas:** Comportamiento a la tracción, a la torsión y la flexión.

C. Sorción

La capacidad que tienen las fibras de retener o no retener agua.

Retiene bastante agua la lana, el algodón, el lino que absorben agua en una porción entre el 50%-60% de su peso.

D. Químicas

Es la propiedad de tienen las fibras de resistir los álcalis, ácidos, la luz solar, el agua, los insectos.

a) **Resistencia a los solventes:** Es el caso de las fibras de el algodón y el lino que son resistentes a los álcalis (soda caustica, potasa, amoníaco) y se dañan con los ácidos minerales (ácido sulfúrico, nítrico y clorhídrico. La lana y la seda se dañan con los álcalis.

b) **Propiedades tintóreas:** No todas las fibras se pueden teñir por ejemplo las fibras de nylon y orlón son muy difíciles de teñir. El algodón no es muy resistente a mantenerlo en remojo, la lana es atacada por las polillas, hay telas que pierden color al exponerlas a los rayos del sol. etc.

2.2.3 Aplicaciones industriales

La **FAO (2004)** en su boletín “Consulta sobre fibras naturales” señala lo siguiente:

Las fibras se utilizan por lo general en una gran variedad de productos y de muchas formas. Entre las aplicaciones figura el uso como relleno, o refuerzo; aislamiento, o el uso como elementos estructurales, y productos desechables o duraderos como:

- Hilos y textiles.
- Cuerdas, bramantes y redes.
- Telas no tejidas y tejidos.
- Embalajes.
- Compuestos y piezas para automoción

Hasta qué punto la utilización de fibras naturales frente a fibras sintéticas en aplicaciones industriales genera beneficios ambientales; depende en parte de las posibilidades de sustitución de las distintas fibras en el proceso de elaboración, de la necesidad de energía del proceso de producción, de los resultados del producto y del tiempo de vida funcional, incluidas las opciones de eliminación de residuos.

2.2.3.1 Telas no Tejidas

De la mayoría de fibras naturales pueden elaborarse telas no tejidas, confeccionadas mediante la tecnología del punzonado por agujas en seco; cada fibra produce una tela característica, dependiendo de su largo y suavidad.

Se utilizan aplicaciones no tejidas en distintas formas y productos como por ejemplo:

- Pañuelos y productos higiénicos.
- Filtros.
- Sorbentes en pañales y desechables.
- Aislamiento en industrias de construcción.
- Material de relleno en colchones, muebles.
- Revestimiento de suelos y alfombras.
- Laminados y compuestos.
- Substrato hortícola y vellón para la eliminación de malas hierbas.
- Geotextiles.

En cada aplicación los efectos ambientales de los productos a base de fibras celulósicas deben compararse con los productos sintéticos o minerales competidores. Sobre todo en la aplicación final, los aspectos del tiempo de vida funcional y de eliminación de residuos del producto no tejido tienen que ser coherentes.

En el caso del bonote encauchutado, la utilización de energía (estimada en torno a 13 MJ/kg) representa el mayor impacto, que es ligeramente superior al de la producción de fieltro por agujas. No obstante, se afirmó que la contribución del proceso de vulcanización del caucho (óxido de azufre y zinc)

a las emisiones tóxicas para el ser humano es elevada, aunque sigue siendo baja en comparación con la producción de polímeros sintéticos, como el polipropileno o el polietileno.

2.2.3.1.1 Geotextiles

Los geotextiles se utilizan en zonas como el refuerzo de diques a fin de evitar la erosión de las estructuras de ingeniería del paisaje; la biodegradación natural de las fibras lignocelulósicas puede considerarse una ventaja importante en las aplicaciones provisionales de ingeniería civil.

Sin embargo, el tiempo de vida funcional de un geotextil debería ser suficiente, en las condiciones aplicadas, y ofrecer la protección necesaria contra la erosión durante el tiempo que la construcción necesita para estabilizarse.

En muchos casos, en pendientes y zonas costeras, el enraizamiento natural de las plantas asume la función de refuerzo del geotextil; la biodegradación del geotextil estabilizador del suelo resulta entonces oportuna.

Los geosintéticos que tienen que ser retirados después de cierto tiempo causan un trastorno importante y son relativamente costosos; por lo general, los geosintéticos son resistentes a la degradación y permanecen en el suelo durante largos períodos de tiempo.

2.2.3.1.2 Materiales para la producción agrícola

Substratos artificiales, bramantes sintéticos, pinzas y macetas de plástico se utilizan de forma generalizada en la producción hortícola moderna.

Para los productores, la eliminación de insumos plásticos y substratos para la producción hidropónica, como la lana mineral, se convierte en un problema cada vez mayor; si bien los productos de lana mineral también pueden tener efectos negativos para la salud humana; como alternativa, se ha investigado

la utilización de medios de crecimiento renovables introduciendo la **médula de bonote**.

El residuo de la producción de **fibra de coco**, como sustituto renovable de los medios artificiales, o el musgo esfagnáceo, también se han considerado con resultados prometedores, otros materiales fibrosos y cortezas para convertirse en alternativas sin perjuicios ecológicos de las mezclas de tierra para macetas y substratos.

Las macetas biodegradables hechas de fibras naturales y diferentes aglutinantes suponen una alternativa a las macetas de plástico; sin embargo, las posibilidades de sustitución se limitan sobre todo al precio relativamente bajo de las macetas de plástico, pese al hecho de que las macetas biodegradables suponen la reducción de mano de obra, al no ser necesaria la replantación en los viveros, debido a que las raíces pueden crecer a través de las paredes de la maceta.

2.2.4 Razones para usar fibras naturales

(Acosta, 2009) Menciona que en el 2009 se celebra el **Año Internacional de las Fibras Naturales** para crear conciencia sobre su importancia tanto para productores, consumidores y medio ambiente; sin duda resultan más confortables pero hay más motivos para preferirlas. La FAO nos recuerda cinco buenas razones para volver a lo natural.

“Biodegradable, renovable y con costos energéticos mucho más bajos que aquellos de las fibras sintéticas derivadas del petróleo, las fibras naturales contribuyen a que el planeta sea más verde”.

A. Son una opción saludable. La mayoría de las personas saben que las fibras naturales proporcionan ventilación natural, por eso se siente bien usar una remera de algodón en un día caluroso, mientras que las prendas de lana actúan como aislantes contra el frío y contra el calor (los Beduinos usan lana fina para mantenerse

frescos). Por su parte, *las fibras de coco utilizadas en los colchones tienen resistencia natural contra hongos y ácaros*; las fibras de cáñamo tienen propiedades antibacterianas y diversos estudios demuestran que el textil más higiénico para sábanas de hospital es el lino.

- B. Son una opción sostenible.** La sociedad mundial avanza hacia una economía "verde", basada en la eficiencia energética, las materias primas renovables en los productos polímeros, los procesos industriales que reducen las emisiones de dióxido de carbono y materiales reciclables que reduzcan al mínimo los desechos. Las fibras naturales son un recurso renovable por excelencia. Cosechar una tonelada de fibra de yute requiere menos de 10% de la energía utilizada en la producción de polipropileno; las fibras naturales tienen emisiones neutrales de dióxido de carbono, al procesarlas se crean residuos que puedan ser utilizados en materiales compuestos para la construcción de viviendas o para generar electricidad, ya al final de su ciclo de vida, son 100% biodegradables.
- C. Son una opción de alta tecnología:** Tienen una buena resistencia mecánica, poco peso y bajo costo, por lo que resultan especialmente atractivas para la industria automotriz; por otro lado también se incorporan como materiales de construcción: La India desarrolló láminas de fibra de coco, más resistentes a la pudrición que la teca; Brasil hace material de techumbre reforzada con sisal; en Europa, los residuos del cáñamo se utilizan en el cemento, mientras que China usó materiales de construcción a base de cáñamo para los Juegos Olímpicos del 2008.
- D. Son una opción responsable:** Su producción, procesamiento y exportación tienen gran importancia económica para muchos países en vía de desarrollo, resultando vital para la subsistencia y la seguridad alimentaria de millones de pequeños agricultores y

procesadores; al optar por las fibras naturales se impulsa y se contribuye en la lucha contra el hambre y la pobreza.

E. Son una opción de moda: En la actualidad estas fibras son el centro del movimiento de la eco-moda o "ropa sostenible" preocupada por el medio ambiente y el bienestar tanto de productores como consumidores y su objetivo es crear prendas sostenibles en cada etapa de su ciclo de vida, desde su producción hasta su eliminación; "Los productores de las fibras naturales, fabricantes y la industria textil deben responder a las oportunidades que ofrece la creciente demanda de algodón orgánico y lana, de tejidos reciclables y biodegradables, y de prácticas del "comercio justo" que ofrecen precios más altos a los productores y protege a los trabajadores de la industria textil".

2.2.5 Opciones para el futuro

Actualmente el sector de las fibras naturales es dinámico, se están investigando novedades como telas de lana y de seda que se limpian solas, estambres de yute más finos para el vestido, y mezclas de lana que se mantienen secas aun en condiciones de gran actividad; la obtención de nuevas variedades de algodón que producen semillas no tóxicas abre el paso a la producción de más alimentos para las personas, a la vez que incrementa los ingresos de los productores de algodón (**Acosta, 2009**).

Los desafíos radican en realizar más investigación y desarrollo para encontrar plantas de fibras naturales más resistentes a la sequía y los insectos, mejores tecnologías de elaboración y productos mejorados (**Acosta, 2009**).

2.3 EL COCO (*Cocos nucifera*)

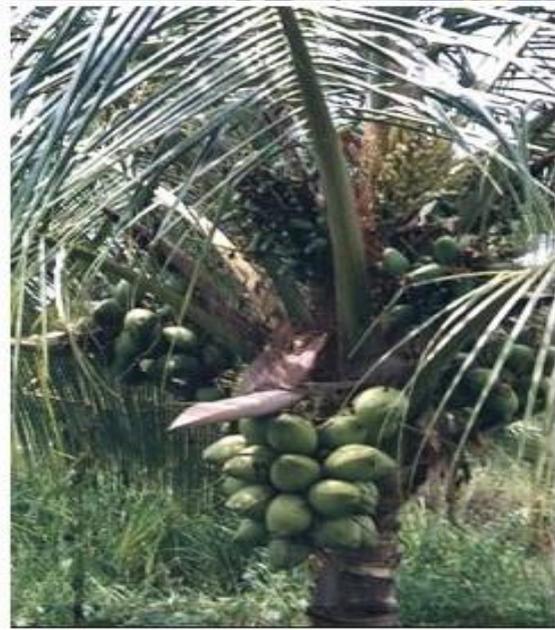
2.3.1 Aspectos Generales

La palma de coco, planta y fruto que se cultivan en casi la totalidad de la región San Martín, ofrece múltiples beneficios comercializables y ambientales;

de ella se derivan varios subproductos, razón por la que se le reconozca como el árbol de la vida o el árbol de los mil usos (**Chapingo, 2002**).

Según (**Ritikantana, 1995**), el coco es una fruta comestible obtenida del cocotero, es la palmera más cultivada a nivel mundial, tiene dos cáscaras: una fibrosa, exterior de color verde o amarilla y otra dura, vellosa y marrón que tiene adherida la pulpa, que es blanca y aromática, la figura 4 muestra la palmera con fruto.

Figura 4: Planta de cocotero



FUENTE: **MAG (2005)**

2.3.2 Taxonomía

Según (**Robles, 1989**), la clasificación taxonómica del coco es:

Nombre común	: Coco, coconut, Cocotero, cucu, inajai, Jatà, pupunharaha.
Reino	: Vegetal
División	: Trachaeophyta
Sub – división	: Pteropsidae
Clase	: Angiospermae

Sub – Clase	: Monocotiledoneae
Orden	: Arcales
Familia	: Palmacea
Tribu	: Ceroxilinae
Género	: <i>Cocos</i>
Especie	: <i>nucifera</i>

2.3.3 Descripción botánica

CEPCOCO (2008), describe botánicamente al coco de la siguiente manera:

Tronco

Es una palmera monoica de tronco único, con frecuencia inclinado, de 10-20 metros de altura y de 50 centímetros de grosor en la base y estrechándose hacia la parte superior. En el ápice presenta un grupo de hojas que protegen el único punto de crecimiento o yema terminal que posee la planta.

El crecimiento en altura depende de las condiciones ecológicas, de la edad de la planta y del tipo de cocotero.

Hojas

Son pinnadas, de 1.5 - 4 metros de longitud, con folíolos coriáceos de 50-70 centímetros de longitud, de color verde amarillento.

En condiciones ambientales favorables una planta adulta de crecimiento gigante emite entre 12 a 14 hojas por año, en cambio el enano puede emitir hasta 18 hojas en el mismo periodo, la copa no es muy amplia y se compone de hasta 30 hojas arqueadas.

Flores

Posee inflorescencias paniculadas que nacen en las axilas de las hojas inferiores, protegidas por una bráctea llamada espata de hasta 70 centímetros de longitud y se desarrolla en 3 o 4 meses.

Polinización

Puede ser anemófila o entomófila. En los cocoteros gigantes las flores masculinas se abren antes que las femeninas estén receptivas, lo cual contribuye a la polinización cruzada.

En el caso de los cocoteros enanos es simultánea, por tanto hay un porcentaje alto de autofecundación.

Semilla

Está formada por tres partes: El tegumento seminal, que es una fina película de color castaño-rojizo, de consistencia pétrea, que está adherida firmemente al endocarpio; el endospermo, constituida por una parte sólida (la almendra o carne blanca) y una líquida; y el embrión.

Durante el rápido crecimiento del fruto, el saco embrionario va formando y acumulando endospermo líquido que más adelante dará origen al agua de coco.

En seis meses el coco alcanza su máximo tamaño y en ese momento, aproximadamente, los núcleos que están suspendidos en el endospermo líquido comienzan a depositarse lentamente en la periferia del saco embrionario, en el lado opuesto o más distante al embrión.

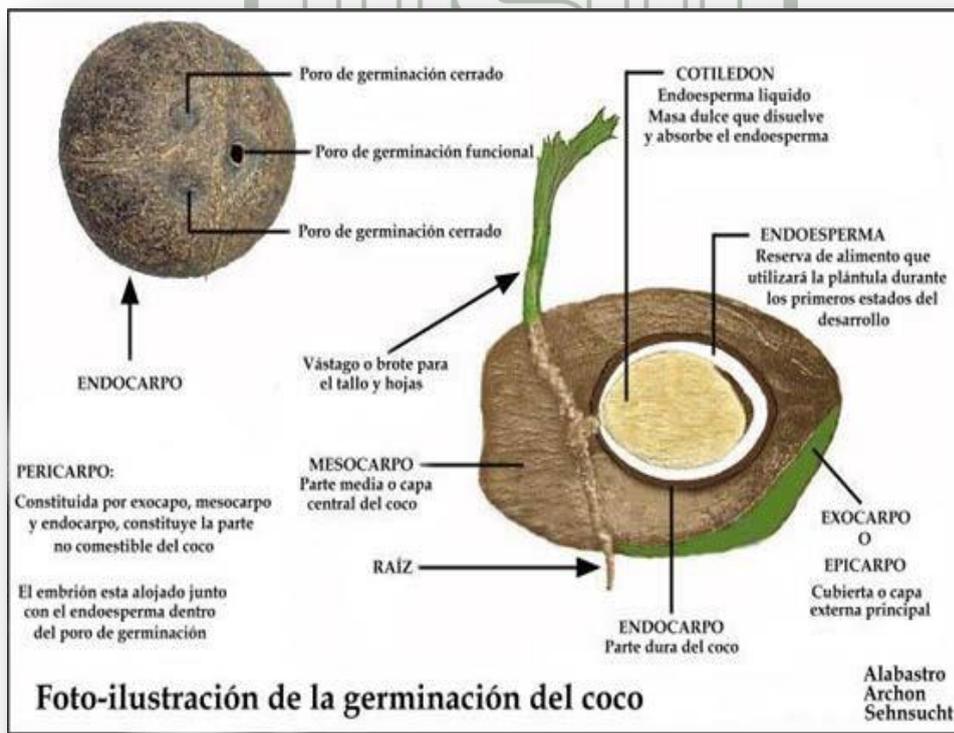
Con el tiempo, las células se diferencian y aumentan de espesor y consistencia, dando lugar a la “carne blanca” del coco (endospermo sólido) que forma el endospermo maduro, que es la fuente del aceite de coco, al depositarse grasa en sus espacios intercelulares, aumentando su contenido hasta la madurez.

El endospermo sólido contiene generalmente un embrión, ubicado en el saco embrionario, cerca del micrópilo, que se ha ido diferenciando antes que las células del endospermo sólido; este forma una cavidad en que se aloja al ir digiriendo los tejidos que rodean al endospermo durante su desarrollo.

El embrión maduro, de forma cilíndrica, está constituido por un cotiledón que

envuelve la plúmula. Esta tiene la zona central meristemática protegida por los primordios foliares; opuesta a la plúmula se encuentra la radícula, como se muestra en la figura 5.

Figura 5: Germinación del coco



FUENTE: **CEPCOCO (2008)**

Fruto

Es una drupa, cubierta de fibras, de 20-30 centímetros de longitud con forma ovoidal, pudiendo llegar a pesar hasta 2.5 kilogramos. En su estado natural el coco consta de varias partes:

PERICARPIO: La parte del fruto que envuelve y protege a la pulpa y las semillas se divide en varias cortezas o capas que pueden reseñarse de la siguiente manera:

- 1.- Epicarpio o parte exterior del pericarpio, es ceroso, lustroso, de color verde o amarillento que como una piel rodea todo el fruto.

2.- Mesocarpio o parte intermedia del pericarpio, fibroso, de 4 a 5 cm. de espesor, con forma de pelos.

3.- Endocarpio o capa interior, leñosa, que dispone de 3 orificios próximos en disposición triangular.

Fuertemente adherida a la cáscara leñosa, se encuentra la carne del fruto rodeada de una fina y delicada capa rojiza, como se muestra en la figura 6. La pulpa blanca es comestible conteniendo en su cavidad central un líquido azucarado conocido como agua de coco y que en cantidad aproximada de 300 gramos se encuentra encerrada en el interior del fruto.

Figura 6: Fruto de coco



FUENTE: **CEPCOCO (2008)**

Raíces

El sistema radicular es fasciculado, las raíces primarias son las encargadas de la fijación de la planta y de la absorción de agua.

Las raíces terciarias derivan de las secundarias, y son las verdaderas extractoras de nutriente; las raíces activas se localizan en un radio de dos metros del tronco, a una profundidad de entre 0.2 a 0.8 metros, dependiendo de la profundidad efectiva.

Propagación

Los cocos secos de la planta se entierran hasta la mitad con las cáscaras en

un suelo húmedo; si se mantiene una humedad constante estos comienzan a brotar en dos o tres meses, siendo al principio su crecimiento bastante lento hasta después de la maduración de la palma; debido a sus fuertes espinas desde la germinación, los animales no se alimentan de las plántulas.

Forma de recolección

La etapa productiva de la planta comienza después del sexto año de cultivo. Para consumo del agua en estado fresco las nueces o cocos se cosechan entre el sexto y séptimo mes.

2.3.4 Condiciones Ecológicas

2.3.4.1 Clima

La palma del cocotero requiere de un clima, sin grandes variaciones térmicas, tanto durante el día como por la noche. La temperatura adecuada es de 28°C. A 30°C., como máximo y de 22°C., como mínimo. La palma no florece bien en climas con temperaturas por debajo de los 21°C.

2.3.4.2 Pluviosidad

La palma necesita de 1.200 mm. a 2.500 mm. de lluvia anual, pudiendo en ocasiones soportar más humedad siempre y cuando el suelo tenga buen drenaje; es imposible poder fijar los límites de las lluvias, pues cada zona o región se caracteriza por una condición particular a este respecto.

Se han observado casos en que el cocotero prospera bien en zonas con una pluviosidad de 1.000 mm., de lluvia anual, siempre que la capa freática este localizada favorablemente para la absorción del agua por las raíces.

2.3.4.3 Insolación

La palma necesita suficiente luz solar para su desarrollo; por esta razón, las palmeras no florecen bien en las zonas de cielo nublado.

La sombra causada por una vegetación de mayor tamaño, especialmente en

las épocas de crecimiento, le es muy perjudicial para su desarrollo. Las palmas que crecen bajo sombra son por lo general mal conformadas y delgadas. En cambio la palmera que se desarrolla a la orilla del mar, crece magníficamente por el ambiente despejado y porque el sol brilla la mayor parte del día. Lo ideal es una luminosidad de 2,000 horas al año.

2.3.4.4 Altitud

La altura sobre el nivel del mar tiene marcada influencia para los efectos del cultivo del cocotero. Para la formación de palmares con fines comerciales, es preferible plantarlos en altitudes que no vayan más allá de los 250 metros sobre el nivel del mar.

2.3.4.5 Suelo

La palmera prospera en diferentes tipos de suelo, en especial en aquellos que ofrecen un fácil drenaje y buena aireación. Los suelos de aluvión son ideales para el cultivo del cocotero; son los que se conocen como suelos de bancos y que se encuentran ubicados en las márgenes de los ríos.

Estos suelos poseen gran cantidad de **arena, limo y arcilla**, teniendo por lo tanto gran facilidad para la filtración de las aguas; son suelos fértiles en su totalidad y mantienen una constante humedad, condición que los vuelve particularmente aptos para el cultivo del cocotero.

La palmera tiene marcada preferencia por los suelos arenosos, crecen lozanas a las orillas del mar y se desarrolla robusta desde los primeros meses. En estos lugares fácilmente se observa un mayor crecimiento del sistema radicular y del diámetro del tronco.

La salinidad no presenta ningún problema para el desarrollo de esta planta, puesto que el cocotero ha demostrado ser muy tolerante.

2.3.5 Variedades

INFOAGRO (2006) en su boletín “Variedades de coco en el mundo”, indica

que los tipos de cocoteros se clasifican en gigantes, enanos e híbridos y, dentro de cada grupo, existe un gran número de variedades.

2.3.5.1 Gigantes

Se emplean para la producción de aceite y los frutos para consumo fresco. Su contenido de agua es elevado y su sabor poco dulce. Entre sus ventajas destacan el tamaño del fruto y el contenido elevado de copra. Las variedades gigantes más cultivadas son: Gigante de Malasia (GML), Gigante de Renell (GRL) de Tahití, Gigante del Oeste Africano (GOA) de Costa de Marfil, Alto de Jamaica, Alto de Panamá, Indio de Ceilán, Java Alta, Laguna, Alto de Sudán, etc.

2.3.5.2 Enanos

Las variedades más cultivadas son Amarillo de Malasia (AAM), Verde de Brasil (AVEB) de Río Grande del Norte, Naranja Enana de la India. Debido al buen sabor del agua y el pequeño tamaño de estos cocos, se emplean fundamentalmente para la producción de bebidas envasadas. La copra es de mala calidad.

Enano de Malasia

Según **Fundación hondureña de investigación agrícola (FHIA) (2008)**, existen básicamente tres tipos diferenciados por el color del fruto en: verde, amarillo y rojo o dorado. A diferencia de los tipos gigantes o altos en los cocoteros enanos la autofecundación es mayor del 94%, permitiendo su reproducción por semilla, sin perder las características de la planta madre.

Por el excelente sabor del agua, su uso potencial es la producción de agua para consumo en bebidas envasadas; el tamaño del fruto lo hace poco atractivo para consumo como fruta fresca.

Algunas ventajas de este grupo son: la resistencia al amarillamiento

letal del cocotero, la precocidad de producción, el mayor número de frutos y el crecimiento lento (ver cuadro 2). Entre las desventajas se encuentran: el tamaño pequeño del fruto, la mala calidad de la copra.

Cuadro 2: Comparación del número de nueces por variedades en tres colores de la variedad de coco malasino

Color	Malasia (Cooke y Jagoe)	Ceilán (Liyanage)
	Número de nueces/ tonelada de copra	
Enano verde	5,800 – 6,100	8,950
Enano amarillo	8,000 – 11,100	9,050
Enano rojo	6,200 – 8,600	11,675

FUENTE: FHIA (2008)

2.3.5.3 Híbridos

Producto del cruce entre las anteriores variedades, son frutos de tamaño mediano o grande, buen sabor y buen rendimiento de copra. El híbrido más cultivado es MAPAN VIC 14; un cruce entre Enano de Malasia y Alto de Panamá, ver cuadro 3.

Cuadro 3: Rendimiento anual de tres tipos de cocotero (cocos/planta/año)

Año	Enano Malasino	Híbrido	Alto
2	20	--	--
4	60	20	--
5	80	40	5
6	100	80	10
7	120 – 150	100	20

8	120 – 150	120 – 140	40
9	120 – 150	120 – 140	50
10 o más	120 – 150	120 – 140	60 - 80

FUENTE: FHIA (2008)

2.3.6 Usos

Según (Orinwood, 2001), existen más de cien productos que se elaboran a partir de la palma de coco, los cuales varían desde simples utensilios de uso local, hasta productos de alto valor agregado. Los productos comerciales más importantes son: La fibra del fruto, el carbón de la concha, la copra, el aceite de coco, el coco deshidratado y la leche de coco (ver anexo 11).

a) Tallo y hojas

El tallo por su resistencia y flexibilidad, suele utilizarse localmente, como producto maderable en la construcción de las casas (postes, marcos, pisos, entramados, etc.) y en la fabricación de muebles.

La corteza contiene una resina y las raíces una droga. Las hojas se aprovechan para el techado de viviendas y en fabricación de múltiples objetos artesanales como cestos, sombreros, cortinas, escobas, etc.

b) Yemas, flores e inflorescencia

Las yemas terminales se comen en ensalada o en guisos; de los racimos jóvenes de las flores de los cocoteros se obtiene un jugo dulce o ponche, que es una bebida refrescante muy dulce que contiene un 16% de sacarosa. De ella se obtiene azúcar de palpa o bien se hace fermentar para elaborar aguardiente, vino de palma (“tuba”), “arrak” o vinagre.

c) Fruto

La parte fibrosa del fruto (endocarpio y mesocarpio) o cáscara conocida como estopa de coco tiene numerosos usos, por ejemplo, en la fabricación de ropa fina resistente al agua de mar y en general en la manufactura de cepillos, cordeles, sogas, alfombras, filtros, rellenos de colchones y almohadas, etc.

Además, por su alto contenido de lignina es un buen combustible.

La concha dura o porción dura del fruto (endocarpio) es utilizada para fabricar diversos utensilios caseros y objetos artísticos principalmente de tipo artesanal; esta tiene una composición similar a las maderas duras, alto contenido de lignina y menos contenido de celulosa, por lo que se utiliza directamente como combustible o para elaborar carbón combustible y carbón activado.

d) Semilla

En comunidades y pueblos, donde se desarrolla la palma de coco, de la semilla se extrae la parte blanca o “carne” y la “crema”, los cuales son la base de muchos platillos, antojos y postres.

e) Agua de coco

Del coco fresco se obtiene una bebida refrescante muy apreciada, recientemente ha sido usada por los fisiólogos como promotora del crecimiento y suero.

f) Coco rallado

Se consume la porción carnosa madura y seca en tiras delgadas y para elaboración del dulce de coco y en la repostería.

g) Coco seco

La carnosidad blanca se pulveriza, pasteuriza, seca y empaqueta, para ser procesado posteriormente en la industria de la confitería (Ej. En barras de chocolate, cacahuate o almendras), en panadería, como saborizante y relleno de alimentos empacados, como ingrediente para cocinar, etc.

h) Leche de coco (crema)

Es el extracto blanco obtenido de la filtración de la carne molida de coco. Se comercializa envasado como líquido o en polvo. Es un ingrediente común en muchas recetas gastronómicas.

i) Copra

El principal objetivo industrial de la palma de coco es la producción de copra. La copra contiene aproximadamente 63% de aceite, el resto lo constituye la harina, la humedad y los desperdicios.

j) Harina de copra

Es el residuo que queda después de haber extraído el aceite. Contiene aproximadamente 20% de proteína, 45% de carbohidratos, 11% de fibra y el resto de grasas, minerales y humedad. Se utiliza como abono y como complemento de alimentos balanceados.

k) Aceite

El aceite de coco es de color amarillo, cuando es puro y fresco, se acidifica rápidamente y toma un color oscuro. Está constituido de 86 a 91% de ácidos grasos saturados, consistiendo alrededor del 48% de ácido láurico, mirístico, caprílico y palmítico (Ohler, 1984; Presley 1992); debido a que contiene solo un 9% de ácidos grasos no saturados es extremadamente resistente a la ranciedad.

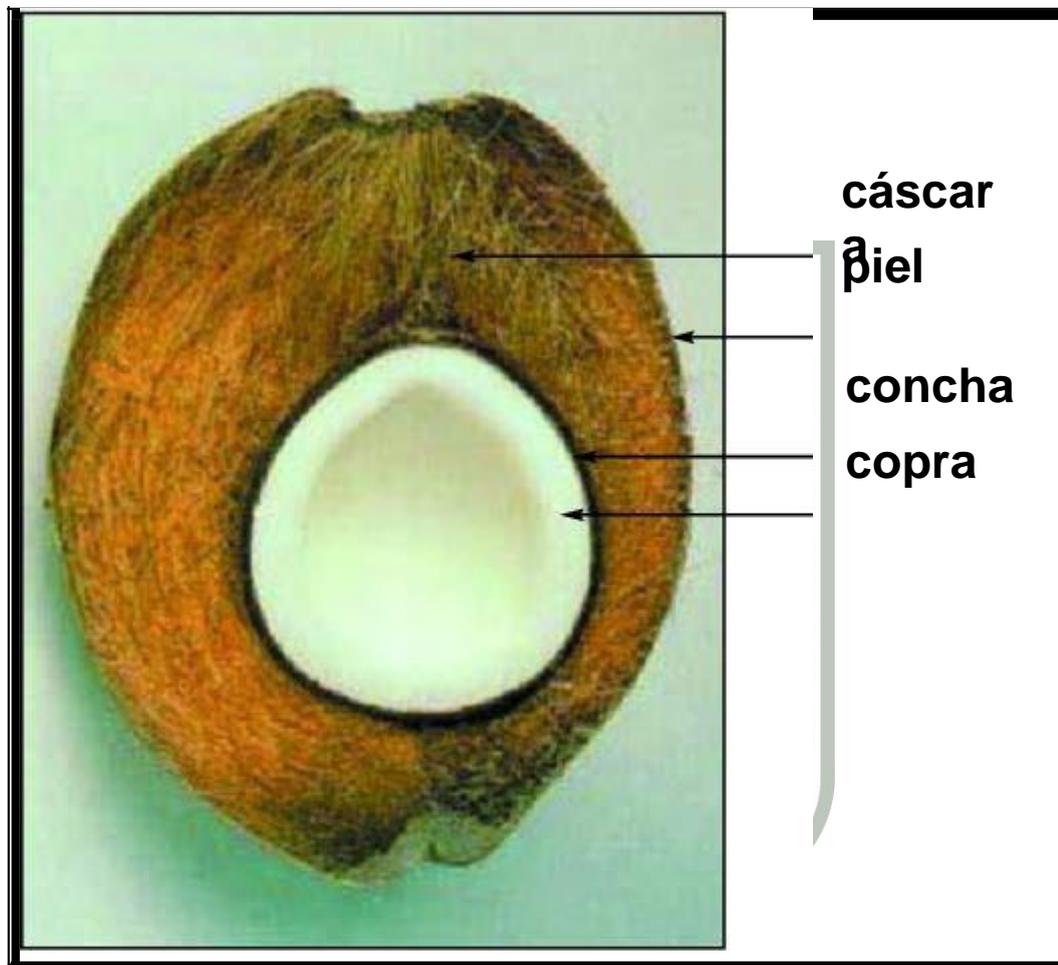
l) Otros usos

A partir de aceite de coco se fabrica detergente de ropa, jabón de tocador, shampoo y cosméticos. El alto contenido de ácido láurico le proporciona al jabón buenas cualidades de solubilidad al enjuague y una sensación de sedosidad y tibieza en la piel. Aunado a su carácter relativamente no aceitoso

2.3.7 Fibra de coco

El **Ministerio de Agricultura y Ganadería de Colombia (MAG) (2001)**, nos indica que las fibras de bonote son extraídas de las cáscaras que rodean el coco, como se muestra en la figura 7. En la mayor parte donde se siembra el coco, la fibra, es un subproducto de producción de copra, y las cáscaras son abandonadas sobre los campos como un pajote o usadas como fertilizante debido al alto contenido de potasio.

Figura 7: Partes del fruto de coco



FUENTE: **MAG (2001)**

Según el (**MAG, 2001**), la fibra de coco es un material lignocelulósico. Es totalmente biodegradable, muy resistente, tiene alta capacidad de retención del agua, es un buen aislante del calor y del sonido. Pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén; se trata de una fibra compuesta por celulosa y lignina. Se pueden distinguir tres tipos principales de fibra:

- Fibra corta y fina, se conoce como fibra de relleno.
- Fibra larga y fina, se conoce como fibra de hilo.
- Fibra tosca, que se conoce con el nombre de fibra de cerda.

2.3.7.1 Obtención de la fibra

Para la obtención de la fibra de coco, se utiliza el método de enriado.

2.3.7.1.1 Proceso de enriado

Se entiende por enriado el proceso de desintegración de las materias orgánicas (proteínas, azúcares, almidones, pectinas, hemicelulosa y a veces la celulosa) de las plantas en partículas más pequeñas y solubles, mediante la acción de enzimas o fermentos específicos de ciertos microorganismos.

Dantas et al. (2005), nos indica que hay tres métodos para la obtención de la fibra método convencional, mecánico y moderno.

a) En el método convencional:

Enriado de rocío, consiste en enterrar la cascara de coco por un periodo de 2-3 meses remojando el terreno, hasta que se destruyan los tejidos blandos.

Enriado en agua, la fibra se coloca en tanques de agua durante seis meses o en estanques de sal o depósitos que requieren de 10 a 12 meses de la digestión anaeróbica para aflojar las fibras.

b) Método mecánico

Se usa un molino desfibrador, en el cual se procesa la cáscara que 5 días antes estuvo en un proceso de inmersión en agua, cortando la cáscara, ablandando y sacando las fibras. Haciendo uso de cilindros para separa la fibra larga de la corta. Las fibras más fuertes son lavadas, limpiadas, secadas y ablandadas.

c) Método moderno

El cual hace uso de la biotecnología, a través de la aproximación específicas de enzimas microbianas, reduciéndose el tiempo de cinco a tres días; mantiene una alta calidad de la fibra.

2.3.7.2 Características técnicas de la fibra

La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras, tales como el "sisal", el "henequén" y "abacá". Es una fibra multicelular que tiene como

principales componentes la celulosa y el leño, lo que confiere elevados índices de rigidez y dureza; la baja conductividad al calor, la resistencia al impacto, a las bacterias y al agua, son algunas de sus características.

La resistencia, durabilidad y resiliencia, convierten a la fibra de coco en un material versátil y perfectamente indicado para los mercados del aislamiento (térmico y acústico) **(Mathew, 2003)**.

2.3.7.2.1 Ventajas

- No es electroestática.
- Inodora.
- Resistente a la humedad - amplia difusión.
- No es atacable por roedores o termitas.
- Imputrescible, no produce hongos.
- Difusión del vapor de agua (DIN).
- Tolerancia de los espesores: +10% / - 0%.
- Conductividad térmica: 0,043 a 0,045 W/mk.
- Reducción de los ruidos de percusión (de acuerdo con los espesores): 25 a 35 decibelios (en forjado).
- Reducción de ruidos aéreos: 47 Decibelio(db en media).
- Comportamiento al fuego: clase B2.

2.3.7.3 Usos

La posibilidad de utilizar los residuos generados tras el consumo de agua de coco, la fruta verde, o parte comestible de la fruta madura, ha generado gran interés de los investigadores en el mundo, buscando soluciones más nobles que el simple desperdicio de las cáscaras de cocos en los botaderos o como combustible utilizado en las plantas de extracción de aceite **(ver anexo 13)**. El uso de estos residuos están orientados a:

A. Tableros aglomerado

La elaboración de tableros aglomerados usando cáscaras de coco, principalmente las fibras, y aprovechando las propiedades de enlace de la lignina, presente en un alto porcentaje en la fibra de coco.

Khedari et al (2003), citado por **Assis (2005)** demostró la posibilidad de obtener tableros con fibra de coco y resinas (urea-formaldehído, fenol-formaldehído e isocianato), con características de baja conductividad térmica, principalmente para países de clima tropical. Los tableros presentaron menor resistencia que los tableros hechos con madera, sin embargo, demostraron ser adecuados para su uso como aislante térmico en paredes y techos.

B. Cemento

Varios estudios se han realizado para la incorporación de fibras de coco en cemento. **Paramasivam et al. (1984)**, citado por **Assis (2005)**, investigaron las características de las placas corrugadas de fibrocemento usando fibras de coco y concluyeron que la eficiencia de las placas obtenidas era semejante a aquellas obtenidas con asbesto.

Ghavami et al. (1999), citado por **Assis (2005)**, estudiaron la posibilidad de la incorporación de fibra de sisal y fibra de coco para producir compuestos de bajo costo, con gran potencial de uso en construcción civil en países con una población de bajo poder adquisitivo.

C. Polímeros convencionales

Las propiedades térmicas y mecánicas de materiales compuestos basados en tereftalato de polietileno de residuos de consumo y fibra de coco fueron investigados por **Santos (2002)**, citado por **Assis (2005)**, que confirmó la viabilidad en la obtención del compuesto que tiene propiedades que permiten su utilización en diversos sectores.

El efecto de la capa de cera natural de polietileno reforzado con fibra de coco fue estudiado por **Brahmakumar et al. (2005)**, citado por **Assis (2005)**, que encontró un importante papel de la cera sobre la unión entre las fibras y la matriz. La eliminación de la cera da como resultado una disminución en la resistencia a la tracción.

D. Sustrato

Según **Benítez et al. (2009)**, la fibra de coco es un sustrato, con posibilidades de ser utilizado en cultivos sin suelo o como sustituto o componente de otros sustratos (**ver anexo 12**).

Ventajas:

- El ahorro de agua y abonos, no se utiliza energía eléctrica en la explotación, ya que conserva mucho la humedad, y permite grandes periodos de tiempo sin riego.
- El polvo de coco es el que se encarga de la retención del agua evitando cualquier posibilidad de desperdicio.
- El polvo de coco es capaz de retener hasta ocho veces su peso en agua, lo que posibilita un mayor espaciamiento entre los riegos. Este ahorro de agua se traduce en menor gasto de abono y menor uso de máquina de riego.
- La fibra de coco viene prensada normalmente en balas de 350 litros y mediante una maquina se deshacen estas balas, ya que poseen un tamiz alimentador (que puede funcionar a mayor velocidad o menos), un motor hidráulico, martillos y boquillas para humedecer el coco.
- El resultado es una fibra de coco con unas cualidades excelentes para su uso en la agricultura y más en este novedoso sistema.

E. Biomantas

Las biomantas son colchones hechos de fibra de coco y elementos orgánicos capaces de formar una excelente protección anti-erosión en taludes suaves y base vegetal existente, ya que la biomanta se descompone naturalmente durante el ciclo biológico, la descomposición de fibras, esencialmente hechas de celulosa y otros elementos orgánicos, actúa como fertilizante.

Las fibras de coco permiten la retención de humedad, aumentan la

permeabilidad del suelo y mejoran la rugosidad de la superficie reduciendo la velocidad de escurrimiento del agua y por tanto la erosión.

a. Tipos de biomantas en el mercado

- Mantas biodegradables (biomantas) compuestas por 100% de paja agrícola y de una o dos redes livianas de polipropileno fotodegradables; estas mantas ofrecen un control de erosión en taludes con una inclinación máxima de 30° y ofrecen una longevidad funcional de casi 12 meses.
- Biomantas compuestas por 70% de paja agrícola y 30% de fibra de coco, encerradas dentro de una red pesada de polipropileno estabilizada contra los rayos UV por arriba, y de una red liviana de polipropileno fotodegradable; que se utilizan normalmente en taludes con inclinaciones de 30° hasta 45°, en canales de descarga media, y en áreas en donde se necesite protección por más de una temporada de crecimiento.
- Biomantas compuestas por 100% de fibra de coco, encerradas dentro de dos redes pesadas de polipropileno estabilizadas contra los rayos UV, que le permiten ofrecer un control de erosión superior en taludes con inclinación mayor a 45°, en canales de descarga alta donde la vegetación natural permanente resistirá descargas de diseño, o en lugares que requieren protección hasta por 3 años.

b. Aplicaciones

Control de Erosión y Estabilización del Suelo

- Terraplenes para caminos y vías de Ferrocarril.
- Terraplenes para protección contra ruido.
- Restauración de las características de los rellenos.
- Conservación de dunas de arena.
- Trazo de arroyos, ríos, canales y drenajes al aire libre.
- Muros de retención con cubierta vegetal.

Jardinería

- Campos de golf, áreas de recreación, parques y campos deportivos.
- Construcción con roca.
- Acabado para gaviones y Colchón Reno.
- Caminos empedrados de acceso para vehículos.
- Caminos de acceso en playas.

F. Usos Generales

- Otra posibilidad para el uso de fibra de coco, así como para otros residuos, como el aserrín, las fibras de la fruta de palma, cáscara de arroz y maní, es de producción de briquetas (**CHIN & Siddique, 2000**), citado por (**Assis, 2005**).
- Selvam et al. (1998)**, citado por **Assis (2005)**, demostraron el potencial de la explotación de cáscaras de coco para producir "cables" de carburo de silicio (carburo de silicio), que se utilizan como material de refuerzo de los metales y la cerámica. El carburo de silicio se obtiene por un proceso de pirolisis a 1400 ° C usando hierro como catalizador; el rendimiento de la reacción fue superior que cuando se hizo uso de cascarilla de arroz, conocida por ser rica en sílice. El porcentaje de óxido de silicio en cáscaras de coco es de aproximadamente 3,5%, siendo un compuesto inorgánico mayoritario.

El artículo presenta una posibilidad técnica de utilizar las cenizas de cáscaras de coco o productos que las contienen, si son incinerados después del final de su ciclo de vida.
- Las cáscaras de coco puede ser utilizadas en procesos industriales de la digestión anaeróbica para generar metano que se utiliza como combustible. **Kivaisi y Eliapenda (1994)**, citado por **Assis (2005)**, estudiaron la influencia de pre-tratamientos químicos y la disminución del tamaño de las partículas de fibra de coco, que resultan en un aumento de la producción de metano en

el proceso de digestión anaeróbica promovidos por microorganismos de rúmen.

2.3.7.5 Mercado

La industria de la fibra de coco está totalmente desarrollada en la India y Sri Lanka, pero es económicamente importante en Brasil, México, Indonesia, Filipinas y Vietnam. Los cocos son cultivos típicos de los agricultores a pequeña escala que usan molinos locales para extraer la fibra.

La palmera de coco se cultiva hoy en 86 países, en un área de 11,6 millones de hectáreas, con una producción estimada de 35,8 millones de toneladas de fruta. Los países de América sólo ocupan el 7,3% de esta producción, siendo los principales países productores Brasil y México, **(Queiroz, 1999)**, citado por **(Assis, 2005)**.

Las industrias de fibra de la India y Sri Lanka tienen una tradición para exportar a Europa y EEUU, la venta de productos como: Tapetes y otros diversos productos artesanales y decorativos. Desde mediados de 1970 las exportaciones comenzaron a declinar por la fuerte competencia de las fibras sintéticas, una gradual recuperación durante la última década puede ser justificada parcialmente por el aumento de conciencia ecológica por parte de los consumidores de países industrializados; además, la fibra de coco ofrece un rendimiento superior para la durabilidad de las alfombras, con un mercado fuerte en este sector.

(Chand, 1995), refiere que generalmente el mercado de la fibra de coco se divide en 4 segmentos de mercado:

1. El mercado del consumidor final de productos como tapetes de entrada, alfombras, y la fibra de coco para la tierra de jardín vendida en los centros de jardinería o supermercados.

2. El sector profesional de la horticultura con sustratos de turba,

País	Producción (mil frutos)	Área (Ha)	Productividad (mil frutos/ha)
------	-------------------------	-----------	-------------------------------

mejoramiento de suelo, cubre-suelo.

3. El sector de la ecología con los sustratos para la hidroponía y geotextiles contra la erosión de los suelos.

4. Industria de la construcción, industria cementera usando la fibra de coco como combustible.

Para el comercio hay que tener en cuenta:

- **Proporción:** Por cada diez cocos en fruto se obtiene un kilogramo de fibra.
- **Precio en fruta:** USD\$ 30 promedio por tonelada de coco en fruto.
- **Presentación:** El estándar son pacas de 100 kilogramos.
- **Precio en Fibra:** USD\$ 170 por tonelada de fibra de coco.

A. Mercado mundial

Los mayores productores son los países asiáticos, entre ellos Filipinas, Indonesia y la India. La superficie utilizada en la producción de coco es mayor es mayor en Indonesia con 3, 418,000 Hectáreas.

En términos de productividad, es Mexico el país que mayor volumen de frutos produce por Ha(7,230 frutos / Ha). Tal como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4: Producción mundial de fruto de coco

Filipinas	12'264,000	3'093,000	3,97
Indonesia	11'711,000	3'418,000	3,43
India	10'043,000	1'518,000	6,62
Sri Lanka	2'296,000	419,000	5,48
México	1'097,500	171,103	7,23
Brasil	10'097,500	252,231	4,35
Vietnam	1'010,000	222,000	4,55
Malasia	883,000	315,000	2,80
Tanzania	456,250	310,000	1,47
Costa de Marfil	337,500	48,000	7,03

FUENTE: FAO Statistics, diciembre 2007

Aunque el mayor exportador de fibra de coco es Sri Lanka, India es el primer exportador de productos terminados a base de fibra de coco tipo tapetes, alfombras, geotextiles, etc., tal como se muestra en el cuadro 5. Los países desarrollados son los principales importadores de fibra de coco y de productos terminados (FAO, 2007). Los mercados con futuro son: América del Norte, los países europeos, Australia, Japón y Corea (FAO, 2006).

Cuadro 5: Exportaciones de fibra de coco (Miles de Toneladas)

PAIS	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Sri Lanka	48.53	49.85	50.86	46.82	46.70	44.25
India	1.05	0.89	1.09	1.53	2.05	3.00
Thailand	3.32	4.79	5.11	6.90	7.00	7.00
Filipinas	0.93	1.00	1.82	1.51	0.24	0.25
Indonesia	0.87	0.60	0.03	0.06	0.08	0.08
China Hong Kong	0.58	0.68	0.68	0.60	0.60	0.60
Singapur	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Total Asia	55.58	58.01	59.79	57.62	56.87	55.38

Tanzania	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Otros países de África	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total África	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
México	1.08	1.76	1.94	0.69	0.69	0.69
Venezuela	0.15	0.41	0.03	0.28	1.28	1.30
Total América Latina	1.23	2.17	1.97	0.97	1.97	1.99
Total Mundial	57.01	60.38	61.96	58.79	59.04	57.57

FUENTE: FAO Statistics, diciembre 2007

El mayor productor de fibra de coco sigue siendo la India con 251,000 toneladas anuales, seguido por Sri Lanka con 52,2 mil toneladas y por Tailandia con 9 mil toneladas. **FAO (2007)**.

Los productos tradicionales elaborados a partir de la fibra de coco, como tapetes y alfombras, siguen dominando el mercado de la fibra de coco, como lo demuestra el éxito de los productos de la India (**Chand, 1995**).

A nivel internacional el mercado actual está saturado por la producción de fibra de coco de la India. A pesar de que puede tener varias aplicaciones, no es un producto de alta demanda (**FAO, 2007**).

B. Mercado en América del Sur

En el escenario de América del Sur, Brasil es líder en la producción, llegando a producir el 69,2% de la producción total de coco en el continente, que corresponde a alrededor de 1,1 millones de frutas. Luego, con un volumen más modesto, Venezuela con 220 millones de fruta producida; este país tiene, sin embargo, la tasa más alta de la productividad observado a nivel mundial entre los productores de coco, 10.480 frutos / ha (ver cuadro 06) superior a México.

Cuadro 6: Producción de frutos de coco en América del

Sur.

País	Producción (mil frutos)	Área cosechada (ha)	Productividad (mil frutos / ha)
Brasil	1'097,500	252,531	4,35
Venezuela	220,000	21,000	10,48
Colombia	156,250	29,705	5,26
Guayana	60,000	11,407	5,26
Total	1'586,250	324,624	4,89

 FUENTE: **Silveiro**
(2005)

Los productores de ultramar como, Oceanía y África representan el resto de la producción mundial; en Oceanía, el coco es el principal, si no la única fuente de ingresos de sus países, especialmente de Papua Nueva Guinea, que posee el 50,0% de la producción del continente y 50,0% de los árboles de coco económicamente productivos. En el continente Africano los cultivos de coco son de gran importancia económica para las poblaciones nativas, porque en las últimas décadas, los países han incorporado nuevas áreas para producir coco. Por otra parte, el interés de los centros de investigación y programas de desarrollo patrocinados por los países de dicho continente alienta la entrada de nuevos productores.

III. METODOLOGIA DEL TRABAJO

3.1 LUGAR DE EJECUCION

El estudio se realizó con el Fruto de coco (*cocos nucifera*) variedad enano verde de Brasil y amarillo de Malasia. Estas muestras fueron evaluadas en el laboratorio de Tecnología de Productos Agroindustriales No Alimentos (TEPANAL) de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

3.2 MATERIA PRIMA

Se utilizó como materia prima la cáscara del fruto del coco (*cocos nucifera*) variedad enano verde de Brasil y amarillo de Malasia, procedente de los distritos de Lamas, Tarapoto y Pucacaca, región San Martín (Perú).

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1 Materiales

a) De Laboratorio

- Vasos de precipitación 10, 20, 50, 100, 250, 500 y 1000 ml.
- Matraces Erlenmeyer 250 ml.
- Probetas graduadas 10, 20, 50 y 100 ml.
- Pipetas graduadas.
- Embudos de vidrio pírrex.
- Embudo Büchner.
- Fiolas 100, 200 y 500 ml.
- Baguetas.
- Placas petri.
- Crisoles.
- Papel filtro whatman, N° 12.
- Pinza.
- Cocina Eléctrica: Marca Fisher, modelo 200M.
- Campana desecadora Marca Glaswern werthein.
- Peines desfibadores.
- Regla metálica graduada.

b) De Campo

- Machete.
- Palana.
- Costalillos.
- Libreta de campo.

3.3.2 Reactivos

- Ácido acético glacial ($\text{CH}_3\text{-COOH}$) al 10%.
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 8.3 y 17.5 %.
- Clorito de sodio (NaClO_2).
- Alcohol 95%.
- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) al 72%.
- Sulfito de Sodio (Na_2SO_3).
- Agua destilada.
- Colorante para fibras textiles vegetales, rojo básico 14

3.3.3 Equipos

- Estufa Universal automática marca Mermert, tipo U80, temperatura máxima 254°C. Germany.
- Equipo Soxhlet, marca Pyrex 24/50, 45/50.
- Mufla, THERMOLYNE, 1500 Furnace, modelo FD1520M-1, temperatura máxima 1200°C , 2400 Whatts U.S.A.
- Baño maría, marca Memmert, tipo W-350, temperatura máxima 100°. Germany.
- Balanza analítica DENVER INSTRUMENT COMPANY, Modelo AA 200, capacidad 200 g. Exactitud de 0.1g USA.
- Micrómetro calibrador FEINMESSZEUGFABRIK, de 0 – 25 mm.
- Dinamómetro OMEGA, capacidad máxima 3 Kg.

IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL

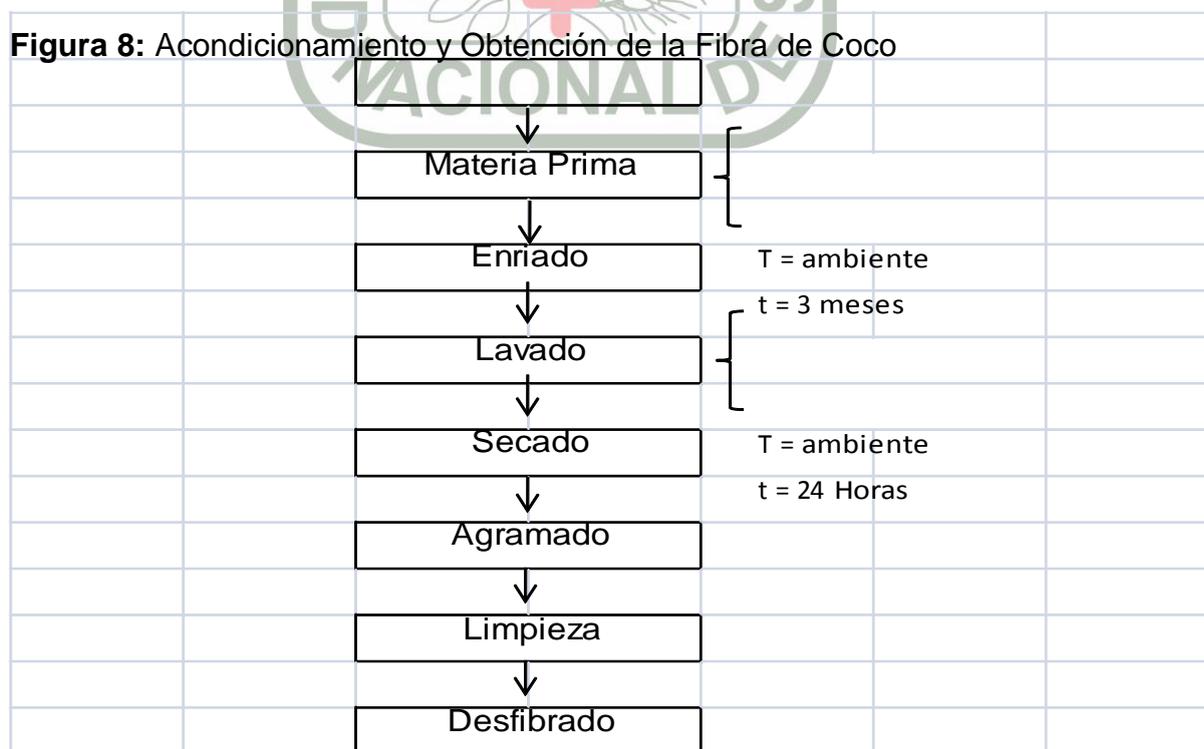
4.1. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

4.1.1 Acondicionamiento y obtención de la fibra de coco

4.1.1.1 Obtención de la fibra

Una vez recolectada la muestra de los tres distritos, se procedió al acondicionamiento de la misma, para luego someterlo al proceso de enriado al rocío. Este proceso se realizó en las siguientes condiciones; temperatura ambiente 21 – 35 °C, suelo húmedo, areno arcilloso. Los frutos, se dividieron en mitades, para luego proceder a separar la parte carnosa de la cáscara y luego enterrarlas en suelo húmedo, el proceso de enriado duró tres meses; una vez cumplido el tiempo se procedió a desenterrar los cascos y separar el polvo de bonote de la fibra, clasificando esta en tres tipos (de relleno, de hilo y de cerda). En la figura 8 se detalla el proceso seguido para la obtención de la fibra de coco (*cocos nucifera*).

Figura 8: Acondicionamiento y Obtención de la Fibra de Coco



Selección

FUENTE: American Society for Testing Material (1990)

4.1.1.2 Descripción del acondicionamiento y obtención de la fibra de coco (Cocos nucifera).

Para el acondicionamiento y obtención de la fibra de coco se procedió de la siguiente manera:

- **Selección**

Esta operación permitió la selección de las dos variedades de coco en sus tres diferentes estados de madurez; fueron obtenidas de los tres distritos antes mencionados, tomándose aleatoriamente tres frutos de cada cinco plantas

- **Enriado**

Las muestras seleccionadas para el presente estudio, fueron enterradas en tierra húmeda por un periodo de tres meses, lo que permitió que las fibras se aflojen producto de la descomposición bacteriana y los azúcares, gomas, pectinas, entre otros, que se encontraban inicialmente en la cáscara.

- **Lavado**

Se realizó con abundante agua con el fin de eliminar los rastros de tierra que se adhirieron a la fibra.

- **Secado**

Se realizó un secado al sol por un periodo de 24 horas día aproximadamente.

- **Agramado**

Se realizó a mano, mediante golpes que permitieron romper las partes descompuestas y separar las fibras.

- **Limpieza**

Se realizó a mano, eliminando el polvo de bonote adherido a la fibra.

- **Desfibrado**

Se procedió a realizar el desfibrado utilizando peine desfibrador obteniéndose fibras de diferentes longitudes y diámetros.

- **Selección**

Se seleccionó los tres tipos de fibra presentes en la cáscara de coco (fibra de relleno, de hilo y de cerda), para sus respectivos análisis.

4.2 ANALISIS QUÍMICO

El análisis químico se realizó con la finalidad de determinar la composición química de la fibra de coco de los tres distritos, dos variedades y tres estadios de madurez, vale indicar que para las propiedades químicas no se hizo determinaciones por tipo de fibra, sólo se tomó las fibras de acuerdo a las variedades, estadio de madurez y lugar de procedencia.

4.2.1 Preparación de fibra libre de extraíbles

La preparación de la muestra de fibra libre de extraíbles se realizó siguiendo las normas: ASTM D1105-56, ASTM D1110-56 y ASTM D1109-56, siguiendo la secuencia de la figura 9. A continuación se explican al detalle los pasos que se siguieron:

- **Materia Prima**

La materia prima, son fibras de la cáscara de coco, tomadas de los tres distritos, las dos variedades y los tres estadios de madurez.

- **Molido**

Se molieron las fibras para permitir la extracción con el solvente.

- **Tamizado**

Se tamizó la muestra utilizando tamiz # 60. ASTM.

- **Pesado**

Se pesaron las fibras en la balanza digital que permitió obtener los valores de muestra inicial.

- **Empacado**

Una vez pesado se empacó las muestras en papel filtro en paquetes de 5 gr. aproximadamente.

- **Extracción**

La extracción se realizó en un equipo soxhlet utilizando como solvente alcohol de 95° por un periodo de 4 horas como lo indican las normas ASTM D1105-56, ASTMD1110-56 y ASTMD1109-56.

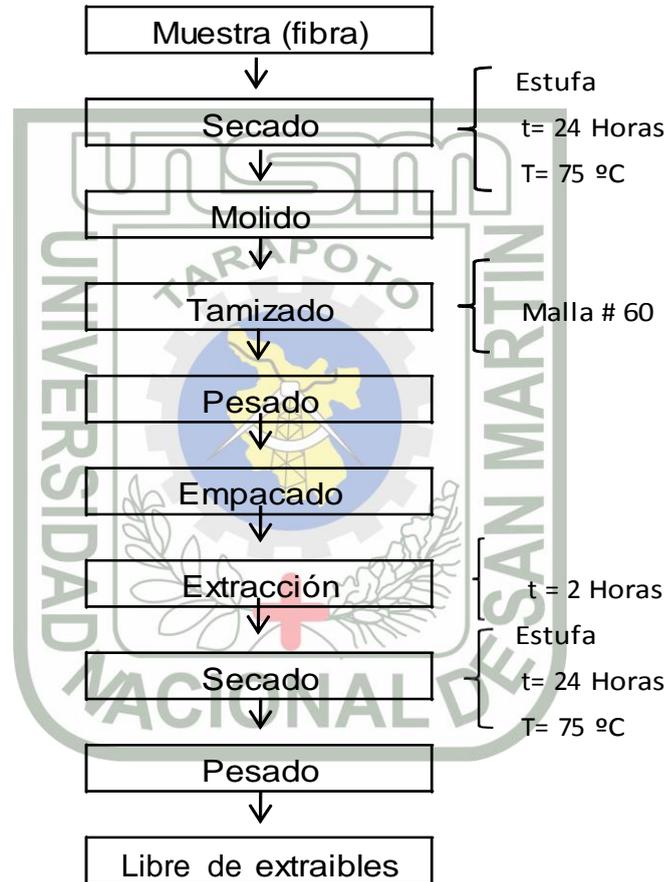
- **Secado**

Se realizó en la estufa a temperatura de $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

▪ **Pesado**

Se obtuvo peso de muestra libre de extraíbles.

Figura 9: Preparación de fibra libre de extraíbles



FUENTE: **American Society for Testing Material (1990)**

4.2.2 Determinación de holocelulosa

La preparación de la muestra de fibra libre de extraíbles se realizó siguiendo las normas: ASTM D1105-56, ASTM D1110-56 y ASTM D1109-56, siguiendo la secuencia de la figura 10. A continuación se explican al detalle los pasos que se siguieron:

▪ **Materia Prima**

La materia prima que se utilizó fue la fibra libre de extraíbles.

▪ **Mezclado**

La muestra pesada es colocada en baño maría y mezclada con agua destilada a temperatura de $67 \pm 3^{\circ}\text{C}$, luego se adicionó clorito de sodio y ácido acético glacial por un periodo de 60 minutos, repitiendo este procedimiento por 3 veces.

▪ **Filtrado/Lavado**

Se procedió al filtrado y lavado con agua destilada caliente y finalmente con agua fría.

▪ **Secado**

Se realizó en la estufa a temperatura de $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

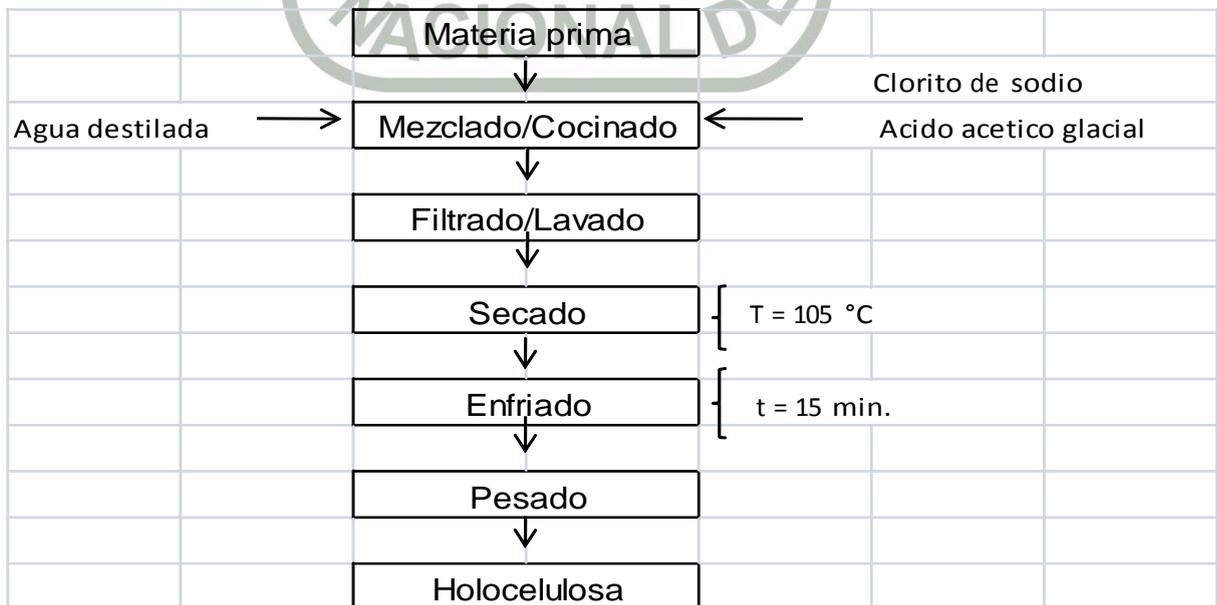
▪ **Enfriado**

Luego del secado se enfrió en la campana desecadora por un periodo de 15 minutos.

▪ **Pesado**

Se obtuvo un peso final o residuo de holocelulosa.

Figura 10: Determinación de holocelulosa



FUENTE: American Society for Testing Material (1990)

4.2.3 Determinación de celulosa en holocelulosa

Para la Determinación de Holocelulosa se siguió el procedimiento de la figura 11. Siendo el detalle lo siguiente:

- **Pesado**

Se obtuvo peso de la muestra libre de extraíbles.

- **Mezclado/Reposado**

Se adicionó hidróxido de sodio (NaOH) al 17.5% a temperatura de 20°C en baño maría agitando constantemente, se dejó reposar la mezcla a temperatura de 20°C por un tiempo total de 45 minutos para el ataque de los reactivos químicos, posteriormente se adicionó Hidróxido de Sodio (NaOH) al 8.37% y el reposo se realizó por una hora.

- **Filtrado/Lavado**

Se filtró la celulosa en un papel filtrante y se hizo un lavado con hidróxido de sodio (NaOH) al 8.3% a temperatura ambiente y luego continúa el lavado con agua destilada.

- **Mezclado**

Luego del filtrado lavado se adicionó ácido acético al 10% a temperatura ambiente.

- **Filtrado/Lavado**

Se realizó con abundante agua destilada hasta que el residuo de celulosa se encuentre libre de ácido.

- **Secado**

Se colocó en la estufa a temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$ hasta peso constante.

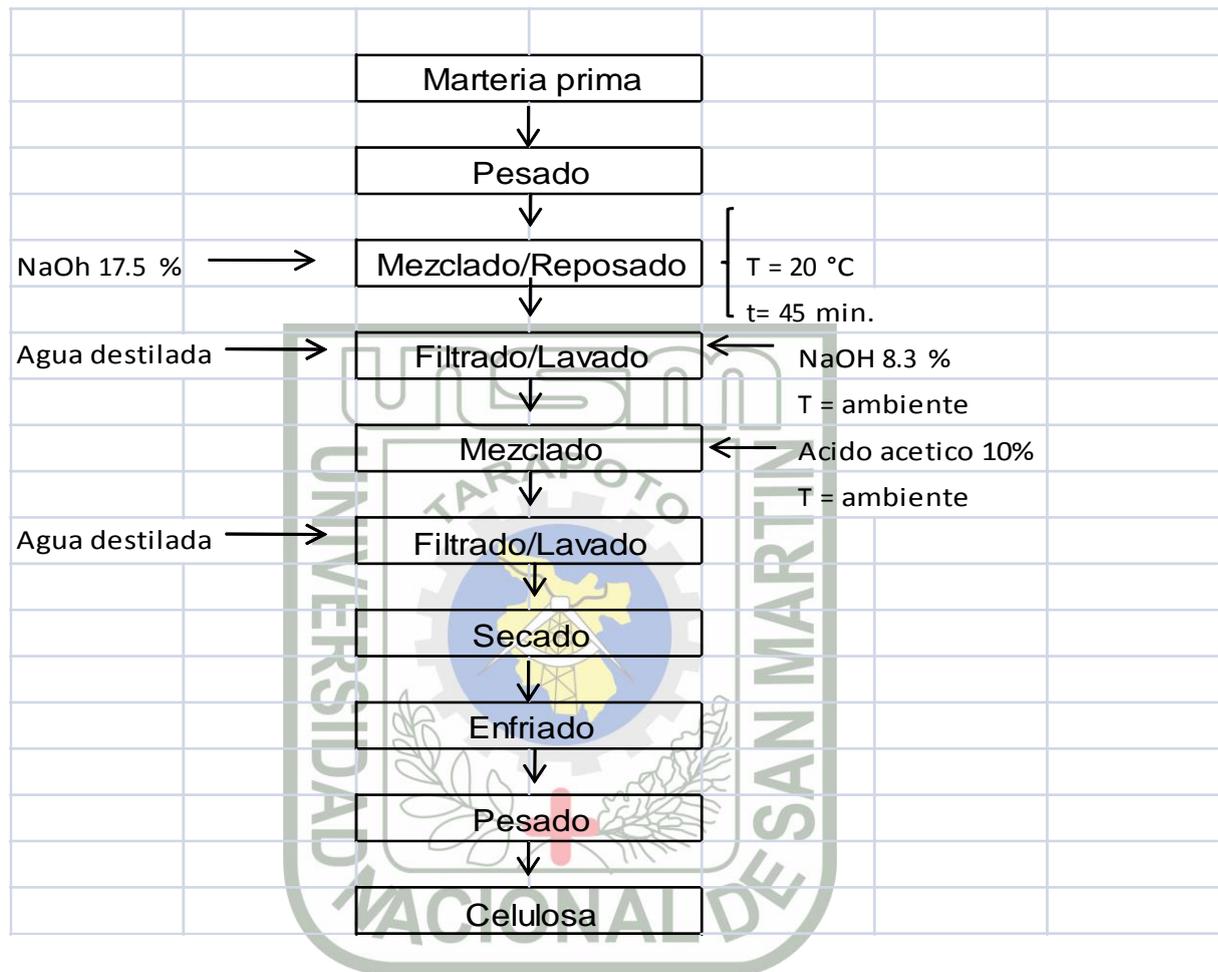
- **Enfriado**

Se llevó a la campana desecadora por un tiempo de una hora.

- **Pesado**

Se obtuvo un peso anhidro del residuo de celulosa según el método descrito.

Figura 11: Determinación de Celulosa en holocelulosa.



FUENTE: American Society for Testing Material (1990)

4.2.4 Determinación de lignina

La Determinación de Lignina Según Klason (Norma ASTM 1106 – 56), se hizo según la figura 12. A continuación se detalla el procedimiento seguido.

- **Pesado**

Se obtuvo peso de la muestra libre de extraíbles.

- **Mezclado/Cocido**

Se mezcló a la muestra con ácido sulfúrico al 72% por un tiempo de 2 horas con agitación frecuente, luego se adicionó ácido sulfúrico al 3% y se cocinó en baño maría por 4 horas.

▪ **Filtrado/Lavado**

Se realizó el filtrado y lavado con agua caliente hasta dejarlo libre de ácido.

▪ **Secado**

Se hizo en estufa a 100 – 105 °C por un tiempo de 2 horas hasta peso constante.

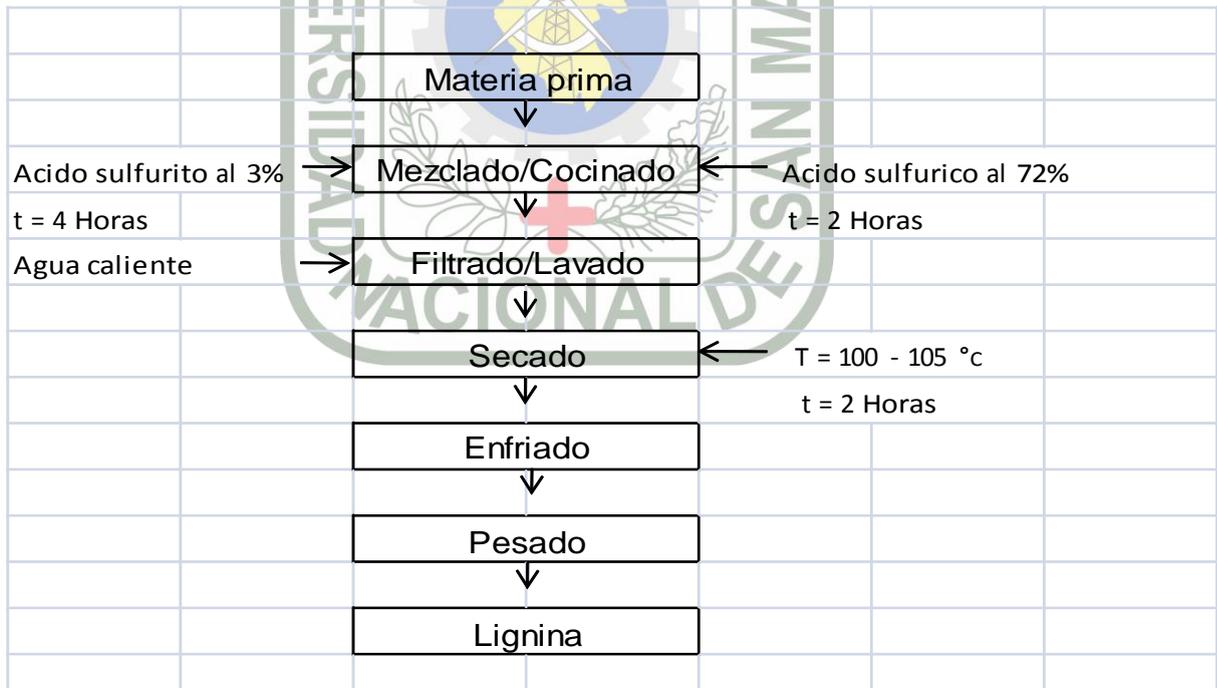
▪ **Enfriado**

Se llevó a cabo en la campana desecadora por un tiempo de 30 minutos.

▪ **Pesado**

Se obtuvo finalmente el peso del residuo de lignina.

Figura 12: Determinación de Lignina



FUENTE: American Society for Testing Material (1990)

4.2.5 Determinación de Cenizas

Para la Determinación de cenizas, se hizo según la figura 13.A continuación se detalla el procedimiento seguido.

▪ **Materia Prima**

La materia prima consistió en fibras de la cáscara de coco (**cocos nucifera**).

▪ **Pesado**

Las fibras de la cáscara de coco fueron pesadas obteniéndose así el peso anhidro.

▪ **Incinerado**

Se realizó la incineración en la mufla a temperatura de 500°C por un tiempo de 2 horas.

▪ **Enfriado**

Se realizó en la campana desecadora por un tiempo de 15 minutos.

▪ **Pesado**

Finalmente se obtuvo el peso de la ceniza.

Figura 13: Determinación de Cenizas.



FUENTE: American Society for Testing Material (1990)

4.3 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS

4.3.1 Determinación de resistencia a la rotura

La prueba de resistencia a la rotura se realizó con la finalidad de determinar cuan resistente es la fibra de coco de los tres distritos, dos variedades, tres estadios de madurez y tres tipos de fibra. Para ello la determinación se realizó

como se muestra en la figura N° 14 y los valores fueron calculados mediante la siguiente fórmula:

$$\phi = (F)/(A)$$

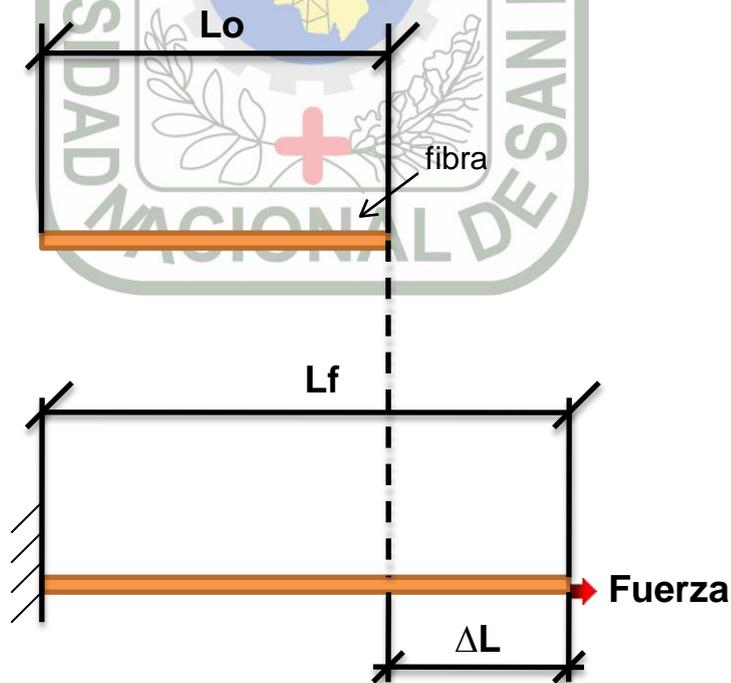
Donde:

ϕ : Resistencia a la rotura [MPa]

F : Fuerza o peso para deformar a la fibra [N]

A : Área transversal [m²]

Figura 14: Diagrama para obtener la resistencia a la rotura.



FUENTE: Elaboración propia

4.3.2 Determinación del Porcentaje de elongación

El resultado de esta evaluación nos indicará la capacidad que tiene el material para deformarse antes de llegar al punto de ruptura del mismo. El porcentaje de elongación se obtiene restando la longitud final de la fibra menos la

longitud inicial del mismo y el resultado se divide entre la longitud inicial y se multiplica por cien. Esto es:

$$\% \text{ de } \frac{Lf - Li}{Li} * 100$$

??????n?????

??n =

Donde:

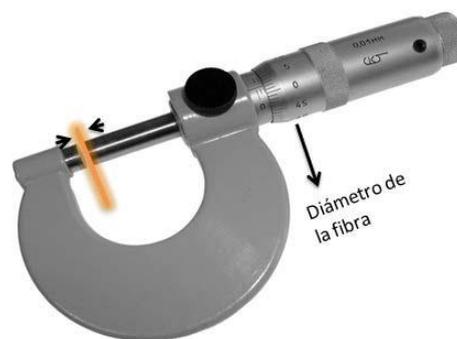
Lf = Longitud final [cm]

Li = Longitud inicial [cm]

4.3.3 Determinación del Diámetro (Métodos Directos)

Las fibras fueron medidas con un instrumento llamado micrómetro, obteniéndose diámetros de diferentes valores milimétricos, como se muestra en la figura 15.

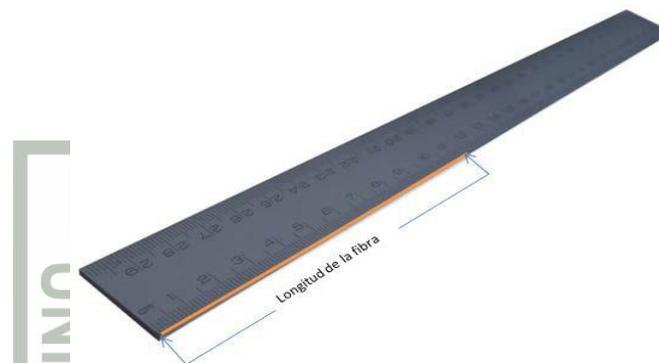
Figura 15: Determinación del diámetro de la fibra



4.3.4 Determinación de la Longitud (Métodos Directos)

Para determinar la longitud de la fibra se tomó desde la base de la fibra y sin estirarla, medimos hasta el extremo; con una regla metálica graduada, como se muestra en la figura 16.

Figura 16: Determinación de la longitud de la fibra



4.4 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE TINCIÓN

La mayoría de los tintes naturales requieren de ciertos fijadores o asistentes para poder teñir, estas sustancias son denominadas mordientes, las mismas que pueden ser de origen natural o químico, y facilitan la fijación del tinte a la fibra, además funcionan como elementos de uniformidad y brillo de color. El mordentado puede realizarse antes o después del teñido e implica generalmente agregar el mordiente en agua caliente junto con la fibra que puede estar o no teñida. Para nuestro análisis se utilizó la tinción por **método directo**, ya que es el método más recomendado para el teñido de fibras vegetales (**Bonilla, 2002**) y como mordiente se utilizó sal (cloruro de sodio) en un 2% del peso total de la fibra.

Para la tinción de la fibra se utilizó dos métodos de tinción:

a) Tinción en frío

Se adicionó 3,0 gramos de colorante en 1 litro de agua fría, luego de disolverlo se procedió a sumergir 5,0 gramos de las fibras por un periodo de 15 minutos, como se muestra en la figura 17.

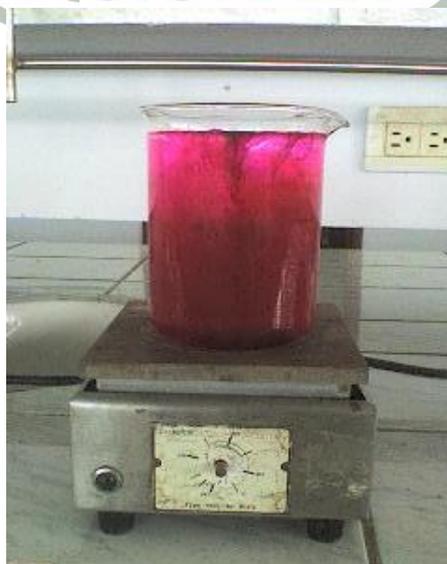
Figura 17: Tinción de la fibra en frío.



b) Tinción en caliente

Se adicionó 3,0 gramos de colorante en un litro de agua hirviendo, se disolvió y luego se sumergió 5,0 gramos de las fibras por un tiempo de 15 minutos, como se muestra en la figura 18.

Figura 18: Tinción de la fibra en caliente.



4.4.1 Prueba de Tinción

Para comprobar la capacidad de tinción de ambos métodos (frío y caliente) se sumergió fibras teñidas y obtenidas de ambos tratamientos en agua destilada

por 24 horas, luego de ello se evaluó las características de éstas. Si el color se mantiene fijo en la fibra o no.

4.5 DISEÑO ESTADISTICO

El diseño experimental utilizado fue un Diseño Completamente Aleatorio (DCA), con un arreglo factorial de 3x3x2 para el caso de los análisis químicos y un 3x3x3x2 para el caso de los análisis físicos y un análisis de varianza con $\alpha=0.05$ de nivel de significancia; de existir diferencia significativa se usa la prueba de DUNCAN para elegir el mejor tratamiento.

Cuadro 7: DCA con arreglo factorial 3x3x2

L1	L2	L3
E1	E2	E3
V1		V2

Leyenda:

Lugar (L)

- L1: Lamas
- L2: Tarapoto
- L3: Pucacaca

Estadio de Madurez (E)

- E1: 6 meses
- E2: 10 meses
- E3: 12 meses

Variedad (V)

- V1: coco enano verde
- V2: coco enano amarillo

Cuadro 8: DCA con arreglo factorial 3x3x3x2

Fr	Fh	Fc
L1	L2	L3
E1	E2	E3
V1		V2

Leyenda:

Fibra (F)

Fr: Fibra de relleno

Fh: Fibra de hilo

Fc: fibra de cerda

Estadio de Madurez (E)

E1: 6 meses

E2: 10 meses

E3: 12 meses

Lugar (L)

L1: Lamas

L2: Tarapoto

L3: Pucacaca

Variedad (V)

V1: coco enano verde

V2: coco enano amarillo



V. RESULTADOS

5.1 ANALISIS QUÍMICOS DE LA FIBRA DE COCO (*Cocos nucifera*)

El análisis se realizó para conocer la composición química de la fibra, obteniéndose resultados de los tres lugares (Lamas, Tarapoto y Pucacaca), las dos variedades (coco enano verde y amarillo); variedades verde de Brasil y amarillo de Malasia; y los tres estadios de madurez (6,10 y 12 meses).

5.1.1 Resultados del análisis químico

Los resultados en porcentajes de los análisis químicos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 9: Resultados promedio del análisis químico.

TRATAMIENTO	Extraíbles	Ceniza	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa
L1V1E1	10.86	2.47	43.71	40.9	2.1
L1V1E2	10.88	2.86	44.58	36	5.7
L1V1E3	10.91	3	46.65	35	4.4
L1V2E1	7.01	2.83	48.97	43.1	1.9
L1V2E2	7.25	2.66	46.64	41.8	1.7
L1V2E3	8.8	2.4	50.24	37.8	0.8
L2V1E1	1.53	2.51	37.28	43.8	7.2
L2V1E2	3.58	2.72	46.73	40.9	6.1
L2V1E3	8.11	3.02	47.35	35.2	6.3
L2V2E1	6.12	2.92	42.69	44.8	3.5
L2V2E2	6.91	2.73	48.09	41.5	0.8
L2V2E3	7.13	2.51	51.52	35.7	3.1
L3V1E1	4.44	2.54	46.49	43.2	3.3
L3V1E2	5.61	2.76	47.66	42.9	1.1
L3V1E3	8.69	3.15	47.53	39.8	0.8
L3V2E1	6.91	2.58	47.61	43.7	0.8
L3V2E2	7.1	2.24	46.68	40.8	3.2
L3V2E3	7.72	1.93	46.48	39.6	4.3

5.2 ANALISIS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LA FIBRA DE COCO (*cocos nucifera*)

5.2.1 Resultados de la Resistencia a la Rotura

Los resultados obtenidos en la prueba de resistencia a la rotura se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10: Determinación de la resistencia a la rotura

TRATAMIENTO	RESISTENCIA A LA ROTURA (Mpa)	AREA TRANSVERSAL (mm ²)	FUERZA DE ROTURA (N)
L1V1E1Fr	118	0.00011	0.00111
L1V1E1Fh	175	0.00023	0.00223
L1V1E1Fc	162	0.00031	0.00308
L1V1E2Fr	110	0.00018	0.00173
L1V1E2Fh	160	0.00025	0.00250
L1V1E2Fc	149	0.00038	0.00373
L1V1E3Fr	100	0.00023	0.00223
L1V1E3Fh	152	0.00031	0.00308
L1V1E3Fc	136	0.00042	0.00407
L1V2E1Fr	119	0.00011	0.00111
L1V2E1Fh	172	0.00028	0.00278
L1V2E1Fc	170	0.00038	0.00373
L1V2E2Fr	106	0.00013	0.00130
L1V2E2Fh	169	0.00028	0.00278
L1V2E2Fc	163	0.00035	0.00340
L1V2E3Fr	97	0.00015	0.00151
L1V2E3Fh	154	0.00031	0.00308
L1V2E3Fc	146	0.00049	0.00481
L2V1E1Fr	115	0.00010	0.00093
L2V1E1Fh	170	0.00020	0.00197
L2V1E1Fc	170	0.00035	0.00340
L2V1E2Fr	105	0.00020	0.00197
L2V1E2Fh	162	0.00025	0.00250
L2V1E2Fc	149	0.00045	0.00444
L2V1E3Fr	99	0.00025	0.00250
L2V1E3Fh	138	0.00031	0.00308
L2V1E3Fc	140	0.00049	0.00481
L2V2E1Fr	122	0.00011	0.00111
L2V2E1Fh	175	0.00023	0.00223
L2V2E1Fc	167	0.00031	0.00308
L2V2E2Fr	104	0.00011	0.00111
L2V2E2Fh	164	0.00028	0.00278
L2V2E2Fc	158	0.00042	0.00407
L2V2E3Fr	99	0.00015	0.00151
L2V2E3Fh	155	0.00038	0.00373

L2V2E3Fc	149	0.00049	0.00481
L3V1E1Fr	110	0.00013	0.00130
L3V1E1Fh	168	0.00018	0.00173
L3V1E1Fc	160	0.00038	0.00373
L3V1E2Fr	100	0.00011	0.00111
L3V1E2Fh	151	0.00020	0.00197
L3V1E2Fc	151	0.00042	0.00407
L3V1E3Fr	98	0.00015	0.00151
L3V1E3Fh	149	0.00028	0.00278
L3V1E3Fc	143	0.00045	0.00444
L3V2E1Fr	126	0.00011	0.00111
L3V2E1Fh	173	0.00023	0.00223
L3V2E1Fc	173	0.00038	0.00373
L3V2E2Fr	109	0.00011	0.00111
L3V2E2Fh	169	0.00028	0.00278
L3V2E2Fc	157	0.00045	0.00444
L3V2E3Fr	100	0.00018	0.00173
L3V2E3Fh	150	0.00035	0.00340
L3V2E3Fc	153	0.00049	0.00481

5.2.2 Resultados del Porcentaje de Elongación

Los resultados obtenidos en la determinación del porcentaje de elongación se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11: Determinación del porcentaje de elongación

TRATAMIENTO	% ELONGACION	LONGITU INICIAL (Li)	LONGITUD FINAL (Lf)
L1V1E1Fr	20	4.4	5.3
L1V1E1Fh	28	12.5	16.0
L1V1E1Fc	23	17.5	21.5
L1V1E2Fr	19	6.1	7.3
L1V1E2Fh	27	14	17.8
L1V1E2Fc	23	17.6	21.6
L1V1E3Fr	17	7.5	8.8
L1V1E3Fh	19	14.8	17.6
L1V1E3Fc	21	19.1	23.1
L1V2E1Fr	20	4.6	5.5
L1V2E1Fh	26	12.9	16.3
L1V2E1Fc	22	18.6	22.7
L1V2E2Fr	19	6.1	7.3
L1V2E2Fh	28	15.3	19.6
L1V2E2Fc	21	18	21.8

L1V2E3Fr	19	7.5	8.9
L1V2E3Fh	21	15.9	19.2
L1V2E3Fc	22	18.2	22.2
L2V1E1Fr	23	5.6	6.9
L2V1E1Fh	28	16	20.5
L2V1E1Fc	29	18.2	23.5
L2V1E2Fr	19	6.9	8.2
L2V1E2Fh	30	7.5	9.8
L2V1E2Fc	25	22	27.5
L2V1E3Fr	22	8.6	10.5
L2V1E3Fh	26	18.4	23.2
L2V1E3Fc	31	22	28.8
L2V2E1Fr	19	5.7	6.8
L2V2E1Fh	30	15.9	20.7
L2V2E1Fc	29	18.6	24.0
L2V2E2Fr	20	6.9	8.3
L2V2E2Fh	28	15.4	19.7
L2V2E2Fc	24	21.6	26.8
L2V2E3Fr	30	8.34	10.8
L2V2E3Fh	29	18.3	23.6
L2V2E3Fc	27	22	27.9
L3V1E1Fr	20	6.1	7.3
L3V1E1Fh	29	13.6	17.5
L3V1E1Fc	26	19.1	24.1
L3V1E2Fr	22	6.5	7.9
L3V1E2Fh	27	15.4	19.6
L3V1E2Fc	23	19.5	24.0
L3V1E3Fr	20	7.6	9.1
L3V1E3Fh	24	16.2	20.1
L3V1E3Fc	21	20.8	25.2
L3V2E1Fr	31	6.1	8.0
L3V2E1Fh	27	14.1	17.9
L3V2E1Fc	25	19.9	24.9
L3V2E2Fr	28	6.6	8.4
L3V2E2Fh	27	17.3	22.0
L3V2E2Fc	24	19.7	24.4
L3V2E3Fr	22	8.06	9.8
L3V2E3Fh	24	16.3	20.2
L3V2E3Fc	20	21.5	25.8

5.2.3 Resultados de los Análisis Físicos y Mecánicos

Los resultados promedios obtenidos en los análisis físicos se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12: Resultados promedios de los análisis físicos y mecánicos.

TRATAMIENTO	LONGITUD (cm)	FINURA (μ)	ELONGACION (%)	RESISTENCIA A LA TRACCION (MPa)
L1V1E1Fr	4.4	12	20	118
L1V1E1Fh	12.5	17	28	175
L1V1E1Fc	17.5	20	23	162
L1V1E2Fr	6.1	15	19	110
L1V1E2Fh	14.0	18	27	160
L1V1E2Fc	17.6	22	23	149
L1V1E3Fr	7.5	17	17	100
L1V1E3Fh	14.8	20	19	152
L1V1E3Fc	19.1	23	21	136
L1V2E1Fr	4.6	12	20	119
L1V2E1Fh	12.9	19	26	172
L1V2E1Fc	18.6	22	22	170
L1V2E2Fr	6.1	13	19	106
L1V2E2Fh	15.3	19	28	169
L1V2E2Fc	18.0	21	21	163
L1V2E3Fr	7.5	14	19	97
L1V2E3Fh	15.9	20	21	154
L1V2E3Fc	18.2	25	22	146
L2V1E1Fr	5.6	11	23	115
L2V1E1Fh	16.0	16	28	170
L2V1E1Fc	18.2	21	29	170
L2V1E2Fr	6.9	16	19	105
L2V1E2Fh	7.5	18	30	162
L2V1E2Fc	22.0	24	25	149
L2V1E3Fr	8.6	18	22	99
L2V1E3Fh	18.4	20	26	138
L2V1E3Fc	22.0	25	31	140

L2V2E1Fr	5.7	12	19	122
L2V2E1Fh	15.9	17	30	175
L2V2E1Fc	18.6	20	29	167
L2V2E2Fr	6.9	12	20	104
L2V2E2Fh	15.4	19	28	164
L2V2E2Fc	21.6	23	24	158
L2V2E3Fr	8.34	14	30	99
L2V2E3Fh	18.3	22	29	155
L2V2E3Fc	22.0	25	27	149
L3V1E1Fr	6.1	13	20	110
L3V1E1Fh	13.6	15	29	168
L3V1E1Fc	19.1	22	26	160
L3V1E2Fr	6.5	12	22	100
L3V1E2Fh	15.4	16	27	151
L3V1E2Fc	19.5	23	23	151
L3V1E3Fr	7.6	14	20	98
L3V1E3Fh	16.2	19	24	149
L3V1E3Fc	20.8	24	21	143
L3V2E1Fr	6.1	12	31	126
L3V2E1Fh	14.1	17	27	173
L3V2E1Fc	19.9	22	25	173
L3V2E2Fr	6.6	12	28	109
L3V2E2Fh	17.3	19	27	169
L3V2E2Fc	19.7	24	24	157
L3V2E3Fr	8.06	15	22	100
L3V2E3Fh	16.3	21	24	150
L3V2E3Fc	21.5	25	20	153

5.3 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE TINCION

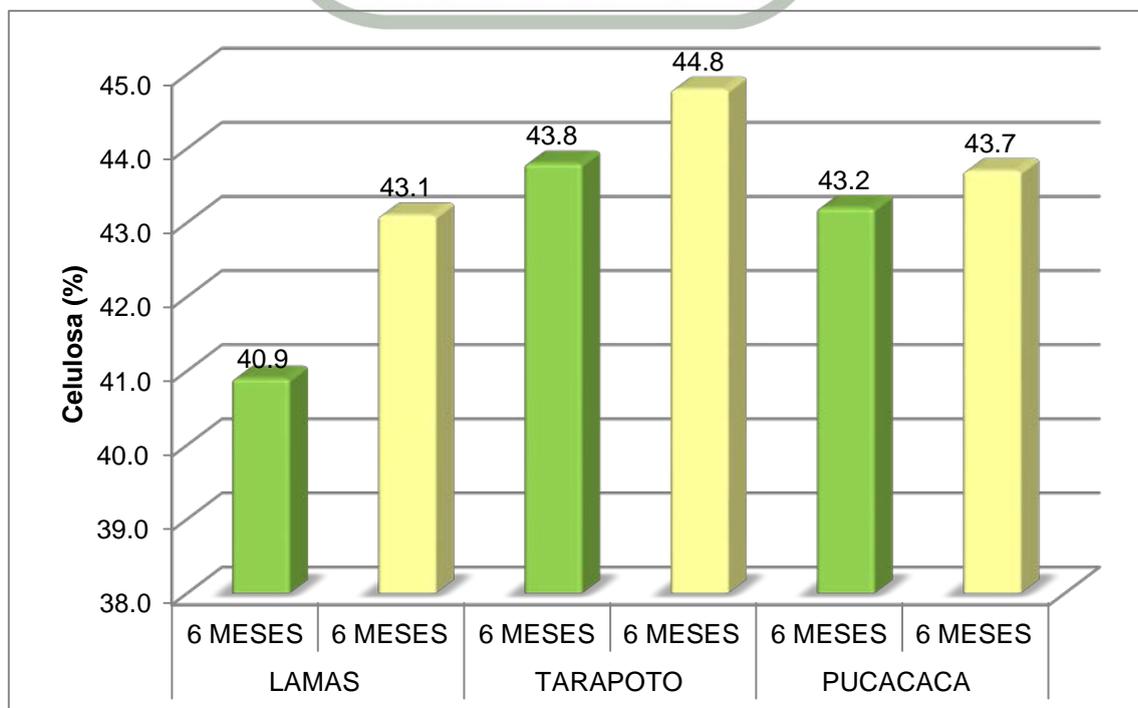
VI. DISCUSIONES

6.1 ANÁLISIS QUÍMICO:

El análisis químico contribuyó a determinar la composición estructural de las fibras de coco, como son el porcentaje de celulosa, lignina, hemicelulosa y cenizas de dos variedades (verde de Brasil y amarillo de Malasia) en sus tres estadios de madurez (6, 10 y 12 meses), procedente de los distritos de Lamas, Tarapoto y Pucacaca. Como se muestra en los anexos 1,2 y 3.

La celulosa es el componente químico más importante de la fibra ya que le confiere resistencia, durabilidad y mayor elasticidad, características importantes para obtener una fibra de buena calidad; en la figura 19 se muestra los porcentajes más altos de celulosa obtenidos del análisis efectuado a la fibra de coco en sus tres estadios de madurez, tres lugares de procedencia y dos variedades.

Figura 19: Comparación del porcentaje de celulosa en la fibra de coco en los tres distritos, tres estados de madurez y dos variedades.



Las fibras de cascara de coco de las dos variedades verde de Brasil y amarillo de Malasia, tiene un porcentaje menor de celulosa, según cuadro N° 14 mientras que el contenido de lignina es muy alto, aproximadamente cuatro veces más que los valores existentes del yute y el sisal, teniendo un comportamiento singular frente a otras fibras, la cantidad de lignina varía en función de la edad del fruto, siendo un porcentaje promedio 40% encontrada en fibras jóvenes con 6 meses de madurez aproximadamente, y de aproximadamente 50% en frutos maduros de 12 meses de madurez.

El porcentaje de celulosa disminuye a medida que el fruto va madurando ya que parte de la celulosa presente inicialmente se va transformando en suberina (corcho) y en lignina (Assis, 2005).

Cuadro 14: Cuadro comparativo de la composición química de las fibras vegetales.

Fuente de fibra	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Ceniza (%)
Coco enano verde de Brasil	43.8	7.2	45.0	2.5
Coco enano amarillo de Malasia	44.8	3.5	42.7	2.9
Algodón	82.7	5.7	-	NA
Yute	64.4	12.0	11.8	NA
Ramio	68.6	12.1	0.6	NA
Sisal	65.8	12.0	9.9	NA

FUENTE: Reddy & Yang, 2005, Bledzki & Gassan 1999, Khedari et al. 2005, Toledo Filho et al. 2004, Van Dam et al. 2004.

* NA: No encontrado

En los tratamientos:

Celulosa:

De acuerdo al análisis de varianza efectuado:

- No existe diferencia significativa entre las muestras obtenidas de los diferentes lugares.
- No existen diferencias significativas entre las variedades.
- No existe diferencia significativa entre los grados de madurez.

A pesar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos la muestra que más se destaca es la Enano amarillo de Malasia de 6 meses de Madurez perteneciente al distrito de Tarapoto

6.2 ANALISIS FÍSICOS Y MECÁNICOS:

El análisis físico determinó las propiedades de longitud y finura, de los tres tipos de fibra de coco (relleno, hilo, cerda), de las dos variedades (verde de Brasil y amarillo de Malasia) en sus tres estadios de madurez (6, 10 y 12 meses), procedente de los distritos de Lamas, Tarapoto y Pucacaca. Como se muestra en los anexos_____

El análisis Mecánico determinó las propiedades de elongación y resistencia a la tracción, de los tres tipos de fibra de coco (relleno, hilo, cerda), de las dos variedades (verde de Brasil y amarillo de Malasia) en sus tres estadios de madurez (6, 10 y 12 meses), procedente de los distritos de Lamas, Tarapoto y Pucacaca. Como se muestra en los anexos_____

De acuerdo al cuadro N° 12, los valores de elongación son muy cercanos, con excepción de las fibras de algodón y de coco, este último con valores hasta de 4 veces mayores que las encontradas para el algodón, y alrededor de ocho a veinte veces con los valores de las otras fibras.

La fibra de coco tiene un elevado porcentaje de elongación, pero un bajo valor de resistencia a la tracción y con una finura intermedia con respecto a

las demás fibras elementales, en cuanto a la longitud; es más corta que de la fibra de algodón (**Bledzki & Gassan, 1999**).

Cuadro 15: Cuadro comparativo de las propiedades mecánicas de las fibras naturales.

Fibra	Longitud (mm)	Elongación (%)	Resistencia a la tracción (MPa)	Finura (μ)
Coco enano verde de Brasil	184	30	175	15
Coco enano amarillo de Malasia	183	30	175	17
Algodón	10 - 65	7.0 - 8.0	287-597	1 - 22
Yute	1000-4000	1.5-1.8	393-773	17-20
Ramio	1900	3.6-3.8	400-938	25-30
Sisal	1000	2.0-2.5	511-635	200 - 400

FUENTE: **Bledzki & Gassan, 1999**

6.3 CAPACIDAD DE TINCION:

La capacidad de tinción se determinó utilizando dos métodos de tinción como son la tinción en frío y en caliente aplicando colorante tipo básico que de acuerdo a la bibliografía es ideal para fibras vegetales.

El cuadro N° 13 indica las diferencias que se dieron en los resultados obtenidos de los dos métodos de tinción: En frío y en caliente.

Durante el proceso de teñido, la fibra se sumerge en el tinte y se hace hervir, la agitación es necesaria para permitir la penetración del tinte en la fibra; logrando que éste se fije mejor y no se decolore a diferencia de la tinción en frío en la que el tinte solo se impregna superficialmente sin lograr penetrar en la fibra.

Los colorantes son específicos para la composición química de la fibra (celulosa, queratina, fibroina, sintéticos), de acuerdo a dicha composición se sabrá qué tipo de colorante se debe utilizar (ácido, básico, neutro, a la tina, entre otros).

Cuadro 16: Cuadro comparativo de colorantes directos

TIPO DE COLORANTE	Tiñen fibra vegetal	Tiñen fibra animal
Básicos	si	si
Ácidos	no	si

FUENTE: **Bonilla, 2002**

Las diferencias pueden darse en el tratamiento previo de la fibra para el teñido, es decir, lavado y desengrasado para eliminar la suciedad, pigmentos como clorofila y ceras; esto dependerá del tipo de fibra y colorante a utilizar. Para teñir nuestra fibra se utilizó un colorante directo tipo básico (rojo básico 13) que según el cuadro 14, es adecuado para el teñido de fibras vegetales.

VII. CONCLUSIONES

- La calidad de la fibra está representada de acuerdo al porcentaje de celulosa que se encuentra en esta; el mayor porcentaje de celulosa se encontró en la variedad enano amarillo de Malasia (44.8%) de 6 meses de madurez procedente del distrito de Tarapoto.
- La fibra de hilo es la más rentable ya que se encuentra en mayor porcentaje en el fruto (60%) y gracias a que es una fibra de fácil hilado tiene mayor demanda siendo utilizada en la elaboración de cuerdas, tapetes entre otros.
- De acuerdo a los análisis efectuados, la mejor fibra es la de hilo, con 6 meses de madurez, de mayor calidad puesto que tiene el mayor porcentaje de celulosa (44.8%) de la variedad amarillo de Malasia, perteneciente al distrito de Tarapoto en comparación con las demás fibras analizadas.
- En cuanto a las propiedades físicas y mecánicas esta fibra también presenta buenos resultados en comparación con las demás fibras; longitud (15.89cm), finura (17μ), resistencia a la tracción (175MPa) y porcentaje de elongación (30%).
- Para la tinción de la fibra, la tinción en caliente fija mejor el colorante evitando de esta manera que la fibra se decolore; los colorantes directos de tipo básico son adecuados para la tinción, ya que las fibras presentan un teñido uniforme, con buena solidez a la luz, lavado y manchado.

VIII. RECOMENDACIONES

- En nuestra región no está siendo aprovechado totalmente al fruto de coco, por lo que es necesario difundir en la población, sobre las alternativas de uso, además de la pulpa, de las otras partes del fruto, con fines de industrialización.
- Se sugiere aprovechar los desperdicios del coco para desarrollar empresas en distintos rubros industriales. Ya que son pocos los negocios que explotan esta materia prima.
- La fibra de coco es un material que puede y debe utilizarse en la región San Martín ya que tiene múltiples usos, dándole un mayor valor agregado a la planta e incrementando de esta manera los ingresos de los productores y comercializadores del fruto. contribuyendo así al desarrollo de la pequeña empresa generando nuevos puestos de trabajo, incentivando de esta manera al cultivo de coco para masificar la producción.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **ASSIS, P. (2005)**, Tesis: Destinação sustentável de cascas de coco (cocos nucifera) verde ontensão de telhas e chapas de partículas. Universidade Federal de Rio de Janeiro, COPPE.
2. **ASTM (1990)**, American Society for Testing Material.
3. **BENITEZ, L.; HERNANDEZ, S.; LOPEZ, V.; REYES, C. (2009)**. Tesis: Exportación de la fibra de coco mediante crédito documentario al mercado español. Instituto Politécnico Nacional. México.
4. **BORTOFT, P. y BALSLEV H. (1993)** Palmas útiles: Especies ecuatoriales para agroforestería y extratictismo.
5. **BLEDZKI, A.** “Composites reinforced whit cellulose based fibres” Progress in palymer science, v.24, pp. 221-274, 1999.
6. **CASEY, J.P. (1978)**, Pulpa y papel Vol. I y II Química y Técnica QuímicaEditorial LIMUSA. Barcelona – España.
7. **Centro Regional de ayuda Técnica (1965)**, Fibras Vegetales y su Producción en América. Tercera edición – AID – México.
8. **CEPCOCO Michoacan (2008)**. Boletín informativo “Descripción, botánica y desarrollo del coco” [en línea]. Disponible en ITF (<http://www.cocomichoacan.con>).
9. **CHAND, V. (1995)**. Market development and promotion od selected coconut husk products from India y Sri Lanka. Report of CFC project ITC/DPM/95/57.
10. **CHAPINGO (2002)**. Manejo de la Palma de Coco (*cocos nucifera*) en México. Serie ciencias forestales y ambiente vol 8 pp 39 – 48.

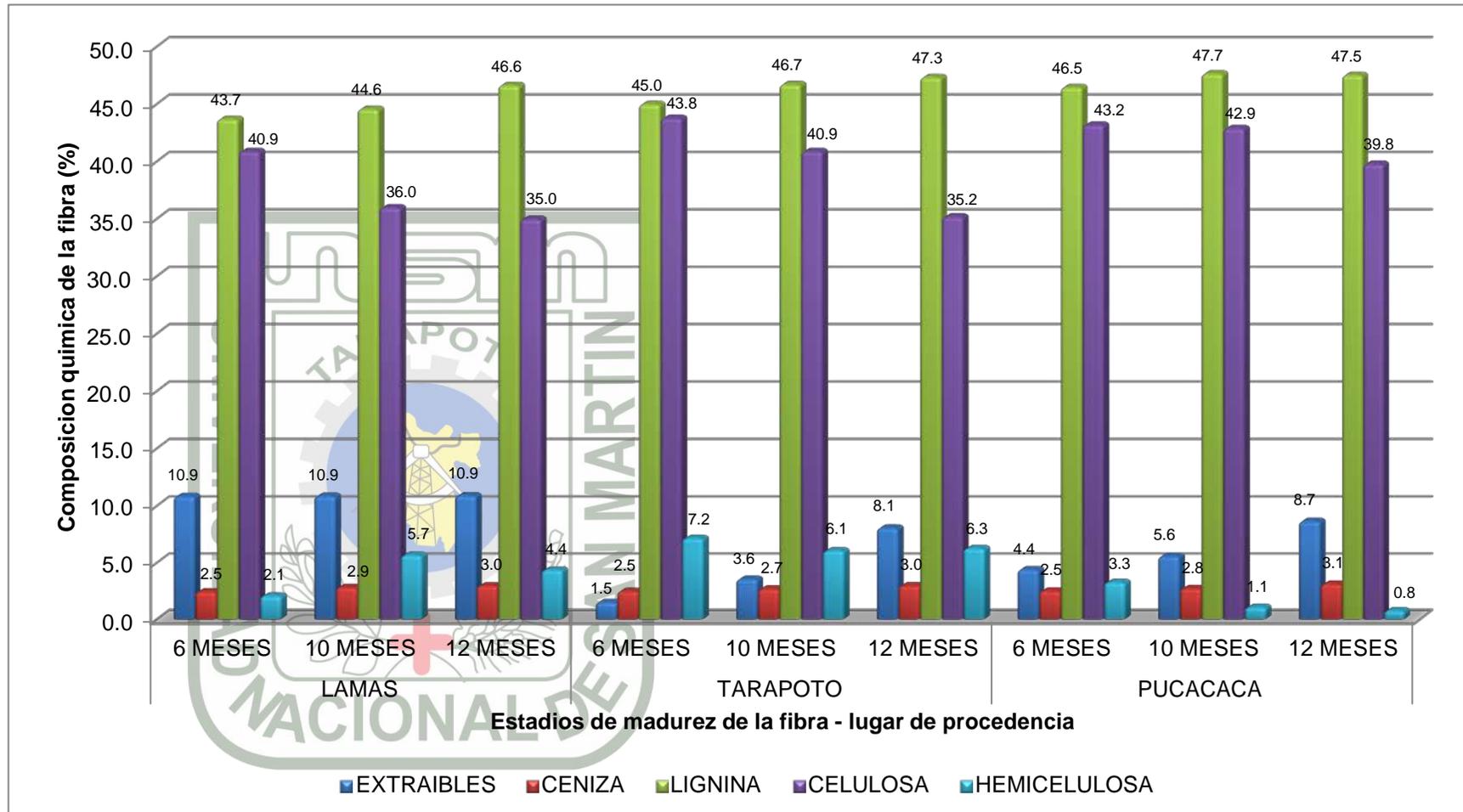
11. **DANTAS, B.; LIMA, F.; SANTIAGO, B. y FERNANDES, M., (2005).** Desenvolvimento de projeto para produção de fibra de coco com inovação de tecnologia limpa e geração de energia. Revista Analytica. Fevereiro / Março 2005 N° 15. Universidade Federal do Rio Grande do Norte 56-62.
12. **FAO (2004).** “Producción Mundial de Coco”. [en línea]. Disponible en ITF (<http://apps.fao.org>)
13. **FAO (2006).** “Principales Países Importadores de coco”. [en línea]. Disponible PDF (<http://fao.org>)
14. **FRUTAL ES. (2003).** “Boletín de Mercado del Coco”. [en línea]. Disponible en ITF (<http://conamype.gop.sv>).
15. **FUNDACION HONDUREÑA DE INVESTIGACION AGRICOLA (FHIA), (2008).** Manual técnico del cultivo del cocotero (*cocos nucifera L.*). Honduras.
16. **GONZALES, A. M. (2001),** “ Uso de las fibras” Argentina [en linea] (<http://www.biologia.edu.ar>), 2008.
17. **GUERRERO, J. (1997),** Tesis maestría: Determinación de polifenoles curtientes entre especies forestales peruanas. Uchile. Santiago de Chile.
18. **HARRIES, H. G. (1971).** Coconut varieties in America Oleagineux 26: 235 – 242.
19. **HOLLEN. N., SADDLER. J. y LANGFORD. A. (1987),** Introducción a los textiles. Editorial Limusa, Mexico.

20. **HILL, A. F. (1965)**, Botánica Económica – Plantas útiles y Productos vegetales. Editorial OMEGA S.A. Barcelona – España
21. **HOEFNAGELS, F. (1994)**. Coir fibre geotextiles and thermal insulation material; synergism of environmental protection and development cooperation. CREM report for the Dutch Ministry of Housing, Physical planning and Environment (VROM), Amsterdam, The Netherlands.
22. **INFOAGRO.COM (2006)**. “Variedades de Coco en el Mundo”. [en línea].
Disponible en ITF (<http://infoagro.com>).
23. **KHEDARI, J.** “Development of fiber-based soli-cement block with low thermal conductivity” Cement and concrete composites. V27, n.1, pp. 111-116, enero 2005.
24. **LIBBY, E. (1980)**, Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel, Editorial continental S.A. Mexico.
25. **LINK, P. (1949)**, Fibras textiles. Editorial Jorman – Argentina
26. **Mathew, Minnie (2003)**. “Boletín de Mercado del coco” [en línea].
Disponible en PDF (<http://orton.catie.ac.cr>)
27. **MAX, David (2000)**, Chemistry Department, University of Scraton [en línea]. Disponible en PDF
(academic.uofs.edu/faculty/CANNM1/inorganic/inorganicmodulespan.html)
28. **Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2001)**. “Taller de Asistencia Técnica y Capacitación – Aprovechamiento Agroindustrial del Coco”. [en línea]. Disponible en PDF (<http://promer.cl>)

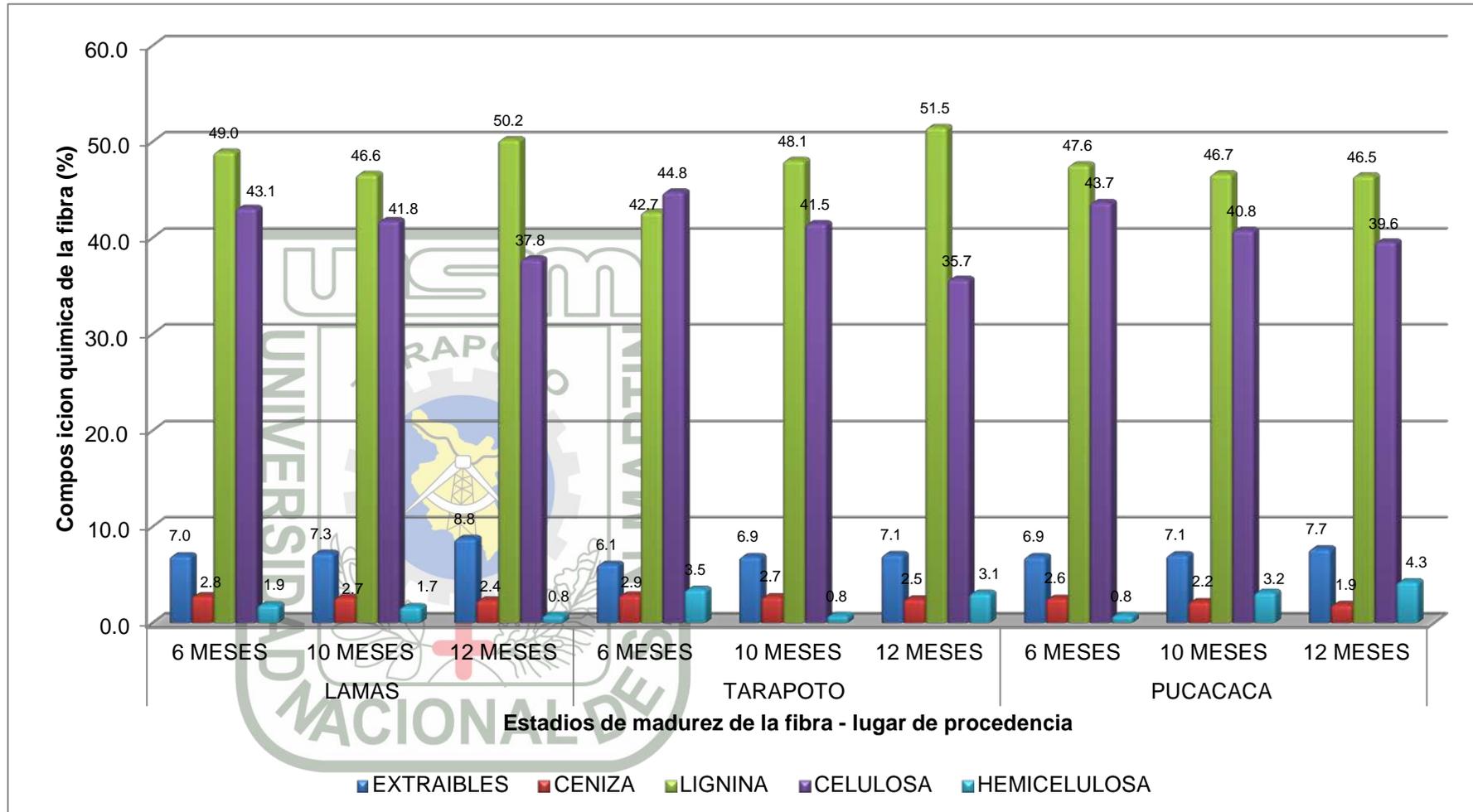
29. **Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2005).** “Perfil de Producto Coco”. [en línea]. Disponible en PDF (<http://mag.gob.sv>)
30. **OHLEER, J. (1986),** El cocotero árbol de la vida, estudio FAO: Producción y protección vegetal. Documento 57. FAO, Roma
31. **ORINWOOD, B. (2001).** “Los Productos del Cocotero” [en línea]. Disponible en PDF (<http://promer.cl>)
32. **Programa Nacional de Frutas del MAG. (2007).** “Boletín de mercado del coco” [en línea]. Disponible en PDF (<http://orton.catie.ac.cr>)
33. **RAKINTANA, M. (1995),** Fibras vegetales en el mundo. Editorial Trillas – México
34. **REDDY, N., YANG, Y.** “Biofiber from agricultural by products for industrial applications”. Trends in biotechnology, v.23, n.1, pp 22 – 27, enero 2005.
35. **ROBLES, R. (1989),** Producción de Oleaginosas y Textiles. Editorial Limusa – México
36. **SILVEIRO, R. (2005).** Cultura do coco no Brasil: Caracterização do mercado de actual y perspectiva futura. Sociedad brasileira de economia e sociología rural. Brasil.
37. **TOLEDO, R. N** “Free, restrained and drying shrinkage of cement motor composites reinforced with vegetable fibre”. Cement and concrete composites, In press, 2004.
38. **VAN DEM, Oever (2004).** “Production process for high density high performance binderless board from whele coconuthusk” Industrial crops and products, V.20, n.1, pp 97 – 101, Julio 2004 a.
39. **ZAMORA, Antorio (2008),** Scientific psychic [en linea] Disponible en ITF (<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos2html>)



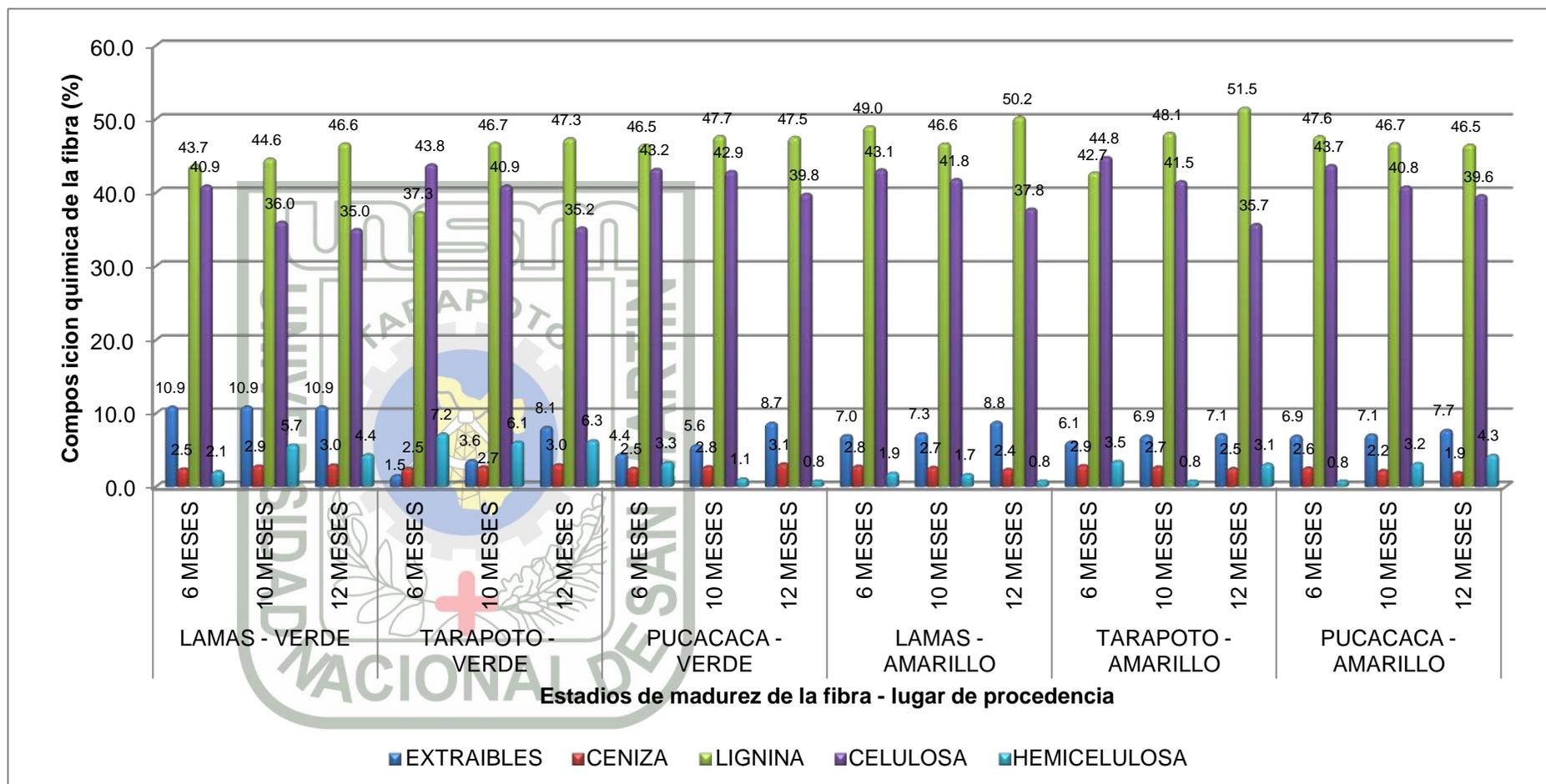
Anexo 1: Variación del porcentaje de composición química en la fibra de coco en los diferentes estados de madurez - variedad enano verde de Brasil.



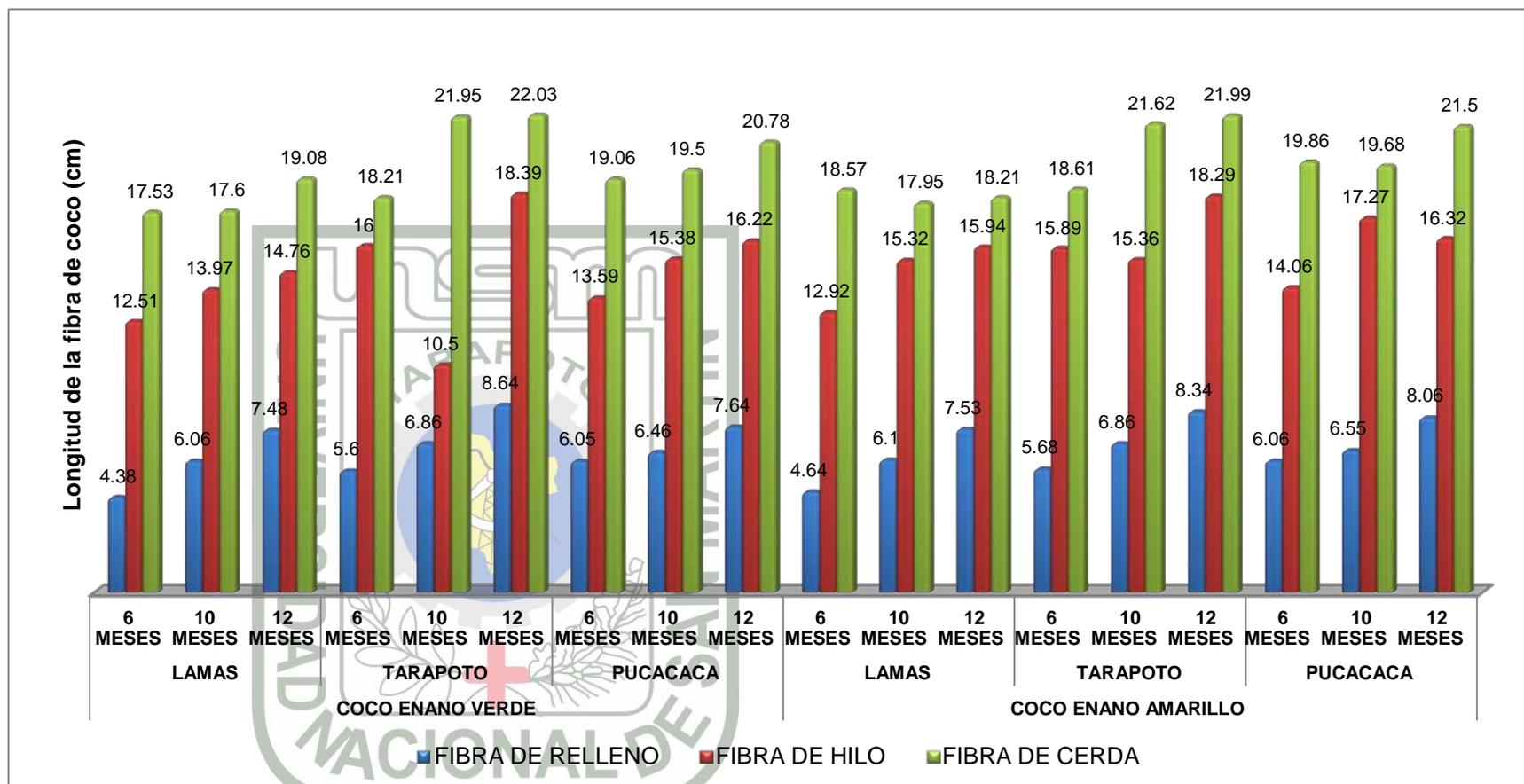
Anexo 2: Variación del porcentaje de composición química en la fibra de coco en los diferentes estados de madurez - variedad enano amarilla de Malasia.



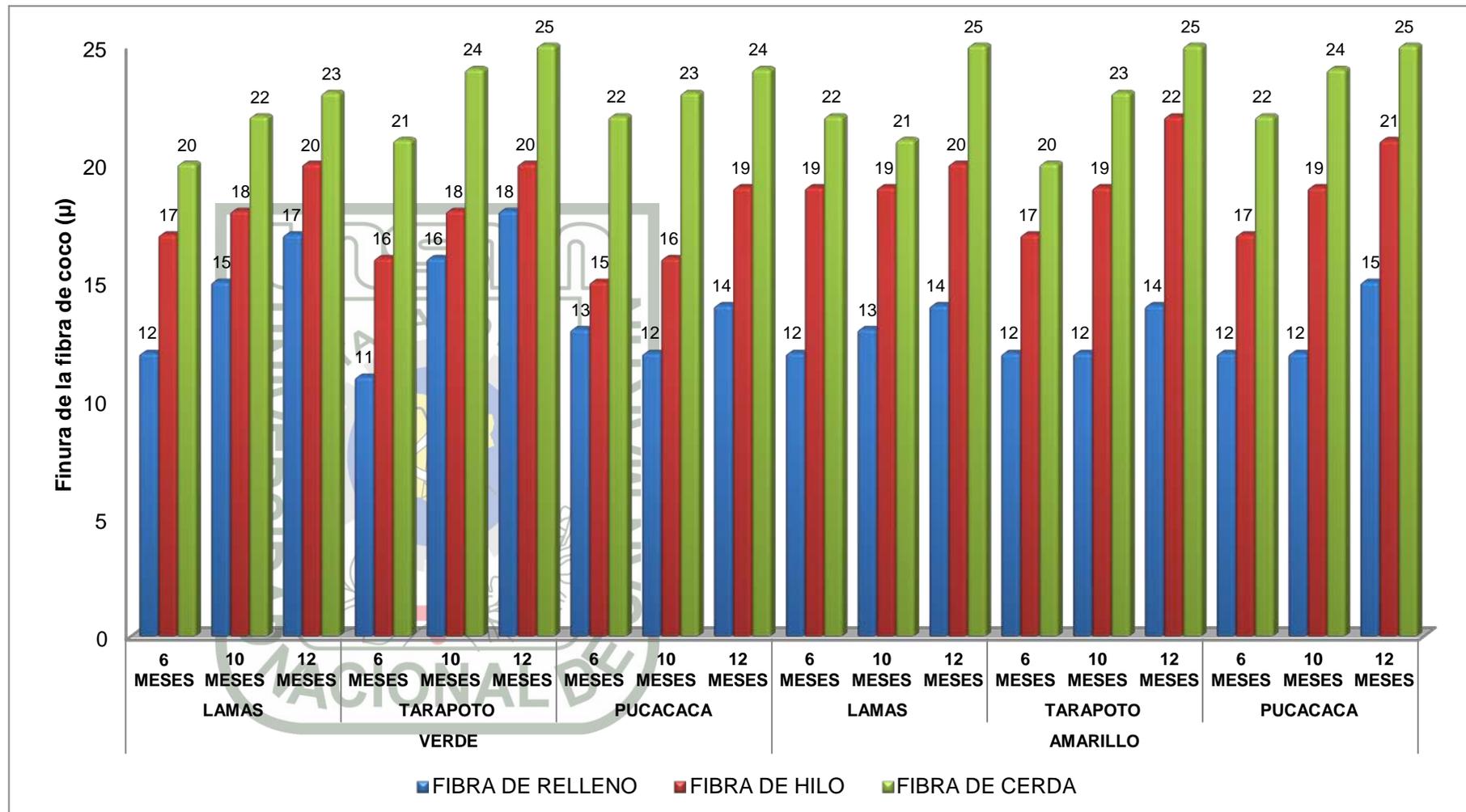
Anexo 3: Variación del porcentaje de composición química en la fibra de coco en los tres distritos, tres estados de madurez y dos variedades.



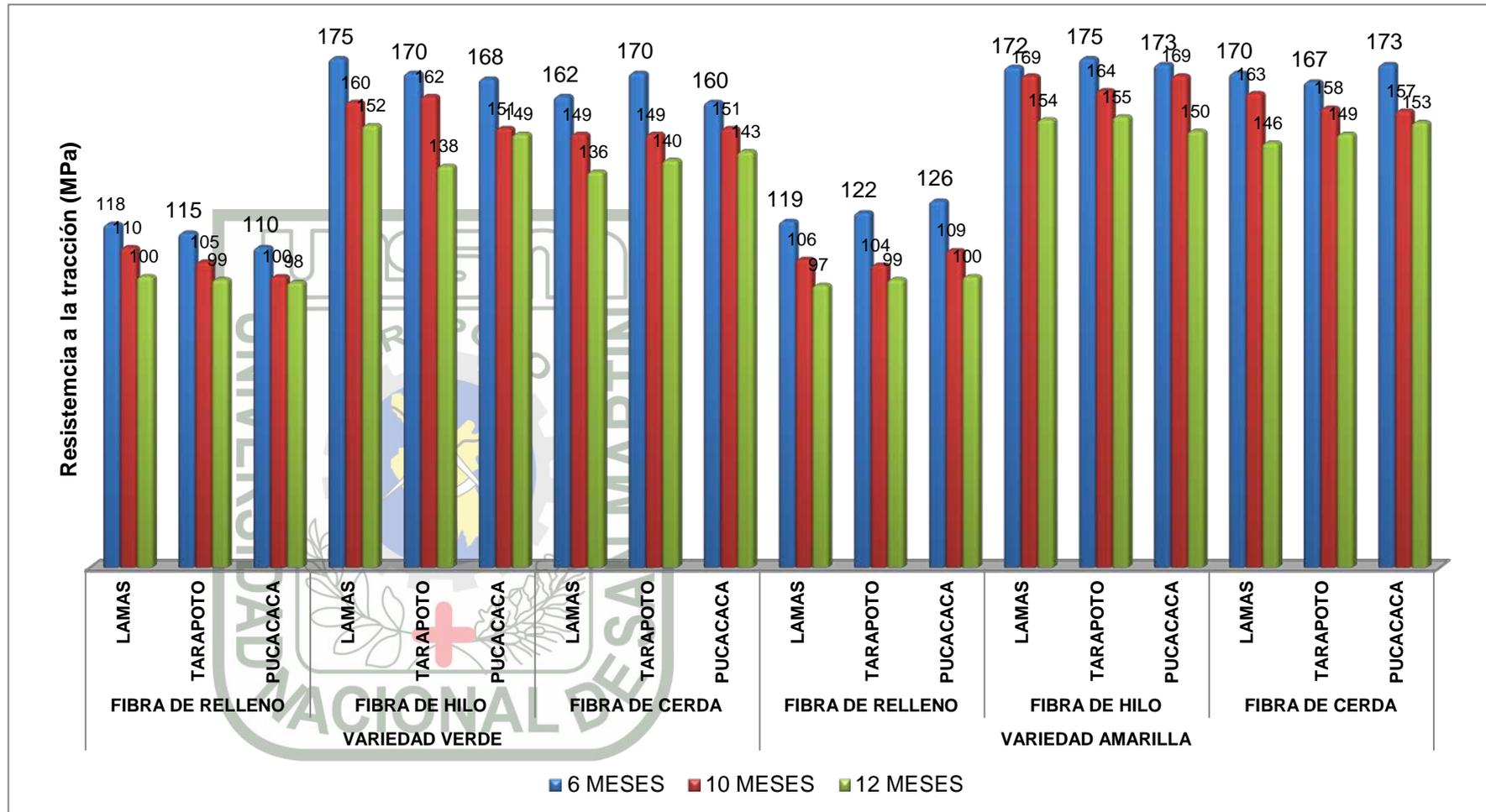
Anexo 4: Variación de la longitud de la fibra de coco, en los tres estadios de madurez, tres lugares y dos variedades.



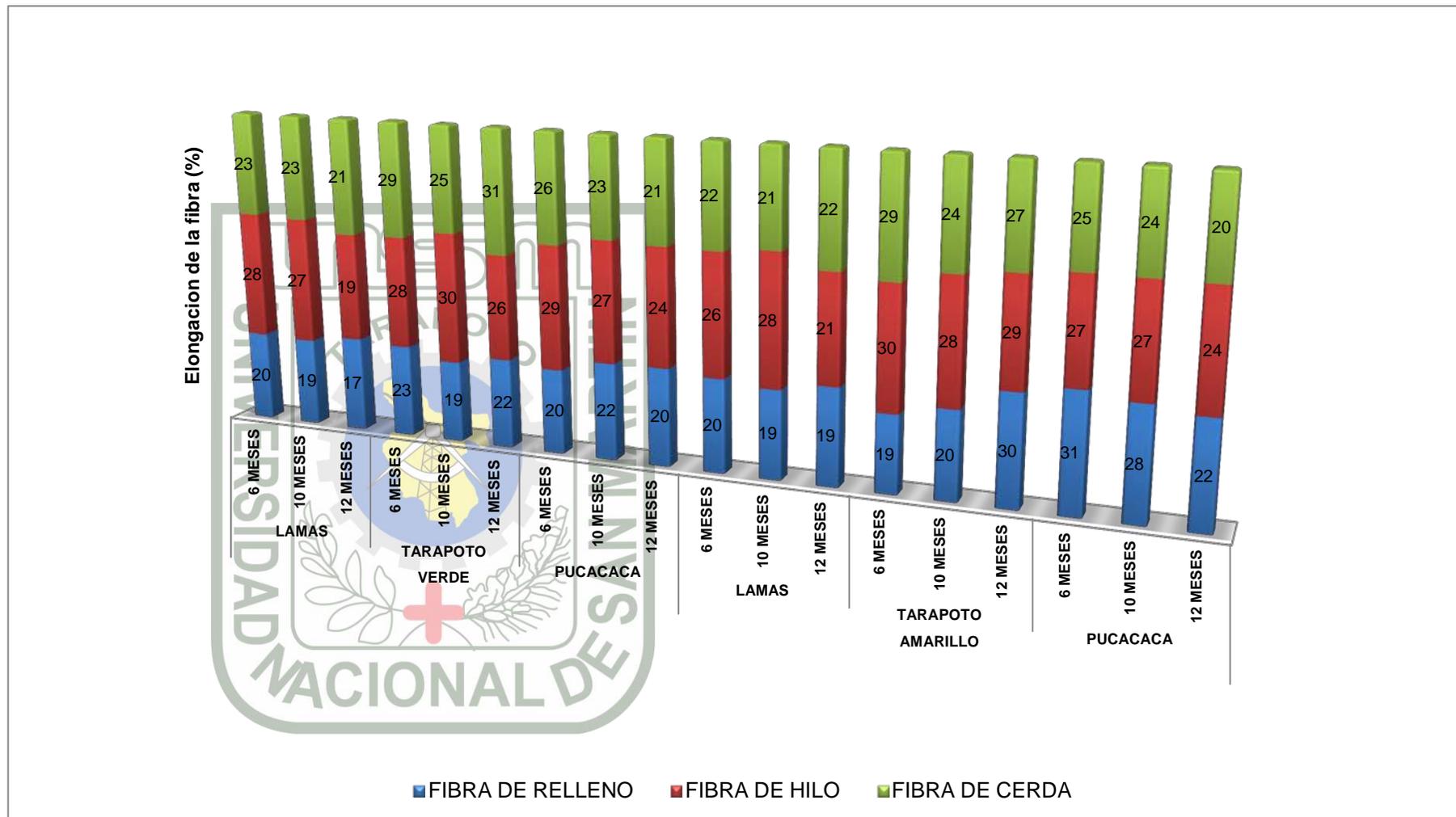
Anexo 5: Variación de la finura de la fibra de las dos variedades de coco enano: verde de Brasil y amarillo de Malasia.



Anexo 6: Variación de la resistencia a la tracción de las dos variedades de coco enano: verde de Brasil y amarillo de malasia.



Anexo 7 : Variación porcentaje de elongación de las dos variedades de coco enano: verde de Brasil y amarillo de Malasia.



Anexo 8: Análisis Estadístico de las Características Químicas de la Fibra – Sustancias Ocasionalmente Extraíbles

L (Lugar)		L1 (Lamas)			L2 (Tarapoto)			L3 (Pucacaca)										
E (estadio de madurez)		E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3								
V (variedad)	V1	10.86	10.88	10.91	1.53	3.58	8.11	4.44	5.61	8.69								
	V2	7.01	7.25	8.8	6.12	6.91	7.13	6.91	7.1	7.72								
L	L1	55.7			L2	33.4		L3	40.5									
E	E1	36.9			E2	41.3		E3	51.4									
V	V1	64.6				V2	65											
LE	L1E1	17.9	L1E2	18.1	L1E3	19.7	L2E1	7.65	L2E2	10.5	L2E3	15.2	L3E1	11.3	L3E2	12.7	L3E3	16.4
LV	L1V1	32.7	L2V2	23.1	L2V1	13.2	L2V2	20.2	L3V1	18.7	L3V2	21.7						
EV	E1V1	16.8	E2V1	20.1	E3V1	27.7	E1V2	20	E2V2	21.3	E3V2	23.7						

Análisis de varianza de compuesto libres de extraíbles en la fibra de coco

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	340.3	20.0	0.045	N.S
L: LUGAR	2	476.5	238.2	0.540	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	438.9	219.5	0.497	N.S
V: VARIEDAD	1	411.4	411.4	0.932	N.S
LE	4	450.5	112.6	0.255	N.S
LV	2	487.0	243.5	0.552	N.S
EV	2	172.9	86.5	0.196	N.S
ERROR	36	15887.0	441.3		
TOTAL	72	26683.4			



Anexo 9: Análisis Estadístico De Las Características Químicas De La Fibra – Cenizas

L (Lugar)	L1 (Lamas)			L2 (Tarapoto)			L3 (Pucacaca)											
E (estado de madurez)	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3									
V (variedad)	V1	2.47	2.86	3.00	2.51	2.72	3.02	2.54	2.76	3.15								
	V2	2.83	2.66	2.4	2.92	2.73	2.51	2.58	2.24	1.93								
L	L1	16.2			L2	16.4		L3	15.2									
E	E1	15.9			E2	16		E3	16									
V	V1	25				V2	22.8											
LE	L1E1	5.3	L1E2	5.52	L1E3	5.4	L2E1	5.43	L2E2	5.45	L2E3	5.53	L3E1	5.12	L3E2	5	L3E3	5.08
LV	L1V1	8.34	L2V2	7.89	L2V1	8.25	L2V2	8.16		L3V1	8.45	L3V2	6.75					
EV	E1V1	7.53	E2V1	8.35	E3V1	9.2		E1V2	8.33	E2V2	7.63	E3V2	6.84					

Análisis De Varianza De Cenizas En La Fibra De Coco

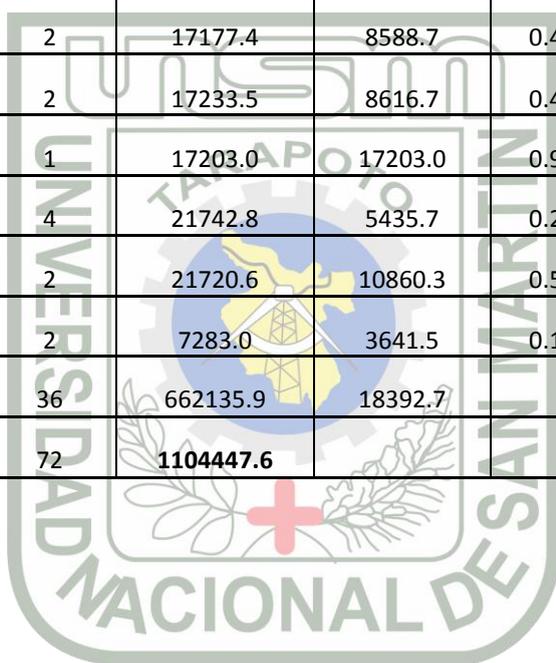
FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	39.5	2.3	0.039	N.S
L: LUGAR	2	56.3	28.2	0.468	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	56.1	28.1	0.467	N.S
V: VARIEDAD	1	56.5	56.5	0.940	N.S
LE	4	70.8	17.7	0.294	N.S
LV	2	70.7	35.4	0.588	N.S
EV	2	24.5	12.3	0.204	N.S
ERROR	36	2164.9	60.1		
TOTAL	72	3614.3			

Anexo 10: Análisis Estadístico De Las Características Químicas De La Fibra – Lignina

L (Lugar)		L1 (Lamas)			L2 (Tarapoto)			L3 (Pucacaca)										
E (estado de madurez)		E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3								
V (variedad)	V1	43.71	44.58	46.65	37.28	46.73	47.35	46.49	47.66	47.53								
	V2	48.97	46.64	50.24	42.69	48.09	51.52	47.61	46.68	46.48								
L	L1	281			L2	274		L3	282									
E	E1	267			E2	280		E3	290									
V	V1	408				V2	429											
LE	L1E1	92.7	L1E2	91.2	L1E3	96.9	L2E1	80	L2E2	94.8	L2E3	98.9	L3E1	94.1	L3E2	94.3	L3E3	94
LV	L1V1	135	L2V2	146	L2V1	131	L2V2	142	L3V1	142	L3V2	141						
EV	E1V1	127	E2V1	139	E3V1	142	E1V2	139	E2V2	141	E3V2	148						

Análisis De Varianza De Lignina En La Fibra De Coco

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	11196.2	658.6	0.036	N.S
L: LUGAR	2	17177.4	8588.7	0.467	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	17233.5	8616.7	0.468	N.S
V: VARIEDAD	1	17203.0	17203.0	0.935	N.S
LE	4	21742.8	5435.7	0.296	N.S
LV	2	21720.6	10860.3	0.590	N.S
EV	2	7283.0	3641.5	0.198	N.S
ERROR	36	662135.9	18392.7		
TOTAL	72	1104447.6			

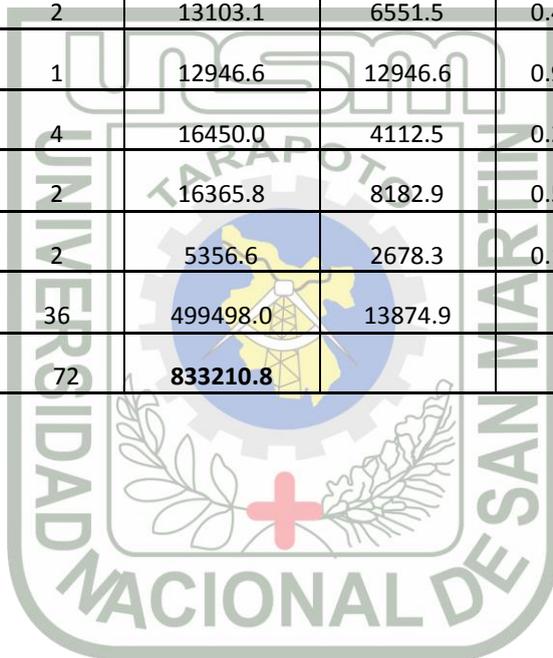


Anexo 11: Análisis Estadístico De Las Características Químicas De La Fibra - Celulosa

L (Lugar)		L1 (Lamas)			L2 (Tarapoto)			L3 (Pucacaca)										
E (estadio de madurez)		E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3								
V (variedad)	V1	40.90	36.00	35.0	43.80	40.90	35.20	43.20	42.90	39.80								
	V2	43.1	41.8	37.8	44.8	41.5	35.7	43.7	40.8	39.6								
L	L1	235			L2	242		L3	250									
E	E1	260			E2	244		E3	223									
V	V1	358				V2	369											
LE	L1E1	84	L1E2	77.8	L1E3	72.8	L2E1	88.6	L2E2	82.4	L2E3	70.9	L3E1	86.9	L3E2	83.7	L3E3	79.4
LV	L1V1	112	L2V2	123		L2V1	120	L2V2	122		L3V1	126	L3V2	124				
EV	E1V1	128	E2V1	120	E3V1	110		E1V2	132	E2V2	124	E3V2	113					

Análisis De Varianza De Celulosa En Holocelulosa En La Fibra De Coco

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	8453.9	497.3	0.036	N.S
L: LUGAR	2	12966.0	6483.0	0.467	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	13103.1	6551.5	0.472	N.S
V: VARIEDAD	1	12946.6	12946.6	0.933	N.S
LE	4	16450.0	4112.5	0.296	N.S
LV	2	16365.8	8182.9	0.590	N.S
EV	2	5356.6	2678.3	0.193	N.S
ERROR	36	499498.0	13874.9		
TOTAL	72	833210.8			

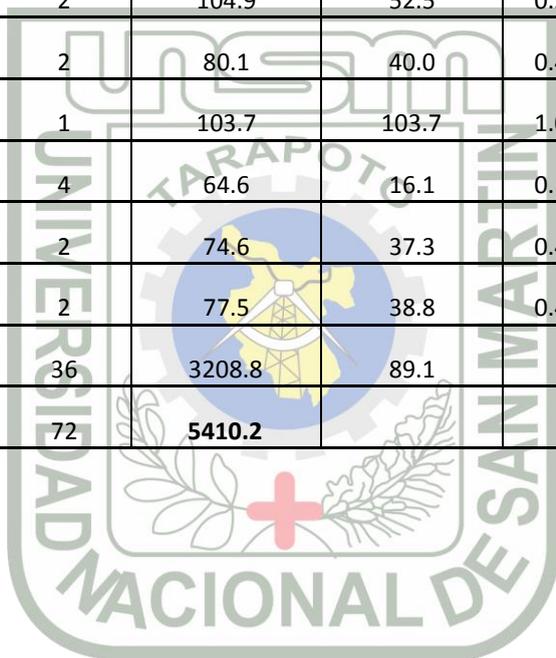


Anexo 12: Análisis Estadístico De Las Características Químicas De La Fibra – Hemicelulosa

L (Lugar)		L1 (Lamas)			L2 (Tarapoto)			L3 (Pucacaca)										
E (estado de madurez)		E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3								
V (variedad)	V1	2.10	5.70	4.40	7.20	6.10	6.30	3.30	1.10	0.80								
	V2	1.9	1.7	0.8	3.5	0.8	3.1	0.8	3.2	4.3								
L	L1	16.6			L2	27		L3	13.5									
E	E1	18.8			E2	18.6		E3	19.7									
V	V1	37				V2	20.1											
LE	L1E1	4	L1E2	7.4	L1E3	5.2	L2E1	10.7	L2E2	6.9	L2E3	9.4	L3E1	4.1	L3E2	4.3	L3E3	5.1
LV	L1V1	12.2	L2V2	4.4	L2V1	19.6	L2V2	7.4	L3V1	5.2	L3V2	8.3						
EV	E1V1	12.6	E2V1	12.9	E3V1	12	E1V2	6.2	E2V2	5.7	E3V2	8.2						

Análisis De Varianza De Hemicelulosa En La Fibra De Coco

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	81.9	4.8	0.054	N.S
L: LUGAR	2	104.9	52.5	0.589	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	80.1	40.0	0.449	N.S
V: VARIEDAD	1	103.7	103.7	1.001	N.S
LE	4	64.6	16.1	0.181	N.S
LV	2	74.6	37.3	0.419	N.S
EV	2	77.5	38.8	0.435	N.S
ERROR	36	3208.8	89.1		
TOTAL	72	5410.2			



Anexo 13: Análisis Estadístico De La Longitud De La Fibra De Coco

L (Lugar)	L1 (Lamas)									L2 (Tarapoto)									L3 (Pucacaca)									
	E1			E2			E3			E1			E2			E3			E1			E2			E3			
E (estadio de madurez)																												
F (tipo de fibra)	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	
V (variedad)	V1	4.38	12.5	17.5	6.06	14	17.6	7.48	14.8	19.1	5.6	16	18.2	6.86	10	22	8.64	18.4	22	6.05	13.6	19.1	6.46	15.4	19.5	7.64	16.2	20.8
	V2	4.64	12.9	18.6	6.1	15.3	18	7.53	15.9	18.2	5.68	15.9	18.6	6.86	15.4	21.6	8.34	18.3	22	6.06	14.1	19.9	6.55	17.3	19.7	8.06	16.3	21.5
L	L1 231									L2 260									L3 254									
E	E1 229									E2 244									E3 271									
F	Fr 119									Fh 272									Fc 354									
V	V1 366															V2 379												
LE	L1E1	70.6	L1E2	77	L1E3	83	L2E1	80	L2E2	82.7	L2E3	97.7	L3E1	78.7	L3E2	84.8	L3E3	90.5										
LF	L1Fr	36.2	L1Fh	85.4	L1Fc	109	L2Fr	42	L2Fh	93.9	L2Fc	124	L3Fr	40.8	L3Fh	32.5	L3Fc	42.3										
EF	E1Fr	9.02	E1Fh	25.4	E1Fc	35.1	E1Fr	11.3	E1Fh	31.9	E1Fc	36.8	E1Fr	12.1	E1Fh	27.7	E1Fc	38.9										
	E2Fr	12.2	E2Fh	29.3	E2Fc	35.6	E2Fr	13.7	E2Fh	25.4	E2Fc	43.6	E2Fr	13	E2Fh	32.7	E2Fc	39.2										
	E3Fr	15	E3Fh	30.7	E3Fc	37.3	E3Fr	17	E3Fh	36.7	E3Fc	44	E3Fr	15.7	E3Fh	32.5	E3Fc	42.3										
LV	L1V1	113	L2V2	117	L2V1	128	L2V2	133	L3V1	125	L3V2	129																
EV	E1V1 113 E2V1 118 E3V1 135									E1V2 116 E2V2 127 E3V2 136																		
VF	V1Fr 59.2 V1Fh 131 V1Fc 176									V2Fr 59.8 V2Fh 141 V2Fc 178																		

Análisis De Varianza De La Longitud De Fibra De Coco

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	200.5	100.3	0.1	N.S
L: LUGAR	2	13723.4	807.3	0.8	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	13826.0	6913.0	6.7	N.S
F: TIPO DE FIBRA	2	20702.1	10351.0	8.1	N.S
V: VARIEDAD	1	13615.3	6807.7	6.6	N.S
LE	4	17206.2	17206.2	9.7	N.S
LF	4	26856.9	6714.2	6.5	N.S
LV	2	17180.9	4295.2	4.2	N.S
EF	4	5076.0	2538.0	2.5	N.S
EV	2	5604.0	1401.0	1.4	N.S
FV	2	14649.6	7324.8	7.1	N.S
ERROR	48	630016.5	1030.2		
TOTAL	96	6181.2			

L (Lugar)		L1 (Lamas)									L2 (Tarapoto)									L3 (Pucacaca)										
		E1			E2			E3			E1			E2			E3			E1			E2			E3				
E (estadio de madurez)		Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc		
V (variedad)	V1	12	17	20	15	18	22	17	20	23	11	16	21	16	18	24	18	20	25	13	15	22	12	16	23	14	19	24		
	V2	12	19	22	13	19	21	14	20	25	12	17	20	12	19	23	14	22	25	12	17	22	12	19	23	15	21	25		
L	L1	329									L2	333									L3	324								
E	E1	300									E2	325									E3	361								
F	Fr	244									Fh	332									Fc	410								
V	V1	491																		V2	495									
LE	L1E1	102	L1E2	108	L1E3	119	L2E1	97	L2E2	112	L2E3	124	L3E1	101	L3E2	105	L3E3	118												
LF	L1Fr	83	L1Fh	113	L1Fc	133	L2Fr	83	L2Fh	112	L2Fc	138	L3Fr	78	L3Fh	40	L3Fc	49												
EF	E1Fr	24	E1Fh	36	E1Fc	42	E1Fr	23	E1Fh	33	E1Fc	41	E1Fr	25	E1Fh	32	E1Fc	44												
	E2Fr	28	E2Fh	37	E2Fc	43	E2Fr	28	E2Fh	37	E2Fc	47	E2Fr	24	E2Fh	35	E2Fc	46												
	E3Fr	31	E3Fh	40	E3Fc	48	E3Fr	32	E3Fh	42	E3Fc	50	E3Fr	29	E3Fh	40	E3Fc	49												
LV	L1V1	164	L2V2	165	L2V1	169	L2V2	164	L3V1	158	L3V2	166																		
EV	E1V1	147	E2V1	164	E3V1	180	E1V2	153	E2V2	161	E3V2	181																		
VF	V1Fr	128	V1Fh	159	V1Fc	204	V2Fr	116	V2Fh	173	V2Fc	206																		

Análisis De Varianza De La Longitud De Fibra De Coco

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	768.0	384.0	0.3	N.S
L: LUGAR	2	23838.5	1402.3	1.0	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	24298.5	12149.3	8.5	N.S
F: TIPO DE FIBRA	2	27277.0	13638.5	9.5	N.S
V: VARIEDAD	1	23829.7	11914.8	8.3	N.S
LE	4	30471.0	3041.0	7.3	N.S
LF	4	39149.3	9787.3	6.8	N.S
LV	2	30171.7	7542.9	5.3	N.s
EF	4	849.2	424.6	0.3	N.S
EV	2	9666.4	2416.6	1.7	N.S
FV	2	14458.0	7229.0	5.0	N.S
ERROR	48	1029884.5	1431.8		
TOTAL	96	8591.0			

L (Lugar)	L1 (Lamas)									L2 (Tarapoto)									L3 (Pucacaca)											
	E1			E2			E3			E1			E2			E3			E1			E2			E3					
E (estadio de madurez)	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc			
F (tipo de fibra)	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc
V (variedad)	V1	20	28	23	19	27	23	17	19	21	23	28	29	19	30	25	22	26	31	20	29	26	22	27	23	20	24	21		
	V2	20	26	22	19	28	21	19	21	22	19	30	29	20	28	24	30	29	27	31	27	25	28	27	24	22	24	20		
L	L1	395									L2	469									L3	440								
E	E1	455									E2	434									E3	415								
F	Fr	390									Fh	478									Fc	436								
V	V1	642													V2	662														
LE	L1E1	139	L1E2	137	L1E3	119	L2E1	158	L2E2	146	L2E3	165	L3E1	158	L3E2	151	L3E3	131												
LF	L1Fr	114	L1Fh	149	L1Fc	132	L2Fr	133	L2Fh	171	L2Fc	165	L3Fr	143	L3Fh	48	L3Fc	41												
EF	E1Fr	40	E1Fh	54	E1Fc	46	E1Fr	42	E1Fh	58	E1Fc	58	E1Fr	51	E1Fh	56	E1Fc	51												
	E2Fr	38	E2Fh	55	E2Fc	44	E2Fr	39	E2Fh	58	E2Fc	49	E2Fr	50	E2Fh	54	E2Fc	47												
	E3Fr	36	E3Fh	40	E3Fc	43	E3Fr	52	E3Fh	55	E3Fc	58	E3Fr	42	E3Fh	48	E3Fc	41												
LV	L1V1	197	L2V2	198	L2V1	233	L2V2	236	L3V1	212	L3V2	228																		
EV	E1V1	226	E2V1	215	E3V1	201	E1V2	229	E2V2	219	E3V2	214																		
VF	V1Fr	182	V1Fh	238	V1Fc	222	V2Fr	208	V2Fh	240	V2Fc	214																		

Análisis De Varianza Del Porcentaje De Elongación De Fibra De Coco

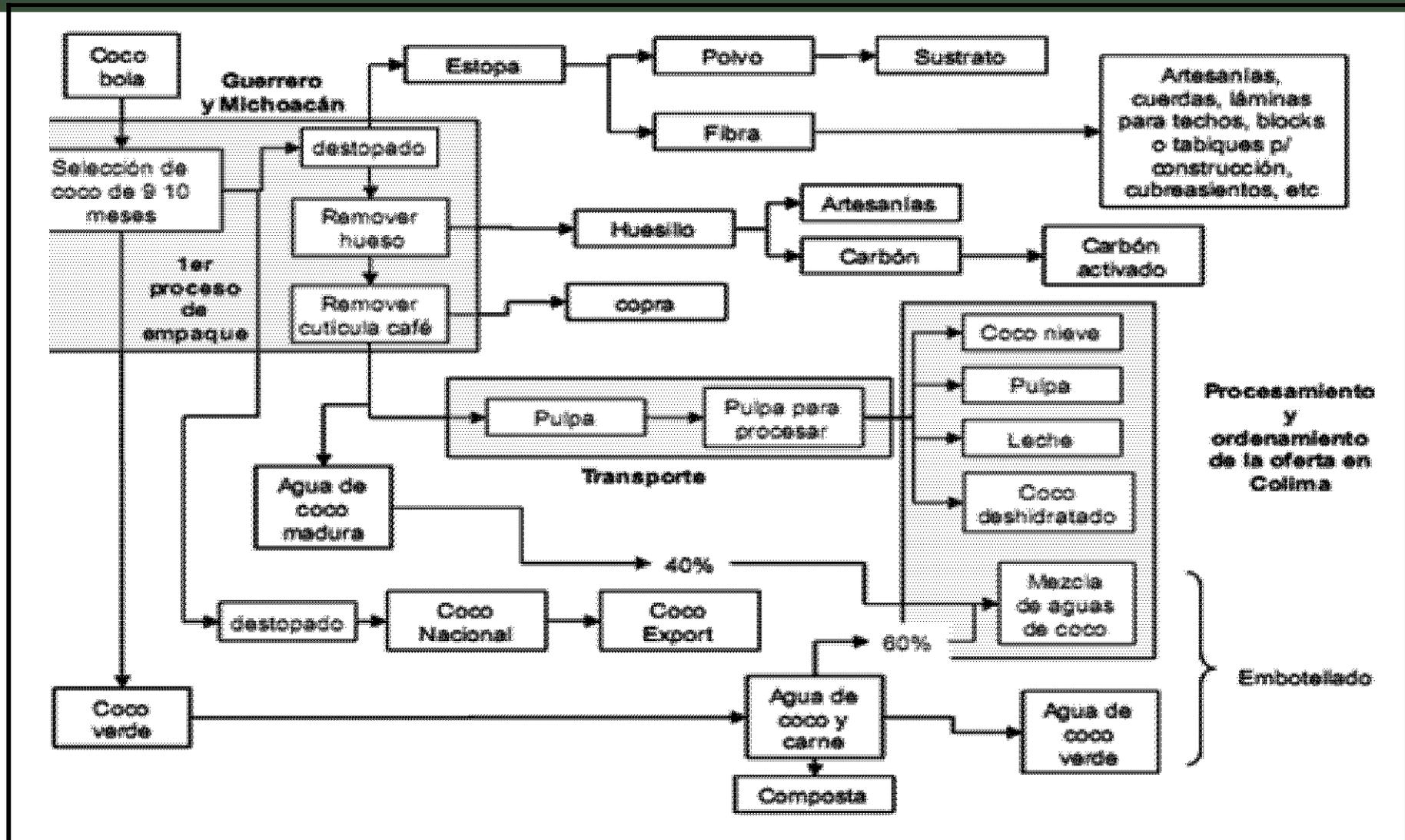
FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	1730.2	865.1	0.4	N.S
L: LUGAR	2	42372.0	2492.5	1.0	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	41877.0	20938.5	8.8	N.S
F: TIPO DE FIBRA	2	42645.5	21322.8	9.0	N.S
V: VARIEDAD	1	41710.2	20855.1	8.8	N.S
LE	4	51809.0	31359.0	8.4	N.S
LF	4	62495.5	15623.9	6.6	N.S
LV	2	52536.8	13134.2	5.5	N.S
EF	4	6216.7	3108.3	1.3	N.S
EV	2	17736.3	4434.1	1.9	N.S
FV	2	18936.7	9468.3	4.0	N.S
ERROR	48	1752437.8	2375.4		
TOTAL	96	14252.3			

L (Lugar)		L1 (Lamas)									L2 (Tarapoto)									L3 (Pucacaca)									
E (estadio de madurez)		E1			E2			E3			E1			E2			E3			E1			E2			E3			
F (tipo de fibra)		Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	Fr	Fh	Fc	
V (variedad)		V1	118	175	162	110	160	149	100	152	136	115	170	170	105	162	149	99	138	140	110	168	160	100	151	151	98	100	100
		V2	119	172	170	106	169	163	97	154	146	122	175	167	104	164	158	99	155	149	126	173	173	109	169	157	100	100	100
L		L1	2558									L2	2541									L3	2540						
E		E1	2745									E2	2536									E3	2358						
F		Fr	1937									Fh	2906									Fc	2796						
V		V1	3740									V2	3899																
LE		L1E1	916	L1E2	857	L1E3	785	L2E1	919	L2E2	842	L2E3	780	L3E1	910	L3E2	837	L3E3	793										
LF		L1Fr	650	L1Fh	982	L1Fc	926	L2Fr	644	L2Fh	964	L2Fc	933	L3Fr	643	L3Fh	299	L3Fc	296										
EF		E1Fr	237	E1Fh	347	E1Fc	311	E1Fr	237	E1Fh	345	E1Fc	337	E1Fr	236	E1Fh	341	E1Fc	333										
		E2Fr	216	E2Fh	329	E2Fc	312	E2Fr	209	E2Fh	326	E2Fc	307	E2Fr	209	E2Fh	320	E2Fc	308										
		E3Fr	197	E3Fh	306	E3Fc	282	E3Fr	198	E3Fh	293	E3Fc	289	E3Fr	198	E3Fh	299	E3Fc	296										
LV		L1V1	1262	L2V2	1296							L2V1	1248	L2V2	1293	L3V1	1230	L3V2	1310										
EV		E1V1	1348	E2V1	1237	E3V1	1155							E1V2	1397	E2V2	1299	E3V2	1203										
VF		V1Fr	955	V1Fh	1425	V1Fc	1360							V2Fr	982	V2Fh	1481	V2Fc	1436										

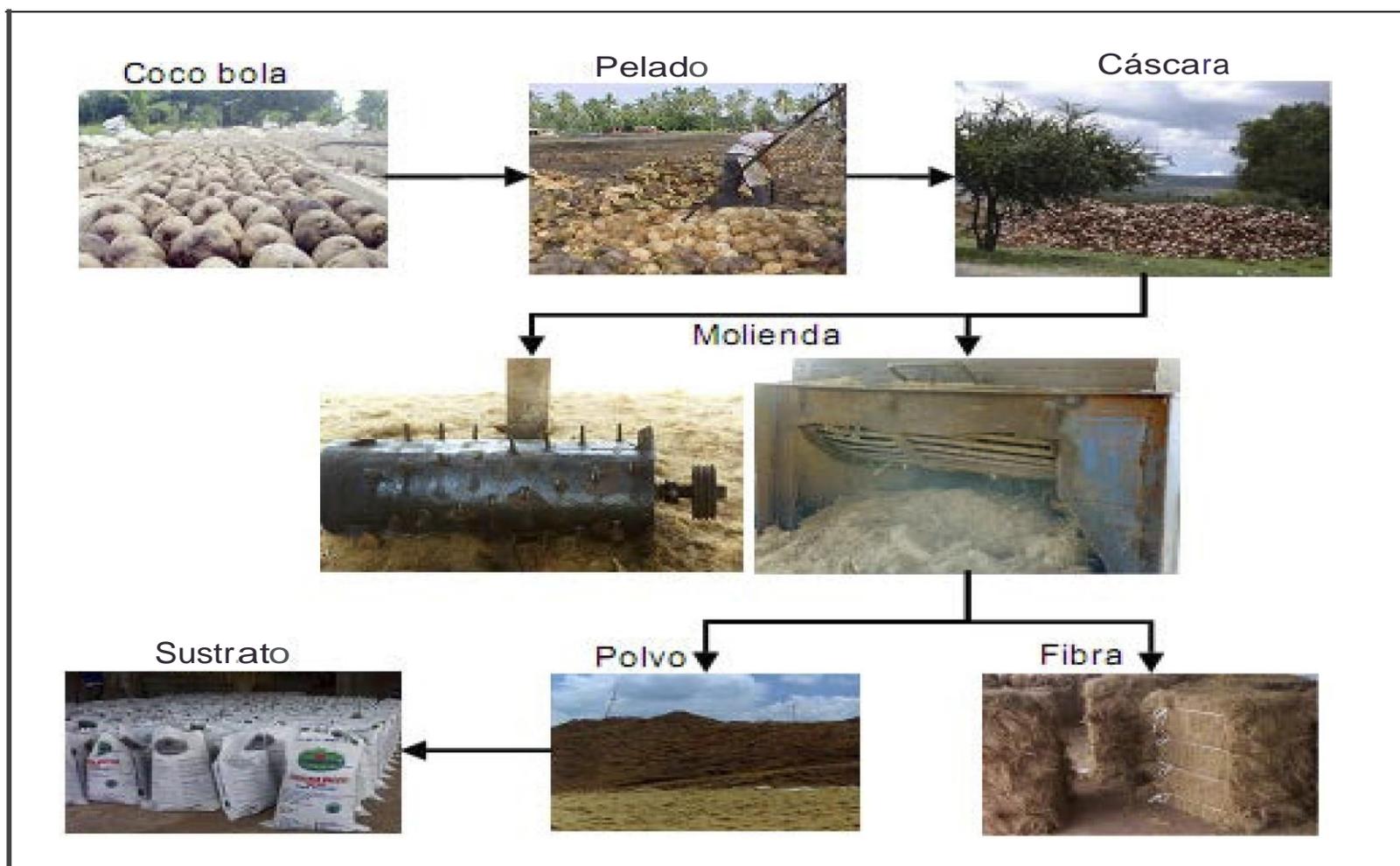


Análisis de varianza de resistencia a la rotura de la fibra de coco

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTOS	17	54614.5	27307.3	0.3	N.S
L: LUGAR	2	1430304.1	84135.5	1.0	N.S
E: ESTADIO DE MADUREZ	2	1449014.1	724507.1	8.7	N.S
F: TIPO DE FIBRA	2	1570998.1	785499.1	9.5	N.S
V: VARIEDAD	1	1432359.7	716179.9	8.6	N.S
LE	4	182023.9	182403.9	9.3	N.S
LF	4	2310979.4	577744.8	7.0	N.S
LV	2	1810838.3	452709.6	5.4	N.S
EF	4	116026.2	58013.1	0.7	N.S
EV	2	591814.7	147953.7	1.8	N.S
FV	2	782284.8	391142.4	4.7	N.S
ERROR	48	61258599.9	83104.7		
TOTAL	96	498628.5			



Anexo 18: Proceso general de obtención de polvo, fibras y sustrato



Anexo 19: Productos elaborados en fibra de coco



ALFOMBRA



CUERDA



GEOTEXTIL



TUBA DE BONETE
(ABONO
ORGANICO)

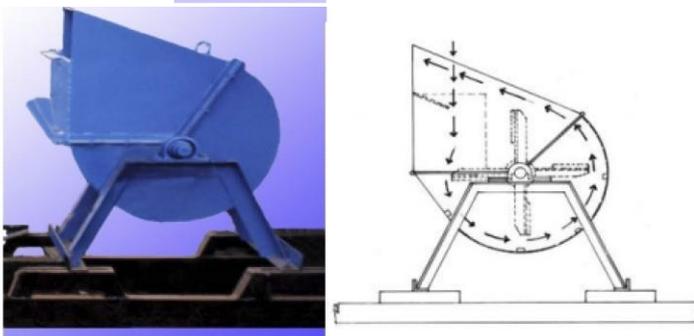


MANTAS



CANASTOS

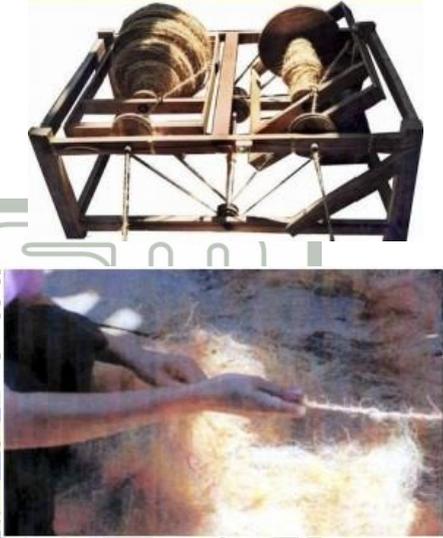
Anexo 20: Maquinarias y tecnologías de pequeña escala más usada

Nombre: Máquina separadora . País de ori en: Vietnam	
Descripción/Aplicación	Fotografía/Diagrama
Está construida en un contenedor, con 4 hojas planas de acero, con extremos dentados, impelidas mediante un eje y soportado en una base de block con cojinetes que soportan los extremos. Se alimenta por la parte lateral la estopa, que es desgarrada, separando la fibra del coco por las hojas dentadas y expulsada por la parte superior por efecto de la fuerza centrífuga. Según el tamaño de la partícula, la fibra se expulsa y el polvo queda a corta distancia.	

Nombre: Máquina decortadora. País de ori en: Vietnam.	
Descripción/Aplicación	Fotografía/Diagrama
Está construida en un contenedor con 4 hojas planas, de acero, con extremos dentados, impelidas mediante un eje y soportado en una base de block con cojinetes que soportan los extremos. Se alimenta por la parte lateral la estopa, que es desgarrada separando la fibra del coco por las hojas dentadas y expulsada por la parte superior por efecto de la fuerza centrífuga. Según el tamaño de la partícula, la fibra se expulsa a menor distancia y el polvo a mayor distancia.	

Nombre: Hiladora simple.

País de origen: Vietnam.

Descripción/Aplicación	Fotografía/Diagrama
<p>La máquina hiladora es una simple máquina eficiente, ahorradora de mano de obra, hecha de un marco de madera, juegos de poleas y una flecha de acero que produce fuerza rotativa que se transmite por un motor de banda. La fibra de coco se retuerce en hilo para producir el tamaño deseado de "cuerda simple" de coco.</p>	

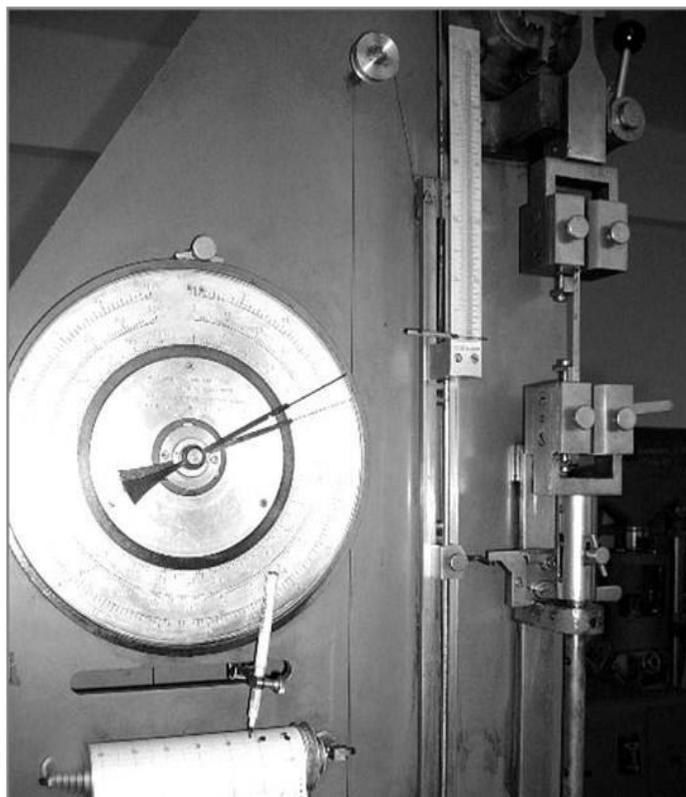
Nombre: Matriz para hacer tapetes.

País de origen: Vietnam.

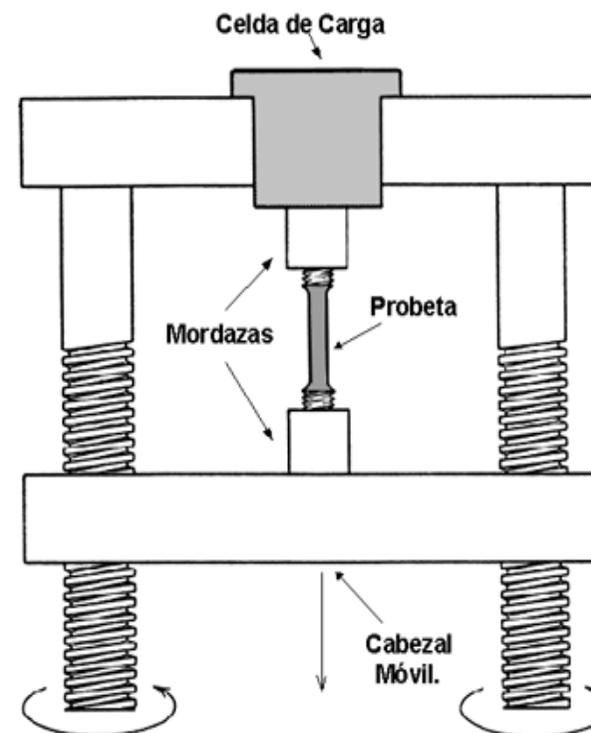
Descripción/Aplicación	Fotografía/Diagrama
<p>Hacer felpa o tapetes, de la fibra de coco, requiere un equipo simple y ahorrador de mano de obra, que incluye un rectángulo de madera con una incrustación de clavos alrededor y adentro, según el diseño seleccionado.</p>	

Anexo 21: Máquina de ensayo a la tracción

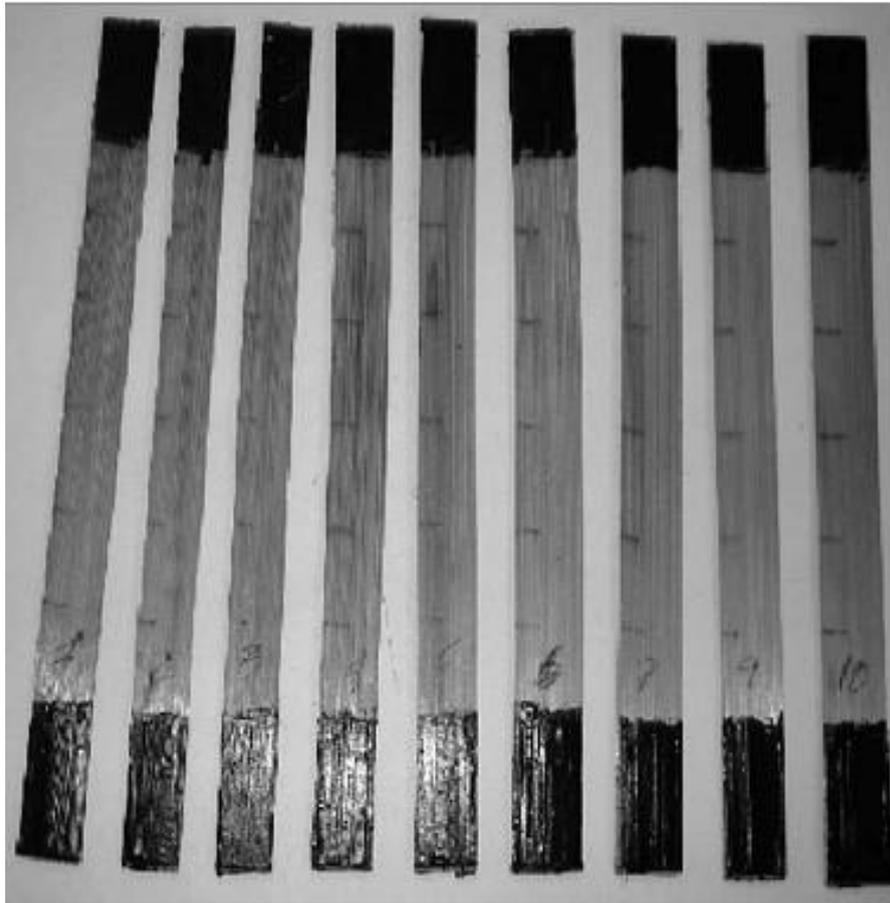
a) Máquina SZ-500-1



b) Diagrama de máquina de ensayo a la tracción



Anexo 22 : Probetas para ensayos de tracción



Anexo 23: Gráficos de resistencia a la tracción

