



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

EXTRACCIÓN DE FIBRA DE LA PLANTA DE LA PIÑA (*ANANAS COMOSUS*) PARA ELABORAR BORDADOS ARTESANALES DE LA REGIÓN MAZATECA

Tesis Profesional para la obtención del Título de Ingeniero en Diseño
Presenta:

Ana Rosa Bautista Gallardo

Asesor:

Dr. Roberto Suárez Orduña

LOMA BONITA, OAXACA, AGOSTO DE 2015

Dedicatoria

A **Dios** por permitirme culminar mis estudios, guiarme y protegiendo en todo momento de mi vida, porque El es quien nos mantiene en pie y nos lleva de la mano por la vida, aunque no nos demos cuenta y nos olvidemos de él.

A mis padres **Filiberto y Eulalia** que hoy en día los tengo con vida, gracias por apoyarme en esta etapa que a pesar de la distancia me dieron su apoyo incondicional. Ellos me enseñaron que en la vida hay cosas más importantes que el dinero, como el amor, el respeto, la humildad, la responsabilidad. Que ser feliz depende de nosotros mismos, de lo que somos y no de lo que tenemos.

A mis hermanos **Heriberto, Isabel, Karina, Leonel y Gabriela** gracias por formar parte de mi vida y estar en los buenos y malos momentos.

A mis sobrinos (as) **Perla Yadira, Yazmin Monserrat, Ana Sofía, Alexa Sofía Ulises y Antonio** gracias por existir y formar parte en mi vida.

A mi familia que siempre me alentaron y dieron consejos en cualquier momento de mi vida. Y gracias por su apoyo y cariño.

A mis amigos y amigas que me han brindado su amistad incondicional, cariño y afecto.

A todos y a cada uno de mis maestros muchas gracias por todo lo que me enseñaron en esta etapa de estudios y el tiempo dedicado. Gracias!!!

Agradecimientos

A la **Universidad del Papaloapan** por permitirme ser parte de esta institución y más que nada por dejarme culminar mis estudios.

A mi asesor de tesis **Dr. Roberto Suárez Orduña**, por dedicar su tiempo y paciencia durante la realización de este proyecto.

Al Dr. Julián Hernández Torres, centro de investigación en Micro y nanotecnología de la Universidad Veracruzana, por la realización de las pruebas de micrografías de la fibra.

Al Ing. Raúl Velasco Muñoz de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, campus Cuitláhuac, por la realización de las pruebas de tensión que se requirió en este proyecto.

Al productor C. Mateo Viveros Castro, Socio de la Unión Estatal y Productora de Piña del Estado de Oaxaca, por la colaboración de aportar plantas de la piña del ejido 20 de Noviembre, para la extracción de las fibras.

A mis revisores por las observaciones y correcciones del presente trabajo especialmente: A la Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez, M.B.A Enrique Valdés Pliego, Dr. Axel Villavicencio Torres y M.D.I Arturo Estrada Ruíz.

Resumen

La región del Papaloapan es el centro productor de piña más importante a nivel nacional, y está conformada por los estados de Veracruz y Oaxaca. Dentro de esta región, se encuentra el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, donde la producción de piña por parte de los agricultores es elevada, sin embargo del total de la planta (considerando las hojas y el fruto) que es sometida a un procesamiento, la mayor parte es desechada. Debido en este trabajo se planteó dar propuestas y dar a conocer el manejo de la fibra de la planta de la piña a los artesanos de la región Mazateca, para que de esta manera se beneficien con el aprovechamiento de la fibra realizando artículos de producción de la región Mazateca. Esta región que abarca al municipio de San Felipe Jalapa de Díaz, Tuxtepec, Oaxaca. Lugar donde se procesa la realización de la artesanía textil.

En este proyecto de tesis se presenta la propuesta para desarrollar un material alternativo, de suma importancia para la región mazateca que puede ser utilizado en las artesanías textiles, para este proyecto se utilizaron las hojas de la planta de la piña, de las cuales se extrajeron las fibras. Por lo tanto, en esta tesis se da a conocer la fibra de la planta de la piña, como un material biodegradable y utilizable en la artesanía textil.

La primera parte de este trabajo consiste en la presentación del problema donde se plantea y se justifica el tema de tesis y se señala el objetivo general y particular del tema. Después el marco teórico en el cual se menciona las principales aplicaciones de la fibra de la planta de la Piña. Además se da un breve recuento

de algunos procesamientos de la fibra y productos textiles que se elaboran actualmente en la región.

Siguiendo como parte de la metodología, se procedió el proceso de obtención de fibras a partir de la planta de piña, a partir de selección de plantas, el raspado para la extracción de la fibra, el lavado, secado y teñido de la fibra. Así mismo se realizaron pruebas para caracterizar como son ensayos de resistencia, pruebas de microscopía, de termo balanza. Posteriormente se explica cómo se procedió el teñido y la aplicación en los productos textiles de la región.

Con este proyecto de tesis se pretende dar una propuesta a la utilización de la fibra extraída de la planta de la piña como un material en la elaboración de los textiles mazatecos, y que se pueda disponer de las plantas que no se utilizan en la industria de Loma Bonita, Oaxaca. Por otro lado, se prevé como una posible alternativa para que los pequeños productores de Loma Bonita, además de que dispongan adecuadamente la planta, puedan darles un valor agregado a la elaboración de los productos textiles mazateco. De esta manera, se plantearon la extracción de las fibras de la planta de la piña de la región de Loma Bonita, Oaxaca, como también la mano de obra y productos que se pueden conseguir en la región mazateca de Jalapa de Díaz, Oaxaca, para la elaboración de los diseños textiles. De esta forma, se plantea esta propuesta como un material biodegradable para la elaboración de los productos textiles de la región mazateca, y generar una industria nueva y por consiguiente crear fuentes de trabajo para los artesanos de la región.

Abstract

The Papaloapan region is the central most important producer of pineapple at a national level, and is comprised of the States of Veracruz and Oaxaca. Within this region, lies the municipality of Loma Bonita, Oaxaca, where the production of pineapple is vast, however the only part of the plant that is utilized for processing is the fruit and leaves the rest of the plant is usually disposed of. This paper proposes to introduce the benefits of the processing of the fiber of the plant for craftsmen within the Mazateca region which is the municipality of San Felipe Jalapa de Díaz, Tuxtepec, Oaxaca.

The plan for this project was to develop an alternative material that can be used in textile handicrafts. Therefore, the intention of this thesis is to help craftsmen recognize the plant fiber which comes from pineapple, as a usable and biodegradable material in textile handicrafts.

The first part of this paper consists of the problems that arose in this project justifying the topic of this thesis and refers to the general and particular goal of the topic. Once the theoretical framework of the main application of the plant fiber is mentioned, a brief account of some of the fiber processing and textile products currently produced in the region are also mentioned.

Next, as part of the methodology, the process of obtaining fibers by scraping for fiber extraction from selected plants has been completed, the washing, drying and dyeing of the fiber proceeded. Likewise, different studies were performed to

characterize the fibers, such as trials of strength, microscopy and thermal balance testing. The dyeing process of the fibers is also explained.

This thesis is intended to give a proposal for the use of fiber extracted from pineapple plants as a biodegradable material in Mazateco textiles. By using plants from Loma Bonita Oaxaca, where the plant is usually disposed of in the Pineapple Industry, it may also be a possible alternative for smaller producers of Loma Bonita to help give an added value to the production of Mazateco textiles by helping to generate a new industry and creating jobs for the craftsmen of the Mazatec region.

PARTE I: ANTECEDENTES

Capítulo 1: Presentación del problema	1
1.1 Planteamiento	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
Capítulo 2: Marco teórico	4
2.1 Producción de la piña	4
2.1.1 Proceso de producción del cultivo de la piña	5
2.1.2 Producción nacional de piña	5
2.2 Aplicaciones alternativas de la fibra de piña	6
2.3 Generalidades sobre el cultivo de la piña	9
2.3.1 Botánica de la piña	9
2.3.2 Características de la raíz y de la parte vegetativa	9
2.3.3 Características de la flor	10
2.3.4 Características y propiedades del fruto	11
2.5 Las fibras y su proceso de extracción	12
2.5.1 Características de las fibras naturales	12
2.5.2 Características y propiedades de las hojas y fibras de la piña	17
2.5.3 Principales cualidades de la piña como material de fibra	20
2.5.4 Características del desfibrado por el método mecánico	21
2.6 Producción artesanal mazateca	22
2.6.1 Importancia económica de la artesanía	23
Capítulo 3: Metodología	26
3.1 Metodología para la obtención de la fibra	26
3.2 Características del desfibrado por el método manual	27
3.2.1 Separación de plantas de la piña	27

3.2.2 Selección y desecho de las hojas de la piña	28
3.2.3 Raspado de las hojas	28
3.2.4 Eliminación de residuos en las fibras.....	29
3.2.5 Obtención de las fibras	29
3.3 Hilatura de la fibra	31
3.4 Pruebas mecánicas del desfibrado	32
3.4.1 Pruebas de resistencia a la tensión	32
3.4.2 Pruebas de microscopía	33
3.4.3 Pruebas de termo balanza o de secado	35
Capítulo 4: Teñido de las fibras	36
4.1 Métodos de aplicación	36
4.1.1 Preparación de la fibra.....	37
4.1.2 Teñido de la fibra	37
4.1.3 Terminación de la fibra	38
4.1.4 Secado de la fibra	38
4.2 Proceso de obtención de los tintes naturales.....	39
4.3 Prueba de degradación o decoloración en agua.....	42
4.4 Prueba de degradación o decoloración al sol	43
4.5 Pruebas de desprendimiento de la fibra teñida.....	43
4.6 Pruebas de tejido en telar	44
4.7 Medición del telar	46
4.8 Prueba de resistencia de la trama.....	46
Capítulo 5: Elaboración de productos textiles con fibras extraídas de la planta de la piña	48
5.1 Propuesta con tela manta	48
5.1.1 Propuesta de bordado con hilo comercial y fibra de la planta de la piña	49
5.2 Propuesta con tela rayón	52
5.2.1 Propuesta de bordado con la fibra de la planta de la piña	53
Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones	55
6.1 Conclusiones.....	55

6.2 Recomendaciones	56
Glosario.....	57
Bibliografía	59

Índice de figuras

Fig. 1 Ejemplos de aplicaciones elaborado con fibra de piña: a) vestido, b) tela, c) bolso, d) camisa	7
Fig. 2 Obtención del papel, mediante inmersión en suspensión de fibra de piña....	8
Fig. 3 Plantación de la piña	10
Fig. 4 Floración de la planta de la piña.....	11
Fig. 5 Clasificación de las fibras naturales	13
Fig. 6 Comparativo de resistencia – peso entre materiales de fibras	17
Fig. 7 Cosecha del cultivo de la piña.....	18
Fig. 8 Micrografía de la fibra de piña por SEM a) 25X y b) 125X	19
Fig. 9 Máquinas desfibradoras de diversas plantas fibrosas.....	21
Fig. 10 Productos artesanales mazatecos, para hombres y mujeres de la región	23
Fig. 11 Elaboración del algodón.....	24
Fig. 12 Diagrama de la metodología para la extracción de la fibra de la piña	26
Fig. 13 (a) (b) Separación de las plantas	27
Fig. 14 (a) (b) Selección de hojas de la planta de la piña.....	28
Fig. 15 (a) (b) Raspado de las hoja para la obtención de la fibra.....	29
Fig. 16 Procesamiento de la fibra.....	30
Fig. 17 Secado de la fibra	30
Fig. 18 Proceso de encolado de la fibra.....	31
Fig. 19 Hilatura de la fibra obtenida.....	31
Fig. 20 Prueba de resistencia a la tensión de la fibra.....	33
Fig. 21 Micrografía de la fibra de piña a 150X. a)muestra del corte transversal de la fibra a 150X. b)muestra longitudinal de la fibra a 150X.....	34
Fig. 22 Microscopio Estereoscópico.....	34
Fig. 23 Determinación de pérdida de humedad de la fibra por medio de la máquina de Termo Balanza Electrónica Moisture Balance, MOC-120H. a)pérdida de humedad de la fibra a 120°C, b)resultado obtenido de la pérdida de humedad de la fibra.	35
Fig. 24 Fibras obtenidas de las hojas de la planta de la piña.....	37
Fig. 25 Proceso de teñido de la fibra: a)preparación del líquido a 120°C, b) sumersión de la fibra, c) expulsión de la fibra, d) fibra teñida.	38
Fig. 26 Obtención de colores por medio de pigmentos naturales.....	39
Fig. 27 Proceso de extracción de colorante a fuego lento.....	41
Fig. 28 Proceso de descoloración de las fibras teñidas a 1 semana.....	42
Fig. 29 Decoloración del añil en una semana	42
Fig. 30 Material fibroso expuesto al sol.....	43

<i>Fig. 31 Desprendimientos de residuos porosos en la fibra teñida dentro del agua.</i>	43
<i>Fig. 32 Vista microscópicas del teñido.</i>	44
<i>Fig. 33 Elaboración del telar 20cm x 20cm</i>	44
<i>Fig. 34 Telar de 20cm x 20cm de fibra de piña</i>	45
<i>Fig. 35 Muestras obtenidas en el microscópio. (a)fibra teñida del pigmento de achiote, (b)fibra teñida del pigmento de Jamaica, (c)fibra teñida del pigmento de hoja de flor de cempasúchil.</i>	45
<i>Fig. 36 Sistema sarga del telar (Trama-Urdimbre) elaborado manualmente:</i>	
<i>(a)muestra del telar de 20cm x 20cm, (b)muestra del tramo de 1cm x 20cm.</i>	46
<i>Fig. 37 Prueba de resistencia a la tensión de la trama de 1cm x 20cm de la fibra de piña</i>	47
<i>Fig. 38 Aplicaciones de la tela manta en la región mazateca: a)manta común, b)blusa de gala, c)blusa de diario, d)mantel.</i>	48
<i>Fig. 39 Diferencia de bordados con distinto material elaborado. a)hilo comercial, b)hilo de la fibra de la piña</i>	49
<i>Fig. 40 Elaboración de blusa con bordado del hilo comercial de la región</i>	50
<i>Fig. 41 Elaboración de blusa con bordado de fibra extraído de la planta de la piña</i>	50
<i>Fig. 42 Manteleta lavada y bordada con hilo extraído de la fibra de la planta de la piña.</i>	51
<i>Fig. 43 Muestras micrográficas tomada de la fibra bordada en la tela manta</i>	53
<i>Fig. 44 Muestras de tela rayón y bordados con hilos comerciales</i>	54
<i>Fig. 45 Muestra en tela rayón, con material elaborado de la fibra de la planta de la piña</i>	54
<i>Fig. 46 Muestras de la textura en microscopio de tela rayón – fibra de piña:</i>	
<i>a)muestra de imagen por luz transmitida en el microscopio, b)muestra tomada con luz directa en el microscópio para observar el material fibroso</i>	55

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Estados productores de piña y hectáreas cosechadas</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2 Composición química de las fibras naturales.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3 Propiedades físico – mecánicas de algunas fibras.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4 Dimensiones de las hojas de piña</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5 Cualidades de la piña, como material de fibra.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 6 Partes principales de una máquina desfibradora</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 7 Colores obtenidos de los pigmentos naturales.....</i>	<i>39</i>

PARTE I:
ANTECEDENTES

Presentación del problema

1.1 Planteamiento

En los últimos años se ha mostrado interés en las fibras naturales para su uso potencial como materiales poliméricos, obteniéndose nuevos materiales con propiedades físicas y mecánicas que le permitirían su uso y aplicación en diversas ramas de la industria. Para las diversas aplicaciones prevén un futuro exitoso en el uso de las fibras naturales de piña, así también como la problemática que atraviesan los productos agrícolas mexicanos, de esta manera se busca el aprovechamiento de este material de desecho que es el caso de la planta de la piña, donde sería una alternativa para convertir su producción en una actividad rentable.

Los residuos del cultivo de piña son la mejor alternativa para la obtención de fibra, proyectándose esta como una opción para dar valor agregado al cultivo, a través de la elaboración de productos artesanales mazatecos por medio de la extracción de la fibra de la planta de la piña (*ananas comosus*), como una fuente de innovación y un material alternativo, que además es un producto natural y no contaminante. Por tal razón, al utilizar este material, se pretende obtener entre los principales beneficios, el reducir el costo de producción en los productos artesanales mazatecos, el uso de materiales comerciales de tal manera que se genere un ahorro económico.

Estas fibras de piña al ser resistentes, son ideales para los artesanos de la región mazateca, los cuales como fuente de ingreso principal, tienen la creación de textiles, actividad que es ampliamente valorada, además de tener una elevada demanda en el mercado regional, estatal y nacional. La importancia de la artesanía textil de la región mazateca es relevante, debido a que ha perdurado a través del tiempo, generando artículos como los huipiles de vistosos bordados de flores y de animales, servilletas, manteles, blusas, entre otros. La venta de estos productos es una fuente de ingresos para las y los artesanos.

1.2 Justificación

La piña, el principal fruto de esta región, fue introducida por norteamericanos de la compañía Morrison en Cosolapa, Oaxaca y Tezonapa, Veracruz (pueblos separados sólo por la vía del ferrocarril), cerca de Tierra Blanca, Veracruz en el año 1903, la variedad que trajeron directamente de Hawái, era la llamada Cayena Lisa.

Actualmente en el mercado, existen pocas propuestas de diseños textiles elaboradas con la fibra de piña. Por lo cual ha surgido un interés particular en la elaboración de productos textiles con fibras naturales para la región mazateca. Durante el procesamiento de este fruto se obtiene una enorme cantidad de desechos o desperdicio constituyentes de la planta de la piña que son la cascara, corona, corazón, entre otro.

En este trabajo, la extracción de la fibra de la planta de la piña (*ananas comosus*) se presenta como un material biodegradable para la elaboración de los bordados

de la región mazateca, sin perder la iconografía en la vestimenta y usos de artículos de la región.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Extracción de fibra de la planta de la piña (*ananas comosus*) para elaborar bordados artesanales de la región mazateca.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Obtención de los hilos con las características adecuadas para ser utilizados en los bordados.
- Generar diseños de muestras de los bordados en módulos con las fibras extraídas de la planta de la piña.
- Demostrar el reducir el uso de materiales comerciales.
- Demostrar el reducir el costo de producción.
- Demostrar la reducción del impacto cultural.

Marco teórico

2.1 Producción de la piña

La región de la cuenca del Papaloapan, dentro de la cual se encuentra el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, se localiza en la parte norte del estado de Oaxaca, comprendido dentro de la región del Bajo Papaloapan, colindando con el sur del estado de Veracruz, con latitud 18° 06' N y longitud 95° 53' W (*Comisión Nacional de Fruticultura SAG, 1976*) , afluente del río Papaloapan teniendo una superficie de 8,672 km² (*Comisión Nacional de Fruticultura SAG, 1976, p.23*) aproximadamente, en la cual se encuentra la principal productora de piña a nivel nacional. La piña (*ananas comosus*) es un fruto de origen natural, dicho producto es principalmente utilizado la mayor parte en empacadoras de la zona de loma bonita, Oaxaca, donde el fruto es procesado y llevado al comercio, y el resto como la cascara, corona, corazón, mandado al desperdicio (*Medina J.C, 1999, p.35*).

Este fruto representa una actividad económica importante para Loma Bonita, Oaxaca, debido a la gran cantidad de mano de obra que requiere para su cultivo y el corte de la misma, de manera que es una gran fuente de trabajo para los habitantes de la región.

La principal zona productora de piña, abarca los estados de Veracruz y Oaxaca. Esta región se conoce como la cuenca del Papaloapan, se encuentran los

principales municipios Piñeros que pertenecen a los estados ya mencionados y que presentan una gran similitud de factores climatológicos, topográficos e hidrográficos, además de que tienen homogeneidad en aspectos relacionados con las modalidades de cultivo, producción y comercialización. Los municipios que forman parte de esta región son: Medellín, Alvarado y Tlalixcoyan, Veracruz. Así como Villa isla, Juan Rodríguez Clara, Villa Azueta y Chacaltianguis, Veracruz, Loma Bonita y Tuxtepec, Oaxaca.

La importancia de considerar la fibra textil de la piña, es con el objetivo de adquirir un mayor conocimiento sobre las fibras de origen natural, y dar a conocer sus beneficios y ventajas, que pueden ser obtenidas mediante su utilización, y el impacto que pueden tener sobre el medio ambiente.

2.1.1 Proceso de producción del cultivo de la piña

El proceso de producción de la piña consiste de las siguientes labores: preparación del terreno, la siembra, la fertilización, el control de malezas, el control de plagas y enfermedades, los riegos, el tapado, la inducción floral, producción de semillas y, finalmente, la cosecha de la fruta (*Revista Agro-Produce, 2006, p.08*).

2.1.2 Producción nacional de piña

Las variedades que se producen en nuestro país: La Española roja, Cabezona, Sugar Loaf, Esmeralda, la Cayena Lisa y MD-2. La producción de esta fruta es de 600,000 toneladas al año, ocupando el treceavo lugar mundial; el 80% de la producción se destina al mercado en fresco que equivale a 480,000 toneladas; el

20% a la industria, solamente del 5% al 8% se destina al mercado internacional (*Revista Agro-Produce, 2006, p.10*).

Los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Nayarit son los principales productores de la fruta (*Arredondo C. C, 2006, p.39*). De acuerdo a cifras reportadas durante el periodo de 1990-1999, cinco entidades concentraron el 99% de la superficie sembrada y cosechada, así como de la producción (Tabla 1).

Estado	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Veracruz	5320	5923	7221	7811	9134	9205	11525	11516	11320	11600
Oaxaca	2653	2810	1880	1920	2420	2410	2060	1770	1650	1600
Tabasco	0	654	1528	1300	1530	2150	2150	1450	1520	1480
Nayarit	0	279	767	801	836	1102	514	870	890	850
Quintana Roo	32	43	44	69	69	61	63	30	55	50
Otros	40	200	419	474	558	614	737	737	737	737
Total	8045	9909	11859	12375	14507	16465	17049	16373	16172	16317

Tabla 1 Estados productores de piña y hectáreas cosechadas.

Fuente: Aserca, 2000.

2.2 Aplicaciones alternativas de la fibra de piña

En la actualidad, existen algunas aplicaciones que se le han dado a las fibras de la piña, entre ellos podemos mencionar algunos ejemplos. En Aklan Filipinas (Sureste de Asia) se realiza la fabricación de textiles, manufacturando artículos valiosos como Kimonos, pañuelos, bolsas, vestidos, mantel individual, servilletas, fundas para almohadas, tal como se muestra en la Fig.1.

En consecuencia, en algunas naciones productoras de piña se explota comercialmente la fibra en las industrias del vestido y papel. Donde la fibra de la piña ofrece una textura y color similar al de la seda. Estos artículos son hechos a base de la planta de la piña siendo la variedad española roja la más utilizada debido a que sus hojas pueden medir hasta 2 metros de largo y 1.5 metros de ancho.



Fig. 1 Ejemplos de aplicaciones elaborado con fibra de piña: a) vestido, b) tela, c) bolso, d) camisa.

Fuente:(a)<http://www.heartsleevesblog.com/pineapple-silk-fashion/>,

(b)http://www.dbathis.com/p44/PINEAPPLE+FIBER+FABRIC/product_info.html

(c) <http://www.warpedforgood.com/tag/overshot/#sthash.vVYPOKSK.dpbs>

(d)http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Man's_shirt_from_Luzon,_pineapple_fiber,_plain_weave,_embroidery,_Honolulu_Museum_of_Art.JPG

Otra aplicación importante, es la obtención del papel, mediante la inmersión en la suspensión de fibra de un marco de madera, el cual tiene tamiz fino (Fig. 2). Después de realizar esta etapa, las fibras depositadas en el tamiz son colocadas en un trapo húmedo. Con el tiempo se han elaborado productos derivados con la fibra de piña como es el reemplazo de madera comprimida en el diseño (Castro R. C. 2009, p.43), en donde se contempla diseño de muebles a partir de la cascara de la piña y con esto se pretendió una alternativa para la transformación de los desperdicios, planteando una alternativa para mejorar los ingresos de los

productores. En esta industria del papel la fibra de piña cuenta con otras cualidades como: finura de la hoja, textura y flexibilidad.



Fig. 2 *Obtención del papel, mediante inmersión en suspensión de fibra de piña.*

Fuente: <http://www.angelfire.com/va3/daca/pinaa.htm>

Pese a las cualidades que ofrece la fibra de la planta de la piña para su explotación comercial, no se aprovecha eficientemente debido a diversos factores:

1. Elevada heterogeneidad en la calidad de los frutos producidos.
2. Marcada dilucididad en la producción de piña generando incertidumbre respecto al abasto de materia prima.
3. Preferencia de los productores a utilizar las mermas y producto no vendido como alimento animal o simplemente a la basura.
4. Falta de difusión en utilización de los diferentes usos de las hojas, residuo de la piña.
5. Escasez de recursos por parte de los productores para impulsar la integración vertical hacia delante de los productos comerciales del uso de la piña.

2.3 Generalidades sobre el cultivo de la piña

Para comprender el proceso de desfibrado y algunos parámetros funcionales de la extracción de fibra de la planta de la piña, es necesario conocer el material biológico a procesar. Este capítulo presenta justamente los aspectos teóricos más importantes de la piña.

2.3.1 Botánica de la piña

La piña es una planta que pertenece a la familia de las Bromeliáceas, cuyo género *ananas*, especie *comosus* (Córdoba P.M.D, 2011, p.12). Es una planta monocotiledónea herbácea.

2.3.2 Características de la raíz y de la parte vegetativa

El crecimiento de la planta de piña se asocia a dos tipos de raíces: las del suelo y las axilares o adventicias. El sistema de raíces del suelo proviene de la base del tallo cuya extensión lateral es de 1m a 2m y penetra a profundidades de hasta 80cm. Las raíces adventicias se desarrollan en las axilas de las hojas, probablemente como respuesta a la acumulación de agua en la base de las mismas debidos al rocío, lluvia o irrigación (Reina G.E.G, 1994, p.23). Estas raíces alcanzan a penetrar dentro del suelo, cuando las hojas viejas mueren o declinan.

El tallo es relativamente corto y grueso; tiene la forma de un mazo de consistencia carnosa y mide de 20cm a 40cm de longitud. En su base es angosto (2cm a 4cm) y justo debajo del ápice está su parte más ancha de aproximadamente 6cm a 8cm de diámetro con entre nudos muy cortos, de 1mm a 10mm entre ellos.

Una planta adulta como lo muestra (Fig. 3), presenta de 70 a 80 hojas dispuestas en espiral formando una roseta, en la cual los elementos jóvenes se encuentran en el centro. A la edad de 10 meses a 12 meses la planta tiene de 60 a 80 hojas completamente desarrolladas y dependiendo de la densidad de plantación su espaciamiento es muy corto y tiene una longitud máxima de 1m.



Fig. 3 Plantación de la piña.

Fuente: Propia

2.3.3 Características de la flor

A la prolongación del tallo que se desarrolla cuando la planta completa su crecimiento vegetativo se le llama pedículo. Se manifiesta por un engrosamiento del tallo en su meristemo terminal después de un periodo corto en el cual se había estrechado; en este momento se inicia la diferenciación del péndulo, en cuyo extremo apical se desarrolla la inflorescencia que dará origen al fruto. La flor da origen a un fruto individual llamado baya. Es hermafrodita del tipo trómera, es decir con tres sépalos, tres pétalos y seis estambres situados en dos verticilos y un pistilo con ovario ínfero (debajo de los demás verticilos de la flor). Las flores están

dispuestas en espiral alrededor de un eje o "corazón", que es la prolongación del pedículo (Fig. 4).

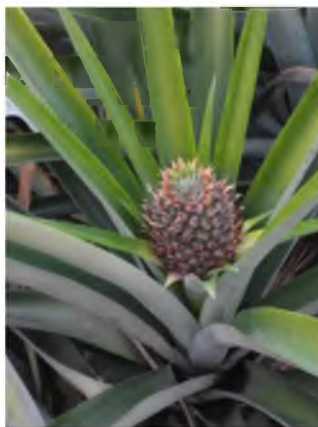


Fig. 4 Floración de la planta de la piña

Fuente: Propia

2.3.4 Características y propiedades del fruto

Se forma sin la fecundación del óvulo y por tanto, sin la formación de semilla; después de la antesis, todas las piezas florales contribuyen a formar el fruto partenocárpico, excepto el estilo, los estambres y los pétalos, los cuales se marchitan. La parte comestible del fruto presenta la siguiente composición química: contenido de agua en un 81% a 86%, quedando el restante 14% a 19% como sólidos totales; de éstos, la sacarosa, glucosa y fructuosa son los principales componentes con valores de 11°Bx a 17°Bx (Reina G.E.G, 1994, p.19). Éstos, en conjunto con los carbohidratos representan hasta el 85% de los sólidos totales, complementándose con la fibra en un 2% a 3%. Está libre de grasas y colesterol. Es rico en calcio, potasio, silicio, magnesio y cobre. Entre sus componentes nutritivos importantes figuran su alto contenido de vitamina C, vitamina A y el

complejo B. De los ácidos orgánicos, el cítrico es el más abundante, con cantidades que varían entre 0.4% a 1.2% (Olivares P.R.J, 2003, p.15).

2.5 Las fibras y su proceso de extracción

Las fibras naturales pueden ser obtenidas de las diversas partes de un vegetal, por ejemplo de las raíces, tallos, hojas, semillas, entre otros; en el caso de la piña, ésta proviene de la hoja de la planta. Cada una de estas tiene características y propiedades físicas y bioquímicas propias. El presente capítulo se encarga de presentar toda esta información. El objetivo es mostrar la importancia de las fibras, justificar su extracción y prever de datos técnicos para la elaboración de los diseños artesanales mazatecos.

2.5.1 Características de las fibras naturales

Las fibras a base de celulosa son clasificadas tal y como se muestra la (Fig. 5). La fibra de piña es obtenida de las hojas de la planta, la cual no es maderable.

Los residuos fibrosos son considerados lignocelulósicos por estar formados principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina (Tabla 2 y Tabla 3), esta composición les confiere propiedades y estructura para ser usados en composta, textiles, en la manufactura de pulpa y papel, producción de combustibles alternativos, enzimas, entre otros.

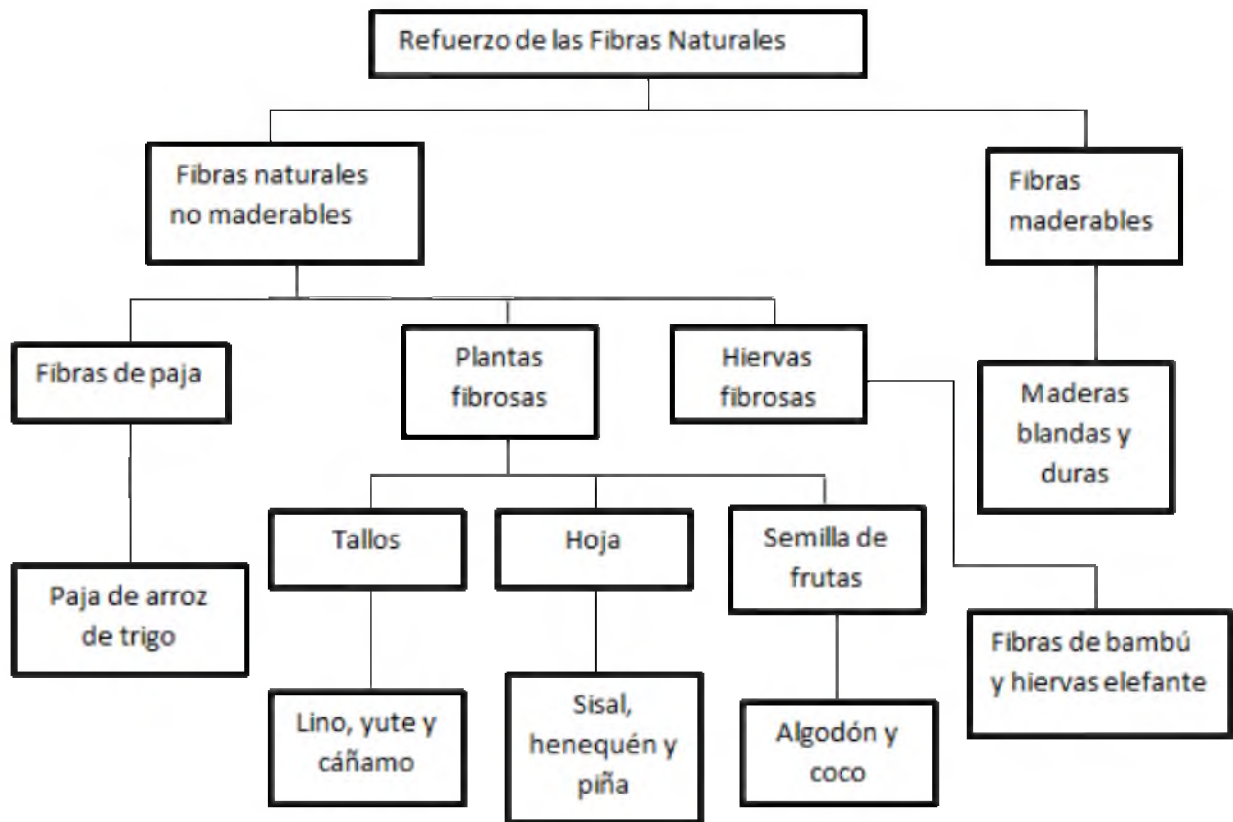


Fig. 5 Clasificación de las fibras naturales.

Fuente: http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/fibras/fibras_naturales_alternativa.

Cultivos	Holo celulosa	α celulosa	Pentosa	Anhídrido urónico	Acetileno	Lignina
Yute	83	60.5	12.4	5.0	3.8	13.3
Agave (hojas)	NA	64.8	NA	NA	NA	15.9
Agave (tronco)	NA	64.9	NA	NA	NA	16.8
Agave lechuguilla	NA	79.8	NA	NA	NA	15.3
Agave henequén	NA	77.6	NA	NA	NA	13.1
Mesta (cáñamo de la india)	87.4	60	14.8	3.9	4.8	10.1
Reselle (flor de Jamaica)	88.2	59.7	15.0	4.2	4.8	9.9
Sisal	89.2	63.9	17.9	5.8	4.6	8.6
Cáñamo seco	93.8	78.3	3.6	1.7	1.5	4.0
Banana	88.7	61.5	14.9	5.3	2.8	9.7
Ramio	96.0	86.9	3.9	5.6	0.6	0.5
Lino	85.0	70	4	3	1	5
Piña	NA	69.5	17.8	5.3	2.7	4.4
Cáñamo húmedo	88	70.8	4	5	2	5

Tabla 2 Composición química de las fibras naturales.

Fuente: MWAIKAMBO, Leonor and Ansell, Martín. Chemical modification of hem, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. Journa of Applie polymer sciencie. Bath. Vol, 84, No.12.

Fibras Lignocelulosas	Densidad $\rho \left(\frac{g}{cm^3} \right)$	Resistencia a la tensión $\sigma (Mpa)$	Módulo de Young (Gpa)
Bagazo	0.34 a 0.49	135 a 222	15 a 17
Bambú	1.03 a 1.21	106 a 201	--
Banana	0.67 a 1.50	700 a 800	27 a 32
Coco	1.15 a 1.52	95 a 220	4 a 6
Lino	1.30 a 1.50	344 a 1035	26 a 28
Cáñamo	1.07	389 a 690	35
Yute	1.30 a 1.45	393 a 800	13 a 27
Piña	1.44 a 1.56	362 a 1627	35 a 83
Ramio	1.5	400 a 1620	61 a 128
Sisal	1.26 a 1.50	287 a 913	9 a 28
Madera blanda	0.46 a 1.50	112 a 1000	11 a 40
Madera dura	0.67 a 1.50	300 a 1500	30 a 80
Vidrio	0.76 a 2.58	2000 a 3450	70 a 73
Carbón	1.78 a 1.81	2500 a 6350	230 a 400
Aramida	1.44	3000 a 4100	63 a 131

Tabla 3 Propiedades físico – mecánicas de algunas fibras.

Fuente: WAMBUA, Paul, IVENS, Jan y VERPOEST, Ignass. Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?. En: Composites Science and Technology. Bélgica. Vol. 63, No. 9.

En cuanto a sus propiedades resistentes se les confiere los siguientes usos y aplicaciones:

1. Cestería, definida como la confección de productos tejidos con fibras vegetales, por ejemplo: canastas, esteras, sombreros, ramos para Semana Santa o trampas para pesca.

2. Cordelería, que incluye trenzado de fibras vegetales para elaborar cuerdas, sogas y otros materiales para ataduras y amarres.
3. Techado de casas.
4. Fabricación de escobas.
5. Material para relleno de colchones, almohadas y utensilios para montar.
6. Textil, que refiere la confección de productos, a partir de la extracción de la fibra, mediante un proceso de hilado, entrelazado y/o tejido, por ejemplo: para elaborar bolsos, ropa, calzado, telas o alfombras.
7. Construcción de embarcaciones.
8. Comercial, que incluye cualquier producto de fibra que se vende en los mercados locales (*Hollen N, Jone Saddler, 1997, p.24*).

Otra característica de las fibras naturales es su abundancia, el ser un recurso renovable de bajo costo y amigable con el ambiente, de tal manera que en los últimos años las fibras sintéticas parecen ser sustituidas por las naturales. Algunas de estas fibras como el sisal, plátano, yute, kenaf y coco se han utilizado, incluso, como refuerzo en compuestos termoplásticos para aplicaciones en productos de consumo, textiles, muebles, viviendas de bajo costo y estructuras civiles. En la Fig.6, se puede observar que la resistencia de las lignocelulósicas es equiparados a la de varias aleaciones metálicas y con la ventaja de que son menos pesados.

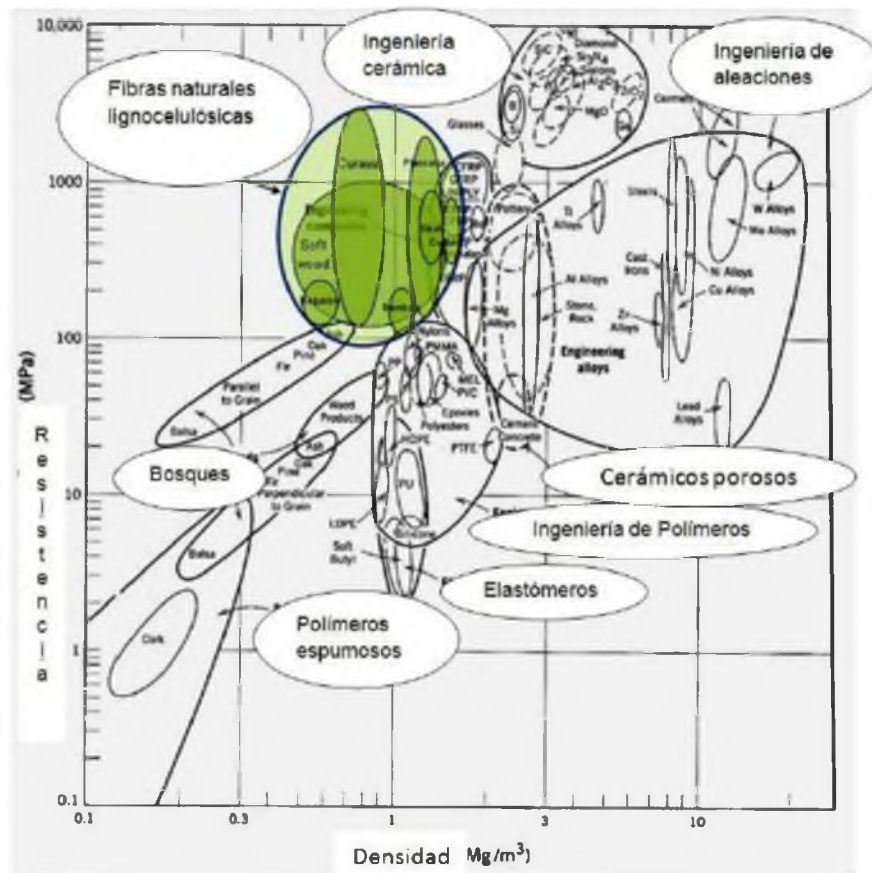


Fig. 6 Comparativo de resistencia – peso entre materiales de fibras.

2.5.2 Características y propiedades de las hojas y fibras de la piña

Una vez que se ha cosechado la fruta de la piña, los restos de la planta (Fig.7) que son el 80% de la masa total del cultivo, sirven de alimento al ganado de pastoreo o bien, es chapeado inmediatamente o al inicio del otro ciclo de cultivo. Estos residuos son las hojas fibrosas que pueden ser aprovechados de una manera más eficiente y rentable.



Fig. 7 Cosecha del cultivo de la piña.

Fuente: Propia

Una planta joven presenta de 25 a 30 hojas, mismas que producen fibras en un dos a tres por ciento de su peso (hoja verde). Las dimensiones de estas hojas varían en un cierto rango, la cual se muestra en la Tabla 4.

Largo	Ancho	Espesor	Peso
90 cm a 150 cm	2 cm a 5 cm	0.5 a 1.5 mm	50 a 60 g

Tabla 4 Dimensiones de las hojas de piña.

Fuente: Propia

Las fibras de la hoja de la piña están constituidas principalmente del 85% de holocelulas, de la cual aproximadamente el 74% lo presenta la α -celulosa, teniendo un bajo contenido de lignina de alrededor de 10% (Khalil A, 2006, p.45).

La estructura interna de la fibra de la piña, está compuesta por fibras más pequeñas denominadas "microfibras" que a su vez se componen de un conglomerado de tejidos helicoidales. Estos tejidos confieren elasticidad a la fibra

y están recubiertos por una película gruesa constituidos por tejidos planos sobrepuestos (Fig.8).

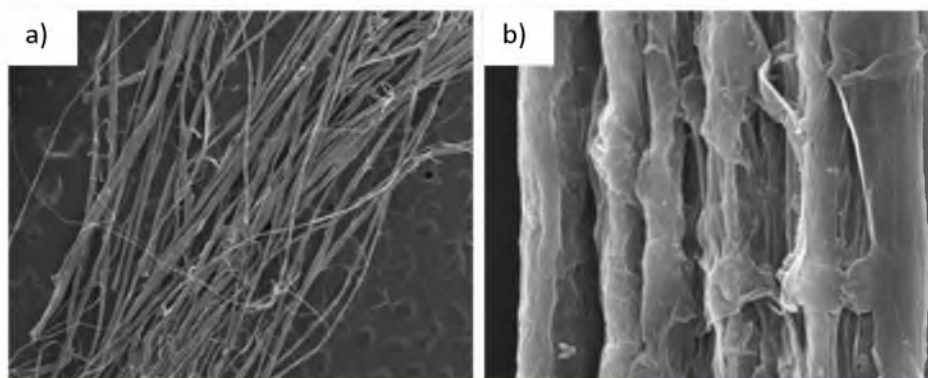


Fig. 8 Micrografía de la fibra de piña por SEM a) 25X y b) 125X.

Fuente:https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0CAcQjRw&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.br%2Fscielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0104-14282012000100015&ei=iISMVZ6wOoLWsAX_kK4g&bvm=bv.96782255,d.aWw&psig=AFQjCNHihFvJ1ck7YKTcbJR6kjiRB_HTEQ&ust=1435346422766536

Al igual que las demás fibras naturales y tal como se ha mencionado en párrafos anteriores, la fibra de este cultivo tiene el potencial para la fabricación de textiles, cuerdas, prendas de vestir, forros de muebles. Actualmente se ha utilizado como refuerzo del polipropileno mejorando sus propiedades mecánicas (Quesada S. K, 2005, p.23). Las pruebas de dilatación, flexibilidad e impacto de estos materiales, han determinado que el compuesto de polipropileno presenta un incremento en su resistencia al combinarlo con la fibra de piña.

Se debe considerar, al trabajar con materiales de origen natural, que gran parte de las propiedades de las fibras se ven influenciadas por aspectos como la variedad de la planta, del clima, la altitud y las condiciones de las zonas de cultivo.

2.5.3 Principales cualidades de la piña como material de fibra

Adicionalmente, la piña ofrece ventajas para su aprovechamiento comercial como fibra, por ello a nivel mundial se ha incrementado la investigación de este material. Las principales investigaciones respecto a la capacidad de utilización de la hoja de la piña como material de fibra donde se han realizado en Brasil, Estados Unidos, La India y Filipinas (*Geo Coppensd'Eeckenburgge & Freddy Leal, 2001, p.44*). La fibra de piña registra una amplia gama de ventajas para su aprovechamiento en comparación con otras fibras tradicionales de origen natural. Entre las principales cualidades de la fibra de la planta de piña, se muestra en la siguiente Tabla 5.

Elevada suavidad de la textura
Amplia longitud de fibra
Retención elevada de tintura
Elevada blancura y lustro
Gran resistencia al vapor
Elevada resistencia a la sal
Elevada resistencia a la tracción
Potencial explotación comercial

Tabla 5 Cualidades de la piña, como material de fibra.

Fuente: Propia

2.5.4 Características del desfibrado por el método mecánico

El método mecánico ha demostrado ser los más económicos y eficientes, aunque presentan un ligero daño a las fibras pero sin sacrificar en demasiado la calidad de dicho material (Mayorga H, 2004, p.219). Existen diversidad de máquinas para la extracción de las fibras naturales, todas ellas utilizan el principio de raspado, peinado y machacado. Los dispositivos o mecanismos para lograr esto son mediante tambores giratorios con clavos y cuchillas (Ascanio R.D, 2014, p.18). En México, sin embargo no existe tecnología de este tipo, tal vez porque no ha existido interés en aprovechar este recurso natural. En la (Fig.9) se muestra diferentes máquinas desfibradoras para cada tipo de planta y en la Tabla 6 se resumen las partes principales de las que constan.



Fig. 9 Máquinas desfibradora de diversas plantas fibrosas.

Fuente: (a) https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0CAcQjRw&url=http%3A%2F%2F1080plus.com%2FLNM36Fj_MVI.video&ei=9YeMVdSDJ4OwsAXzqYGwBw&psig=AFQjCNH9LdqbGRLAsah34F0Q8XKg-IF4Tg&ust=1435359553967042

(b) <http://andandoporbogota.blogspot.mx/2014/07/el-fique-una-planta-industrial-de.html>

Partes	Características
Mecanismo alimentador	Es el encargado de introducir la materia prima a la máquina
Mecanismo desfibrador	Extrae las fibras de las hojas
Mecanismo de salida	Expulsa el producto obtenido del proceso
Estructura de la máquina	Brinda el soporte estatico o dinámico a la máquina
Transmisiones	Transforma el movimiento del elemento motriz a la máquina
Elemento motriz	Generador de movimiento para la elaboración de la máquina

Tabla 6 Partes principales de una máquina desfibradora.

Fuente: Propia

2.6 Producción artesanal mazateca

La necesidad primaria del hombre en cubrir su cuerpo del frío, sol y lluvia, se transformó en el momento en que las fibras naturales obtenidas de vegetales o animales se hilaron y posteriormente se tejieron, proporcionando una diversidad en colores y texturas, entre más elaborada una prenda representaba símbolo de condición o referente de un status social. Una de las características en la región mazateca son los bordados que comprenden el gran colorido que tienen en la vestimenta de las personas, los dibujos no son estilizados y siempre representan vegetales o aves, como se muestra (Fig.10).

Los dibujos, bordados o entretejidos en la tela, varían y tienen características particulares en los diferentes grupos indígenas. A veces se conservan figuras antiguas. Los colores principales de los bordados son: amarillo, azul, rojo, morado, anaranjado y negro.

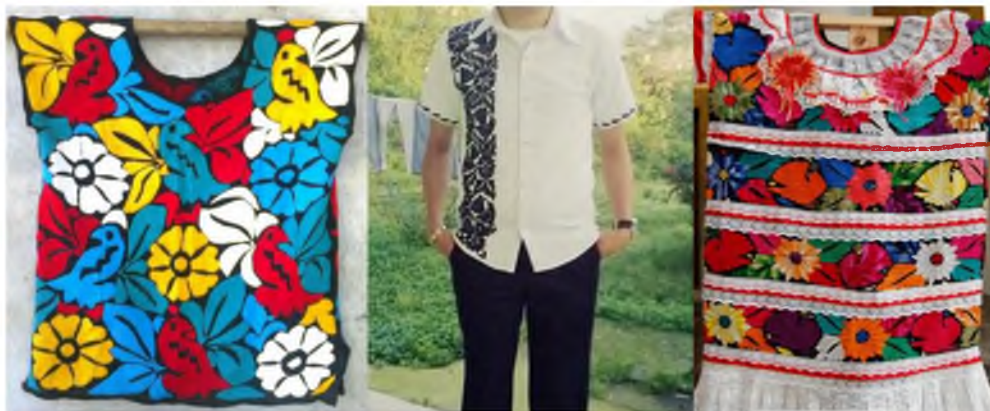


Fig. 10 Productos artesanales mazatecos, para hombres y mujeres de la región.

Fuente: Propia

Antes de la conquista española el arte textil de México alcanzó un alto desarrollo. Sus técnicas complicadas y los bellos motivos estilizados que lo decoraban, dejaron una rica tradición que, aunque no desapareció totalmente con la llegada de los españoles, poco a poco fueron sustituidas por telas y decoraciones de tipo europeo. Sin embargo en las comunidades indígenas menos afectadas por el mestizaje (en este caso la mazateca) se ha conservado hasta nuestros días, de generación en generación, una buena parte de esa maravillosa artesanía.

2.6.1 Importancia económica de la artesanía

La importancia económica de la artesanía es relevante porque ha perdurado a través del tiempo; se elaboran diversas prendas de vestir femenino: La principal y las que utilizan las mujeres indígenas son los huipiles de vistosos bordados, también se realizan otros bordados de vestido (bata) que fundamentalmente en su bordado se utiliza hilo comercial, que como resultado estampan vistosas figuras geométricas o de animales, dicha labor la realizan un 70% las mujeres mazatecas de la población (Santiago M.C, 2002, p.59). Este tipo de vestuario y en su distinta

modalidad, tiene una demanda en el mercado regional, estatal y nacional, tienen precios que oscilan según la calidad y circunstancias del mercado.

Otro producto de elaboración indígena, es el telar de cintura, que consiste en entrecruzar los hilos para formar la tela y que se obtiene una falda que lleva la mujer mazateca debajo del huipil tradicional, llamado cotín, en la actualidad las jóvenes de la comunidad suelen llevarla como falda con otro arreglo. De este sistema se obtienen con hilos comerciales. La elaboración de esta prenda la hacen las mazatecas auténticas del poblado (Fig.11).



Fig. 11 *Elaboración del cotín.*

Fuente: Propia

PARTE II:
TRABAJO
EXPERIMENTAL

Metodología

3.1 Metodología para la obtención de la fibra

En este capítulo se presenta la metodología de investigación realizada para la elaboración del presente proyecto (Fig.12). Donde se ofrece un panorama de las variables para cada ensayo y métodos de experimentación para la aplicación de las fibras obtenidas en diseños artesanales de la región mazateca.

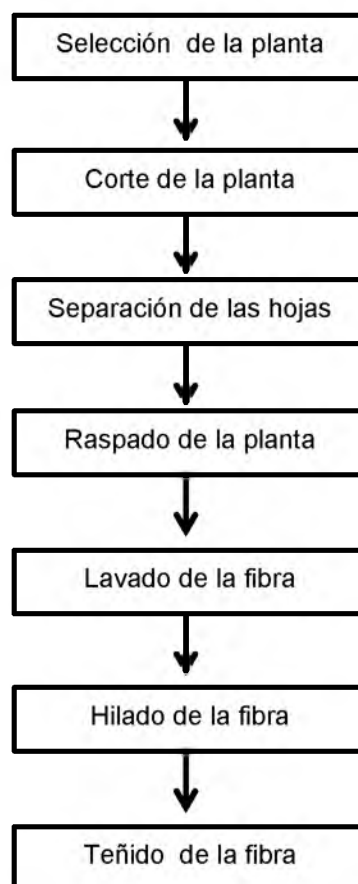


Fig. 12 Diagrama de la metodología para la extracción de la fibra de la piña.

Fuente: Propia

3.2 Características del desfibrado por el método manual

La obtención de la fibra de piña es laboriosa. En países donde se le procesa se menciona que manualmente se obtienen de 5 a 6 kg de fibra por 8 horas de trabajo (*Mukhejee P.S, 1985, p.06*) Ésta cantidad es muy baja, por lo que se hace necesario el procesamiento por otros métodos. En este sentido se conocen principalmente 3 métodos: el método biológico, el mecánico y el químico.

El presente proyecto, para la extracción manual de la fibra se llevó a cabo un proceso en donde describe paso a paso la extracción de la fibra de la planta de la piña.

3.2.1 Separación de plantas de la piña

En primer lugar se consiguió las plantas por medio de proveedores de la región, seleccionando las plantas con hojas de tamaño de 1 metro de largo aproximado. Se desecharon hojas secas y muy pequeñas, con la finalidad de tener la mayor cantidad posible de fibras largas para poder ser procesada de manera manual para el desfibrado de las hojas de la planta (Fig.13).



Fig. 13 (a) (b) Separación de las plantas.

Fuente: Propia

3.2.2 Selección y desecho de las hojas de la piña.

En este apartado, tal como se menciona se seleccionaron las hojas (Fig.14), dependiendo del largo utilizándose las que tienen mayor longitud y así obtener fibras largas y resistentes.



Fig. 14 (a) (b) Selección de hojas de la planta de la piña.

Fuente: Propia

3.2.3 Raspado de las hojas

Una vez obtenido la planta de la piña, y seleccionado las hojas en buen estado y con mayor longitud. Se realizó el raspado de las hojas para la obtención de las fibras, esto se lleva de manera manual con ayuda de una espátula y vidrio (10x10), con la cual se presionaron las hojas (evitando en lo posible que las fibras se seccionen), el objetivo de la espátula y el vidrio, únicamente es hacer presión para separar la capa externa de la hoja y de esa forma dejar expuestas las fibras, las cuales se retiran manualmente (Fig.15), de esta manera se logra obtener las fibras de las hojas de la planta de la piña sin dañarla.

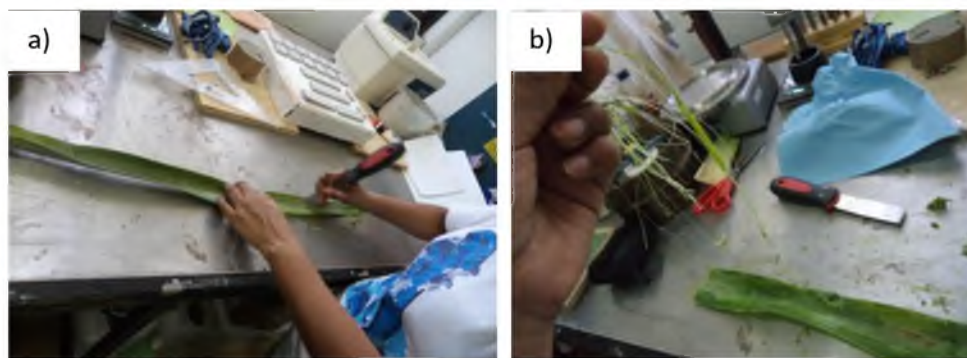


Fig. 15 (a) (b) Raspado de las hoja para la obtención de la fibra.

Fuente: Propia

3.2.4 Eliminación de residuos en las fibras

Conforme se fueron desfibrando las hojas, se obtuvieron los hilos y por consiguiente se introdujeron en un bote de agua para que no sufrieran ningún daño. De esta manera, se mantuvo dentro para cuidar la temperatura del calor y no arriesgarse a que se secaran rápidamente, hasta que se pudieran procesar.

3.2.5 Obtención de las fibras

Una vez obtenido las fibras, se llevan a cabo los tres principales pasos (lavado, secado, encolado):

1. Lavado: las fibras se depositan dentro del vaso de precipitado (Fig.16).
2. Secado: una vez pasado por el proceso del lavado, se deja reposar por media hora la fibra sin ser maltratada, para que pueda secarse ligeramente (Fig.17).
3. Encolado: Debido a que las fibras obtenidas tienen tamaños variables hasta de 50 cm, estas fueron sometidas a un encolado, que consiste en usar un

ligante natural (harina de yuca, o cualquier harina rica en almidones) para unir las fibras y formar un único hilo que posteriormente será utilizado para el proceso de hilado de trama, así obtener fibras largas y dimensional. En este proceso es muy sencillo, donde se deja calentar el agua y después aplicar el ligante natural en donde se mezcla cuidadosamente, así de esta manera se lleva a cabo el encolado, uniendo de punta a punta las fibras obtenidas (Fig.18).



Fig. 16 Procesamiento de la fibra

Fuente: Propia



Fig. 17 Secado de la fibra

Fuente: Propia



Fig. 18 *Proceso de encolado de la fibra.*

Fuente: Propia

3.3 Hilatura de la fibra

El proceso de hilatura consiste en la superposición de fibras, cohesionada entre sí por torsión (Fig.19). Las operaciones que van sucediendo en el proceso de hilatura de las fibras discontinuas o cortadas, que van paulatinamente limpiando, separando y disponiendo las fibras en el mismo sentido de su eje longitudinal para darles torsión, de tal manera que la hilatura de la fibra de la hoja de la piña sea transformado en hilados homogéneos y resistentes.



Fig. 19 *Hilatura de la fibra obtenida.*

Fuente: Propia

3.4 Pruebas mecánicas del desfibrado

En este capítulo se describen las pruebas realizadas a las fibras de la planta de piña, con el fin de evaluar los cambios en sus propiedades mecánicas correspondientes.

3.4.1 Pruebas de resistencia a la tensión

Estas pruebas fueron realizadas de acuerdo a la norma *ASTM CSS7 – KI* en una máquina universal *Shimadzu mod AG–1C* 100 kN con un software Trapezium (Fig. 20), esta máquina permite medir la resistencia máxima del material sujeto a una carga de tensión, donde el cambio por unidad de longitud en una dimensión lineal expresado en milímetros. Los datos que arrojo para la prueba de la fibra de la planta de la piña, se dio en una temperatura de 25 °C y una humedad entre 58-62%, donde la distancia entre mordazas fue de 10 cm y la velocidad de aplicación fue 1mm/min a 5 mm/min, con un diámetro obtenido de la fibra fue de 0.33 mm y una longitud de 100mm, obteniendo así un esfuerzo de 24 N/mm² y el módulo de Young obtenido para estas muestras es de 35 GPa a 83 GPa, Con esta prueba se buscó conocer el comportamiento mecánico de la fibra de piña al ser sometida a esfuerzos de tracción.

Estos ensayos de resistencia a la tensión se realizaron en el *Laboratorio de Mantenimiento Industrial de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz*.



Fig. 20 Prueba de resistencia a la tensión de la fibra.

Fuente: Propia

3.4.2 Pruebas de microscopía

Esta prueba se realizó en un *Microscopio Electrónico de Barrido JSM-7600F* marca *JEOL*, en donde la muestra fue tomada a 150X tal como se muestra en la (Fig. 21). En base a las micrográficas obtenidas se estimó que el tamaño promedio de las fibras era de entre 100micras y 350micras de diámetro. Por otro lado, la resistencia a la tensión varía entre los 362MPa a 1627 MPa y su densidad es de 1450 Kg/m³, aproximadamente. Esta prueba se llevó a cabo en el *Centro de Investigación en Micro y nanotecnología de la Universidad Veracruzana*.

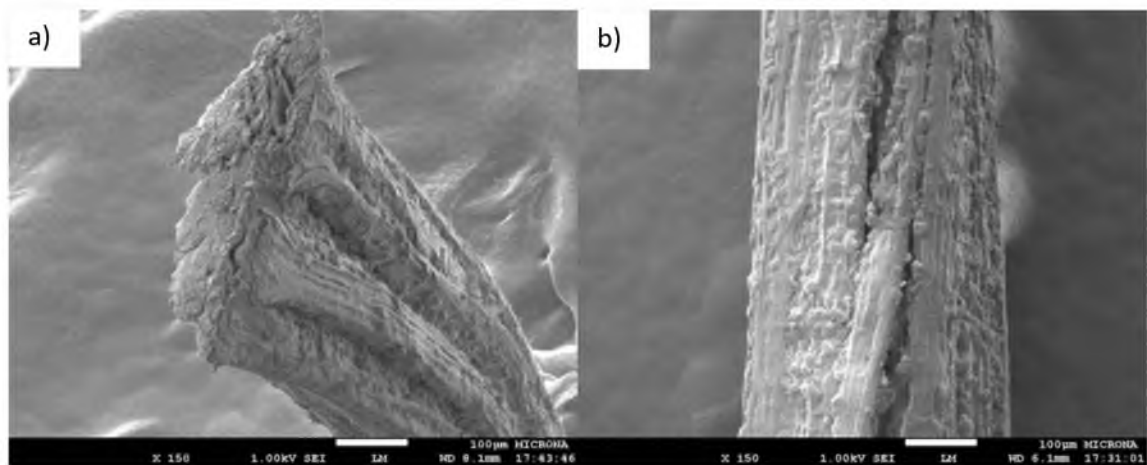


Fig. 21 Micrografía de la fibra de piña a 150X. a) muestra del corte transversal de la fibra a 150X. b) muestra longitudinal de la fibra a 150X.

Fuente: Propia

Otra de las pruebas de microscopía es con el aparato de *Microscópio Estereoscópico*, marca *Fisher Science Educatic*, utilizado en el Laboratorio Químico - Biológico de la Universidad del Papaloapan (Fig.22). Este con el fin de distinguir las diferentes muestras tomadas en la trama realizada con la fibra de la planta de la piña, así también muestras de los bordados de fibra teñidas.



Fig. 22 Microscópio Estereoscópico.

Fuente: Propia

3.4.3 Pruebas de termo balanza o de secado

La humedad de la fibra de la planta de la piña fue determinada mediante una máquina de *Termo Balanza Electrónica Moisture Balance*, MOC-120H. Este equipo está provisto con lámparas de cuarzo las cuales tienen como principal función servir como medio de calentamiento para evaporar el agua presente en la muestra. La pérdida de líquido es registrada por una balanza incorporada en el dispositivo, registrándose la pérdida de peso de agua y con lo cual se puede calcular la humedad relativa de la fibra. Las mediciones fueron realizadas a una temperatura de 120°C por un intervalo de tiempo de 13 min, donde se ocupó 3gr de fibra natural. Dieron como resultado una pérdida de humedad de 15.46 % (Fig. 23).

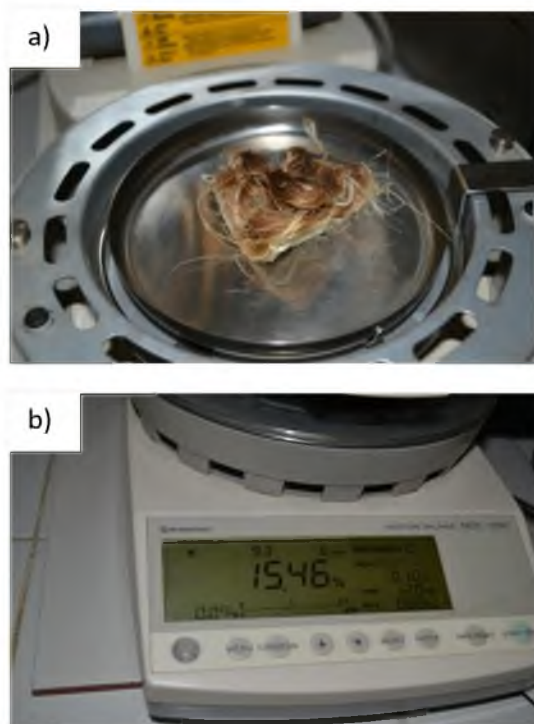


Fig. 23 Determinación de pérdida de humedad de la fibra por medio de la máquina de *Termo Balanza Electrónica Moisture Balance*, MOC-120H. a) Pérdida de humedad de la fibra a 120°C, b) resultado obtenido de la pérdida de humedad de la fibra.

Fuente: Propia

Teñido de las fibras

Se denomina colorante o tintes naturales a aquellas sustancias coloreadas extraídas de plantas, verduras y animales aptas para la tintura o coloración de las fibras textiles, y no sólo de textiles, ya que aún antes de la existencia de ellos fueron una herramienta de expresión artística. Como resulta fácil imaginar, fueron las sustancias pioneras en la coloración de las primeras piezas de construcción textil.

El objetivo de este capítulo es describir la metodología seguida para la obtención de colorantes naturales que pueden ser utilizados por los artesanos de la región mazateca para que estos puedan ser introducidos en la industria textil y ser presentados como opción para solucionar problemas de salud de aquellas personas alérgicas a los materiales y colorantes sintéticos. En otras palabras se pretende crear un producto 100% natural como alternativas para este tipo de personas.

4.1 Métodos de aplicación

Los pasos a seguir en el proceso de teñido son las siguientes:

- 1) Preparación
- 2) Teñido
- 3) Terminación
- 4) Secado

4.1.1 Preparación de la fibra

Se realiza la preparación de las fibras, para ser transformada en hilos de colores con pigmentos naturales, los hilos obtenidos serán sometidos a un proceso de lavado para eliminar restos de planta no deseables, para posteriormente exprimir el exceso de humedad. Este proceso se realiza a temperatura ambiente antes de la aplicación (Fig. 24).



Fig. 24 Fibras obtenidas de las hojas de la planta de la piña.

Fuente: Propia

4.1.2 Teñido de la fibra

Para el teñido de la fibra, se procedió a la obtención de los pigmentos naturales, los cuales fueron obtenidos de hojas y flores de diferentes plantas propias de la región y que se caracterizan por su colorido. Para esto, los diversos pigmentos naturales fueron colocados en agua caliente y se extrajo todo el color posible. Esta solución de pigmento se calentó a 120 °C y se introdujeron las fibras de piña obtenida (Fig. 25). Cabe mencionar que el pigmento obtenido en solución fue disuelto en 300ml de agua, por lo cual, a mayor cantidad de pigmento, mayor será

la capa de colorantes depositadas en los hilos y por consiguiente se fijara un color más intenso.



Fig. 25 Proceso de teñido de la fibra: a) Preparación del líquido a 120°C, b) sumersión de la fibra, c) expulsión de la fibra, d) fibra teñida.

Fuente: Propia

4.1.3 Terminación de la fibra

Para eliminar algunos residuos que dañe el proceso del teñido, se utilizó 10% de mordente (sal mineral) agregándole al pigmento en proceso. De tal manera que esta sustancia permita obtener un color intenso fijo y que sea durable en cada una de las prendas a elaborar de la región mazateca.

4.1.4 Secado de la fibra

En este apartado se deja reposar las fibras ya teñidas por medio de los pigmentos naturales (Fig. 26) donde se observan la gama de colores que se logró obtener.



Fig. 26 Obtención de colores por medio de pigmentos naturales.

Fuente: Propia

4.2 Proceso de obtención de los tintes naturales

Para la elaboración del teñido de las fibras de la planta de la piña a continuación se muestra en la Tabla 7, los diferentes pigmentos naturales y la obtención de los colores.

Pigmentos naturales	Color obtenido
Moco de pavo	Café claro
Corteza de nanche	Café marrón
Achiote	Naranja
Flor de cempasúchil	Amarillo
Hoja de cempasúchil	Verde
Jamaica	Lila
Añil	Azul índigo

Tabla 7 Colores obtenidos de los pigmentos naturales.

Fuente: Propia

Para el proceso se utilizó:

- 1 mortero para poder moler algunas plantas y flores.
- Vaso de precipitado con aproximado de agua 300 ml.
- 1 parrilla eléctrica para poder a fuego lento el líquido.

- 1 pedazo de manta para poder colar, algunas tintas que se requirió.
- Como mordente, se utilizó sal comercial, lo cual se requirió 10 gr para cada tinta.

Para la extracción de los colorantes naturales se utilizó las siguientes plantas y flores, para obtener los colores que se usan en la región.

El primer colorante que se extrajo fue de la planta de *Acalypha hispida*, comúnmente denominada Moco de pavo (flor de día de muertos) ya que esta se encuentra fácilmente en la región, de tal forma que la flor es morada y para la extracción de esta flor se obtuvo el color café claro.

El segundo colorante se extrajo por medio de la corteza *Byrsonima crassifolia* (árbol de nanche), de la misma forma esta planta se común en la región. Para esta planta se obtuvo el color café marrón.

El tercer colorante se extrajo del *Bixa Orellana*, conocida como Achiote (semillas) es un producto de suma importancia para la región, ya que se usa como condimento para comida y tamales. Para este producto se obtuvo el color naranja.

El cuarto colorante se obtuvo por medio de la Flor de *Tagetes erecta* (cempasúchil), flor que es utilizada en todo el país como una ofrenda y adorno para Día de muertos. Y esta flor es fácil de conseguir en la región con determinado tiempo. Ya para esta extracción se obtuvo el color amarillo.

El quinto color se obtuvo de las Hojas de la planta de la Flor de cempasúchil, y de esta manera se extrajo el color verde.

El sexto color se obtuvo de la flor de *Hibiscus Sabdariffa* (Jamaica), directamente de las flores obteniéndose el color morado.

El séptimo color – añil (azul), en esta se tuvo que utilizar esta sustancia sintética, ya que no se pudo conseguir la planta (índigo) para la extracción del azul. Al utilizar el añil como pigmento sintético, la reacción de la misma hace que dañe la fibra de la piña, por tal razón no funciona al teñir.

Por tal causa para simular el azul, se manejó el añil comercial, que además sirvió como se comportaba el teñido con los pigmentos naturales.

Para cada colorante se puso a fuego lento (parrilla eléctrica) de 30 a 45 minutos tal como se muestra en la (Fig. 27), de manera que extrajera correctamente cada sustancia. Llegando al tiempo de evaporización del líquido se le agrego 10gr de sal, para que cada pigmento al momento de teñir mantenga el color extraído, sin que se decolore. De esta manera se llevó a cabo para cada una de los diferentes pigmentos a obtener.



Fig. 27 *Proceso de extracción de colorante a fuego lento.*

Fuente: Propia

4.3 Prueba de degradación o decoloración en agua

Para la prueba de decoloración en agua, en cada una de las madejas de fibras teñidas permaneció en un vaso de precipitado con una porción de agua con la fibra teñida, donde se observó durante 1 semana la decoloración (Fig.28). En el caso del añil que es un material sintético esta se decoloró del material extraído (Fig. 29).



Fig. 28 Proceso de decoloración de las fibras teñidas a 1 semana.

Fuente: Propia

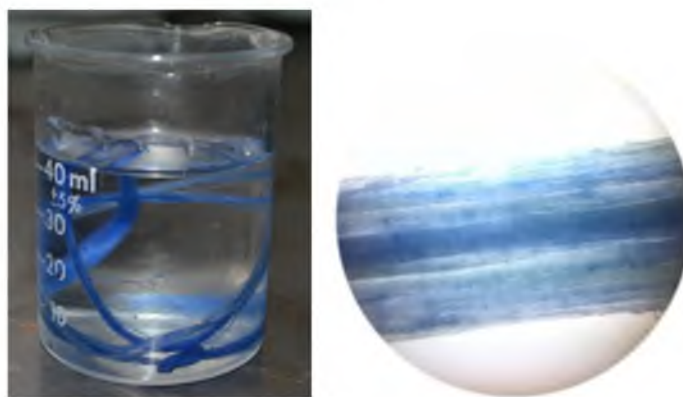


Fig. 29 Decoloración del añil en una semana.

Fuente: Propia

4.4 Prueba de degradación o decoloración al sol

Básicamente todas las madejas de fibras teñidas se expusieron en una explanada durante una semana y se observó que tanto se decoloró, tal como se muestra en la Fig.30.



Fig. 30 Material fibroso expuesto al sol.

Fuente: Propia

4.5 Pruebas de desprendimiento de la fibra teñida

Este proceso se llevó a cabo en agua durante una semana, para saber qué tanto de desprendimiento de residuos porosos contenía la fibra teñida (Fig.31).



Fig. 31 Desprendimientos de residuos porosos en la fibra teñida dentro del agua.

Fuente: Propia

Por otra parte se observó en el microscópio las fibras teñidas de cómo la unión de torsión de cada una de ellas se desprendió fibras por fibras. Como también la absorción de la fibra con el pigmento natural (Fig.32).

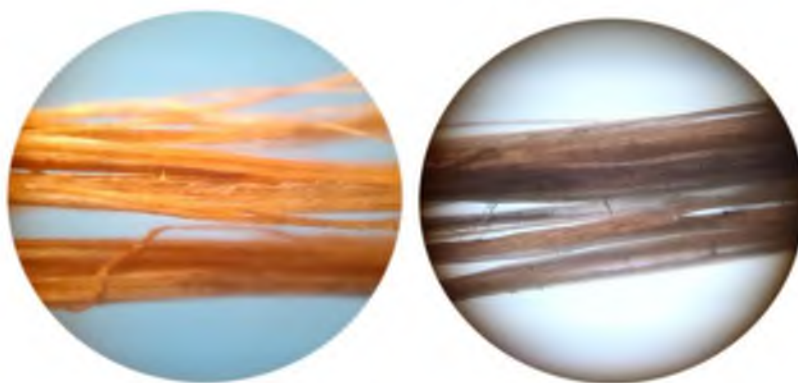


Fig. 32 Vista microscópicas del teñido.

Fuente: Propia

4.6 Pruebas de tejido en telar

Esta prueba se llevó a cabo dentro de las instalaciones del laboratorio químico - biológico de la Universidad del Papaloapan. Para esto se utilizó un marco de referencia de 15cm por 20cm, con una separación de 0.5mm. (Fig.33).

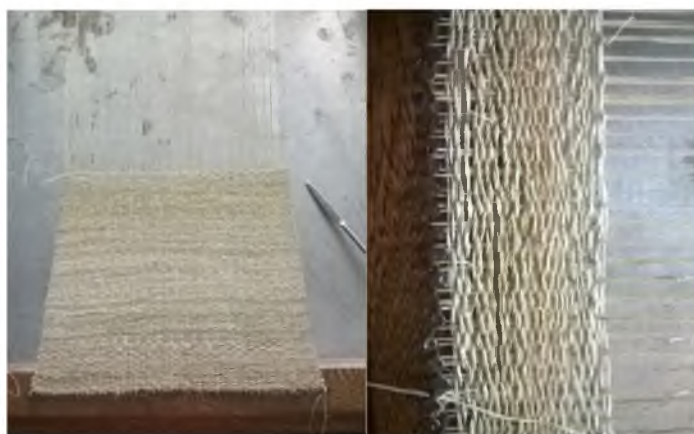


Fig. 33 Elaboración del telar 20cm x 20cm.

Fuente: Propia

Para este proceso de elaboración del telar de fibra de piña, se llevó a cabo en un determinado tiempo, es decir 1 semana y es parte principal de la primera muestra de la base del bordado, como se observa en la (Fig.34), utilizando los diferentes tintes naturales obtenidos.



Fig. 34 Telar de 20cm x 20cm de fibra de piña.

Fuente: Propia

Basándose en el telar ya bordada se observó por partes en el microscopio partes de cada tejido con los pigmentos teñidos. Para ello se distinguió a tal cierto punto de intersección del telar de fibra natural con las fibras teñidas (Fig. 35).



Fig. 35 Muestras obtenidas en el microscopio. (a) Fibra teñida del pigmento de achiote, (b) fibra teñida del pigmento de Jamaica, (c) fibra teñida del pigmento de hoja de flor de cempasúchil.

Fuente: Propia

4.7 Medición del telar

En esta etapa de medición del telar se llegó a utilizar un sistema de sarga (Fig. 36), en el que los hilos longitudinales (urdimbre) fueron un total de 51 fibras dobles y el caso de los hilos transversales (trama) fue de 125 fibras dobles.

Para este telar se utilizó entre 20 a 30 plantas de piña, donde de cada planta se extrajo 10 hojas para el proceso de desfibrado, por lo tanto el total de hojas que se llegó a utilizar en este telar fue de 200 a 300 hojas.

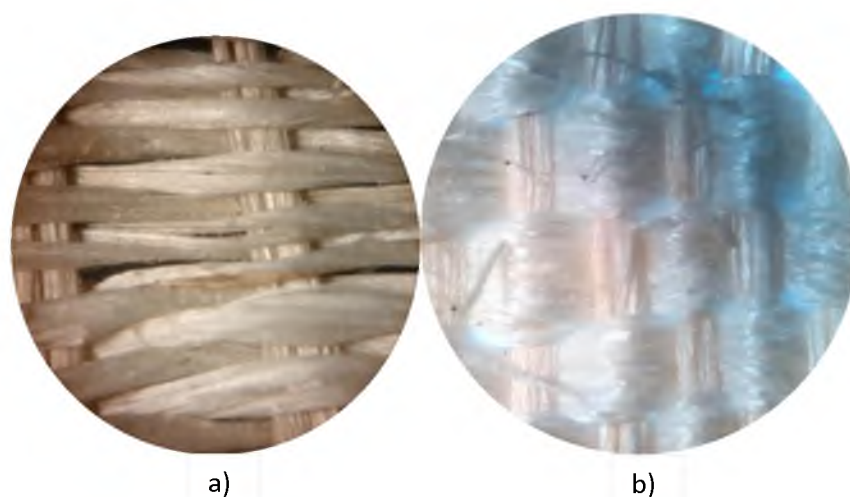


Fig. 36 Sistema sarga del telar (Trama-Urdimbre) elaborado manualmente. (a) muestra del telar de 20cm x 20cm, (b) muestra del tramo de 1cm x 20cm.

Fuente: Propia

4.8 Prueba de resistencia de la trama

Estas pruebas fueron realizadas en una máquina universal *Shimadzu mod AG-1C* 100 kN con un software Trapezium (Fig.37), para la prueba de resistencia a la tensión de la trama de 1cm x 20cm, se obtuvo su espesor de 0.7mm con una anchura de 7mm y una longitud de 60cm, como también se obtuvo el esfuerzo de 70 N/mm².

Con esta prueba se obtiene el comportamiento mecánico de los tratamientos de la fibra de la planta de la piña.



Fig. 37 Prueba de Resistencia a la tensión de la trama de 1cm x 20cm de la fibra de piña.

Fuente: Propia

Elaboración de productos textiles con fibras extraídas de la planta de la piña

5.1 Propuesta con tela manta

La *manta*, es extraída del algodón más puro, es una tela utilizada en México por las grandes virtudes que tiene la tela [www.studiopigmento.com/clientes/daref/caracteristicas.html]. Para que su crecimiento sea idóneo, la manta debe tener la misma cantidad de calor y frío, hecho con propiedad más característica: ser térmica. Además es un material que se utiliza en la región mazateca (Fig.38).

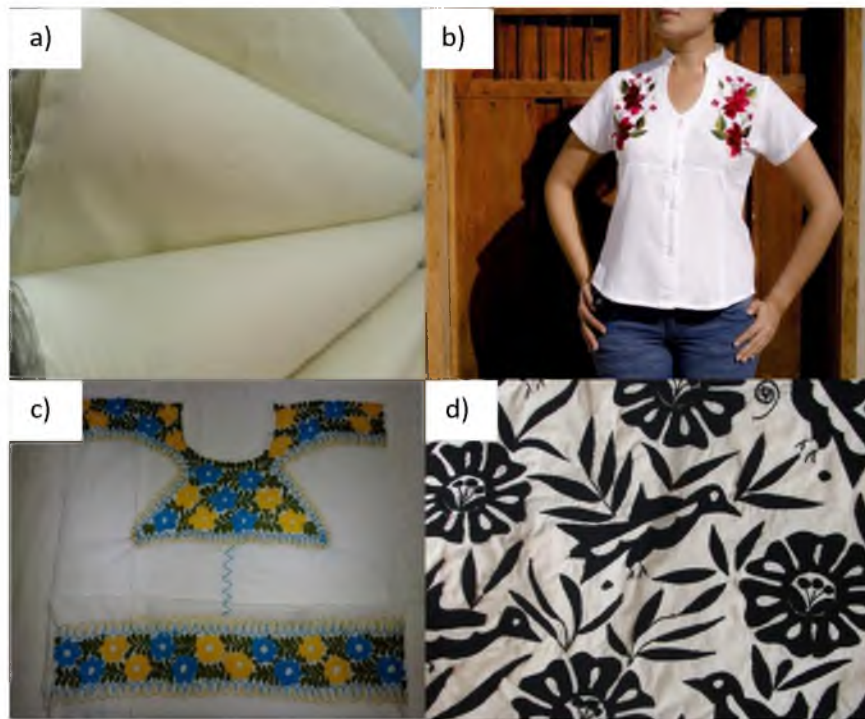


Fig. 38 Aplicaciones de la tela manta en la región mazateca: a) Manta común, b) Blusa de gala, c) Blusa de diario, d) Mantel.

Fuente: Propia

5.1.1 Propuesta de bordado con hilo comercial y fibra de la planta de la piña

Elaborar productos artesanales con fibra de la planta de piña, haciendo una diferencia con el hilo comercial con base de tela manta (Fig.39). De tal manera se realizaron prototipos reales para observar la diferencia del bordado en la tela manta (algodón) con la fibra extraída de la planta de piña e hilo comercial.

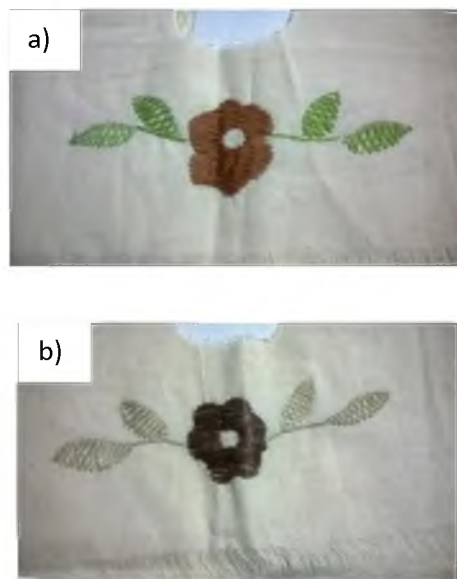


Fig. 39 Diferencia de bordados con distinto material elaborado. a) hilo comercial, b) hilo de fibra de la planta de la piña.

Fuente: Propia

Esta muestra se hizo conforme se iba avanzando el prototipo de la blusa y las diferencias en cada uno de ellos son notorias y fácil de distinguir cual hilo es comercial y fibra piña.

En la Fig.40 se muestra la blusa terminada con el hilo comercial de la región. Esta blusa es común para los mazatecos, porque es elaborado con hilo comercial con gamas de colores muy intensos, lo que hace que se distingan en los bordados son

las variedades de flores, aves y plantas que hay en la región, por lo que comúnmente se encuentra en la región mazateca.



Fig. 40 Elaboración de blusa con bordado del hilo comercial de la región.

Fuente: Propia

Por consiguiente en la Fig.41 se observa la blusa elaborada con fibras extraídas de la planta de la piña. Donde este material extraído es sumamente delicado, pero a diferencia del hilo comercial es biodegradable. Lo cual que en los bordados de la misma es más elegante y resistente a la tela, y hace ver el bordado más limpio y puro.



Fig. 41 Elaboración de blusa con bordado de fibra extraído de la planta de la piña.

Fuente: Propia

Otra de la muestra es un tipo mantel o servilleta (Fig.42) a diferencia de que esta ya es lavada. Y se observó que blanqueando la tela, la fibra no sufrió gran daño en el descoloro de cada fibra, lo cual esto indica a simple vista de los artesanos de la región que definitivamente es un material apto para la aplicación de los bordados de la región mazateca.



Fig. 42 Manteleta lavada y bordada con hilo extraído de la fibra de la planta de la piña.

Fuente: Propia

Una vez que se verificó como se veía en cada bordado con los diferentes materiales, se determinó que la fibra de la piña es recomendable para el uso de los bordados de la región. Además de ser un material biodegradable y adecuado para la producción de artesanías que usualmente realizan los artesanos de la región mazateca.

Una vez terminada la elaboración de la muestra de blusa con cada uno de los materiales, posteriormente se observó en el microscopio el tejido de fibra de la piña, donde se obtuvo tomas detalladamente en cada intersección que tan

compatible es el material con la tela. En este caso la tela no sufre gran daño de manchas y es resistente en la tela.

De tal manera que, esta fibra es recomendable utilizarla en los bordados artesanales de la región mazateca e implementar como un material biodegradable (Fig.43).



Fig. 43 Muestras micrográficas tomada de la fibra bordada en la tela manta.

Fuente: Propia

5.2 Propuesta con tela rayón

El rayón fue la primera fibra manufacturada, se produce a partir de un polímero que se encuentra en la naturaleza (celulosa), por tanto no es una fibra sintética, sino una fibra celulósica manufacturada y regenerada [es.wikipedia.org/wiki/Rayón]. El rayón (Fig.44), tiene de 80 a 980 filamentos por hilo, y son por naturaleza muy brillantes, pero la adición de pigmentos mates reduce su brillo natural.



Fig. 44 Muestras de tela rayón y bordados con hilos comercial.

Fuente: (a) <http://spanish.alibaba.com/product-gs/wholesale-richly-crepe-fabric-rayon-viscose-richly-crepe-fabric-740370573.html>, (b) *Imagen propia*.

5.2.1 Propuesta de bordado con la fibra de la planta de piña

En la Fig.45 se muestra la tela rayón en color negro ya bordado con la fibra de piña, donde se observó el estilo mazateco con material biodegradable que en su caso es la fibra de la planta de la piña obtenida. De igual manera es un material que se compacta bien en la tela, con diferencia a la manta suele ser más brillante los bordados.



Fig. 45 Muestra en tela rayón, con material elaborado con la fibra de la planta de piña.

Fuente: *Propia*

Una vez plasmada esta parte del diseño mazateco ya bordado se observó en el microscopio la textura de cada intersección de tela con fibra ya bordada (Fig.46). El caso de la tela es más suave y menos resistente a la fibra, y esto hace que la intersección de la tela con la fibra se vea muy robusta y abierta en los bordados.

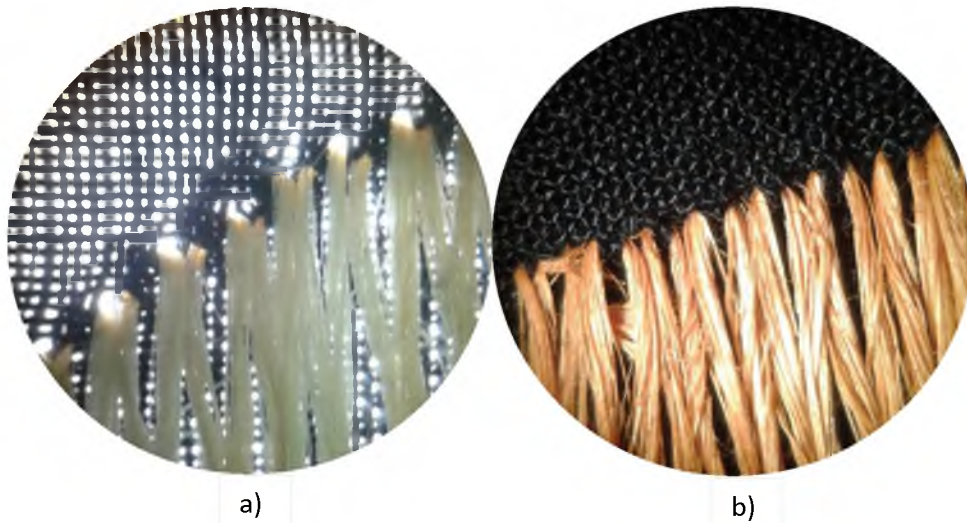


Fig. 46 Muestras de la textura en microscopio tela rayón-fibra piña. (a) muestra de imagen por luz transmitida en el microscopio. (b) muestra tomada con luz directa en el microscopio para observar el material fibroso.

Fuente: Propia

Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Durante el desarrollo de la tesis se observó el comportamiento que se llevó a cabo durante la extracción de fibra de la planta de piña, así también en las diferentes pruebas que se hizo. Es así como se muestra la utilización de la fibra de la planta de la piña, en busca de manejar un producto biodegradable en la realización de los bordados de la región mazateca.

En general, en cada una de las pruebas realizadas los resultados fueron favorables con relación a la utilización de la fibra con los diferentes tipos de tela comerciales que se utilizan en la región mazateca. Otra de las características importantes de la fibra obtenida es ser un material biodegradable.

Los beneficios que se van a adquirir son: generar empleos a los artesanos de la región y además darle un valor agregado al producto tanto a nivel nacional y estatal, de tal manera que se dé a conocer el aprovechamiento de la fibra.

6.2 Recomendaciones

- Realizar todas las pruebas necesarias para la fibra que se va a extraer.
Esto con el objetivo de determinar los esfuerzos de tensión y compresión de la fibra que tan resistente va a ser.

- Elaborar todas las muestras necesarias con la fibra extraída, así para evaluar los parámetros de calidad y validar los resultados en cada muestra.

Glosario

Anilinas

Amina aromática, oleosa, incolora, tóxica por ingestión, inhalación o absorción a través de la piel, que tiene muchas aplicaciones industriales, especialmente en la fabricación de colorantes.

Apical

Perteneciente o relativo a un ápice o punta, o localizado en ellos.

Celulosa

Polisacárido que forma la pared de las células vegetales. Además es el componente fundamental del papel.

Meristemo

Tejido embrionario formado por células indiferenciadas, capaces de originar, mediante divisiones continuas, otros tejidos y órganos especializados.

Mordente

Sustancia que se emplea para fijar los colores.

Pedículo

Pedúnculo o tallo de la hoja, flor o fruto, que une una formación anormal.

Verticilo

Conjunto de tres o más ramos, hojas, flores, pétalos u otros órganos, que están en un mismo plano alrededor de un tallo.

Bibliografía

Arredondo C.C, 2002.Reporte final del Sistema Agroindustrial Piña (*Ananas comosus*), Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo. Pág.21.

Ascanio R.D, 2014, *Diseño conceptual de una maquina desfibradora de Hoja de piña*. Tesis de Licenciatura, Universidad del Papaloapan. Pág.18.

Castro R. C. 2009, *Utilización de fibra de piña como reemplazo de madera comprimida en el Diseño de muebles*. Tesis de Licenciatura, Universidad del Papaloapan. Pág.43.

Comisión Nacional de Fruticultura SAG/México/1976/serie técnica/Pág.23

Córdoba P. M.D., 2011, *Determinación del efecto de la concentración de la base NaOH, de la celulosa y celibiase en la Hidrólisis para la producción de Etanol a partir del rastrojo de la Piña*. Proyecto de tesis de Licenciatura en Ingeniería Química. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San José, Costa Rica. Pág.12.

es.wikipedia.org/wiki/Rayón (26/05/2015).

Geo coppensd´Eeckenburgge & Freddy Leal, 2001. Pineapple. Documentos varios. Pág.44.

Hollen N, Jone Saddler y L. Langford A; Introducción a los Textiles, Edt.Limusa; 1997. Pág.24.

Khalil A., 2006. "Chemical Composition, Anatomy, Lignin Distribution, and Cell Wall Structure of Malaysian Plant Waste Fibers". Bio-Resources 1(2):220-232. Pág.45.

Mayorga, H., E., D. Rössel K., y H. Ortiz L., et. al. 2004. Análisis comparativo en la calidad de fibra de *Agave lechuguilla Torr.*, procesada manual y mecánicamente. Agro ciencia, año/vol. 38, Núm. 002, Colegio de postgraduados, Texcoco, México. Pág.219.

Medina J. de la Cruz, y H.S. García, 1999 /Capítulo XXXIII: Operaciones de Pos cosecha de la Piña/Publicado por Information Network-on post-hardvest operations. Pág.35.

Muñoz, L.J.L. 2001. *Libro de Herencia Piñera*, distribuidora y editorial México S.A de C.V. Pág.12.

Mukhejee P.S., Satyanarayana K.G.,1985, Structure and properties of some vegetable fibers, Part 2 pineapple fiber (Ananas Comosus)., Journal of materials science. Pág.06.

Olivares P.R.J, 2003. Influencia de diferentes dosis de productos inductores de la floración (carburo de calcio y ethrell) de la piña (ananas comosus L Merrill). Universidad nacional agraria. Managua, Nicaragua. Pág.15.

Quesada S. K., Alvarado A. P., Sibaja B. R., y Vega B. J., 2005, Utilización de las fibras del rastrojo de piña como material de refuerzo en resinas de poliéster., Revista Iberoamericana de Polímeros, Núm. 2, Vol. 6,pág.23.

Reina G.E.G, 1994. *“Manejo de postcosecha y evaluación de la calidad para la piña (ananas comosus) que se comercializa en la ciudad de Neiva.* Investigación de la facultad de ingeniería, universidad surcolombiana. Pág.19.

Revista Agro-Produce, 2006. “La tecnología del campo de experimentación a la parcela del productor”, Fundación Produce Oaxaca A.C. Pág.07.

Reyes, 2005. “las propiedades que determinan si una fibra es hilable son su Flexibilidad, resistencia, elasticidad y en especial su finura (diámetro) en relación a su longitud”. Pág.12.

Santiago M.C., 1996. *Libro mazateco*, San Felipe Jalapa de Díaz. Edición Única. Pág.59

Siacon, siat, SAGARPA.

www.studiopigmento.com/clientes/daref/caracteristicas.html (23/03/2015).

<http://www.heartsleevesblog.com/pineapple-silk-fashion/.html>(22/02/2015).

http://www.dbathis.com/p44/PINEAPPLE+FIBER+FABRIC/product_info.html (13/01/2015).

<http://www.warpedforgood.com/tag/overshot/#sthash.vVYPOKSK.dpbs> (16/12/2014).

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Man's_shirt_from_Luzon,_pineapple_fiber,_plain_weave,_embroidery,_Honolulu_Museum_of_Art.JPG(06/02/2015).

<http://www.angelfire.com/va3/daca/pinaa.htm>(06/02/2015).

<http://www.coasin.com.ar/productos/3/microscopia-electronica/19/microscopios-electronicos-de-barrido-sem/47/jsm-7600f>(17/03/2015).

<http://spanish.alibaba.com/product-gs/wholesale-richly-crepe-fabric-rayon-viscose-richly-crepe-fabric-740370573.html>(08/03/2015).

https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0CAcQjRw&url=http%3A%2F%2F1080plus.com%2FFLNM36Fj_MVI.video&ei=9YeMVdSDJ4OwsAXzqYGwBw&psig=AFQjCNH9LdqbGRLAsah34F0Q8XKg-IF4Tg&ust=1435359553967042(16/11/2014).

<http://andandoporbogota.blogspot.mx/2014/07/el-fique-una-planta-industrial-de.html>(23/01/2015).

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/fibras/fibras_naturales_alternativa. (10/09/2014).

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Fibra-Pi%C3%B1a-Uso-textil/5016182.html>. Fibra Piña Uso Textil. *BuenasTareas.com*. Recuperado 08,2012. (23/03/2015).