

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR COMO FIBRA TEXTIL**

**LENDY LUZ LOZANO HENAO  
LUIS GUILLERMO PÉREZ ÁLVAREZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE PRODUCCIÓN, DISEÑO Y AFINES  
PROGRAMA TECNOLOGIA EN DISEÑO TEXTIL Y PRODUCCIÓN DE MODAS  
MEDELLÍN  
2013**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR COMO FIBRA TEXTIL**

LENDY LUZ LOZANO HENAO  
LUIS GUILLERMO PÉREZ ÁLVAREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
TECNOLOGO EN DISEÑO TEXTIL Y PRODUCCIÓN DE MODAS

ASESORA  
LUZ ARLEY ESPINOSA MORENO  
ECONOMISTA Y DISEÑADORA DE MODA

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**  
**FACULTAD DE PRODUCCIÓN, DISEÑO Y AFINES**  
**PROGRAMA TECNOLOGIA EN DISEÑO TEXTIL Y PRODUCCIÓN DE MODAS**  
**MEDELLÍN**  
**2013**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Medellín, 22 noviembre de 2013

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado, culminado con mucho esfuerzo pero también con mucho amor especialmente a mis padres que me han brindado su apoyo incondicional y me han ayudado con todos sus esfuerzos para que yo salga adelante y sea la persona que soy.

A mis tres hermanas y a mi abuela “Geo” que me dan su confianza y apoyo en el logro de esta meta.

A mi novio Freddy Pinto que me ha apoyado y motivado para que no desista, porque me da su confianza y la seguridad de que puedo lograr muchas cosas.

*Lendy Luz Lozano Henao*

Doy gracias a Dios por haberme dado salud y permitirme obtener un logro más en mi vida, además por su infinita bondad y amor.

A mi madre Rosa por haberme apoyado en todo momento al ser una docente más en mi formación; aportándome su experiencia como modista con experiencia, por su motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos por su apoyo incondicional en momentos de lucha y sacrificio durante mi formación como profesional.

*Luis Guillermo Pérez Álvarez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestra asesora de proyecto de grado Luz Arley Espinosa quien nos dirigió y acompañó durante este proceso, gracias por haber tenido la paciencia y preocupación suficiente durante la supervisión de este proyecto, y por su gran responsabilidad para con nosotros.

A la Ingeniera Química Maricelly Martínez Aguilar, gracias por estar presente durante la realización de las pruebas físico químicas, este trabajo no habría sido posible sin la ayuda tan grande que nos brindó.

A Tecnoparque Sede Medellín- Sena por habernos brindado la oportunidad de realizar las pruebas necesarias en el área de la biotecnología. Fue de vital importancia su apoyo e influencia durante este proceso.

A la Profesora María Inés Rincón quien fue nuestra tutora de anteproyecto de grado que nos dio las pautas necesarias y nos ayudó a organizar nuestras ideas iniciales para llevar a cabo nuestro proyecto.

## CONTENIDO

	Pág
<b>INTRODUCCIÓN</b>	14
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	17
<b>3. OBJETIVOS</b>	18
3.1 GENERAL	18
3.2 ESPECÍFICOS	18
<b>4. MARCO TEÓRICO</b>	19
4.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	19
4.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNDO	20
4.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COLOMBIA	20
4.4 ZONA DE CULTIVO	21
4.5 TIPOS DE CAÑA DE AZÚCAR	22
4.5.1 Caña criolla	22
4.5.2 Caña cristalina	22
4.5.3 Caña violeta	23
4.5.4 Caña veteada	23
<b>5. PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR</b>	24
<b>6. TAXONOMIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR</b>	25
6.1 <i>Saccharum officinarum</i> :	26
6.2 <i>Saccharum edule</i> :	26
6.3 <i>Saccharum barberi</i> :	27
6.4 <i>Saccharum sinense</i> :	27
6.5 <i>Saccharum spontaneum</i> :	27
6.6 <i>Saccharum robustum</i> :	28

<b>7. COMPOSICION DE LA CAÑA DE AZUCAR</b>	29
7.1 EL POTASIO EN LA CAÑA DE AZUCAR	30
7.2 LA GLUCOSA	32
7.3 ALCOHOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR	32
7.4 ALCOHOL A PARTIR DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA.	34
<b>8. BAGAZO DE LA CAÑA DE AZUCAR</b>	36
8.1 Características de los componentes principales del bagazo de la caña	36
8.1.1 Celulosa:	36
8.1.2 Hemicelulosa:	37
8.1.3 Lignina	37
8.2 BIOMASA CAÑERA	37
8.3 PRODUCCION DE CELULOSA Y PAPEL A PARTIR DEL BAGAZO DE LA CAÑA.	39
<b>9. LA CELULOSA</b>	41
9.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CELULOSA	42
9.2 ASPECTOS ESTRUCTURALES	43
9.3 CAMPOS DE APLICACIÓN	44
9.4 ESTRUCTURA MICROSCOPICA DE LA CELULOSA	45
<b>10. SECCIÓN EXPERIMENTAL</b>	46
10.1 Materiales:	46
10.2 Obtención de la fibra:	46
<b>11 ANÁLISIS CUALITATIVO</b>	47
11.1 PRUEBA DE LABORATOTIO MICROSCÓPICA	47
11.2 PRUEBA DE COMBUSTIÓN	49
11.3 SOLUBILIDAD Y TEÑIDO	49
11.4 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS	50
<b>12 ANÁLISIS CUANTITATIVO</b>	52
12.1 PESO, LAVADO y SECADO	52
12.2 PRUEBA TÉRMICA	55
12.3 PORCENTAJE DE HUMEDAD	56

<b>13. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	57
13.1 ENTREVISTA	57
13.1.1 Entrevista 1	58
13.1.2 Entrevista 2	60
13.1.3 entrevista 3	62
<b>CONCLUSIONES</b>	64
<b>REFERENCIAS</b>	65
<b>CIBERGRAFÍA</b>	66



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición de la caña de azúcar .....	28
Tabla 2. Componentes de la biomasa cañera .....	37
Tabla 3. Características de la muestra de caña de azúcar .....	52

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Taxonomía de la caña de azúcar .....	24
Figura 2. Estructura microscópica de la celulosa .....	45
Figura 3. Vista microscopio invertido .....	47
Figura 4. Vista microscopio invertido .....	48
Figura 5. Corte longitudinal vista microscopio invertido .....	48
Figura 6. Cicatriz foliar .....	49
Figura 7. Muestra de caña de azúcar .....	52
Figura 8. Bagazo con jugo tomado de la caña de azúcar .....	53
Figura 9. Cáscara de caña de azúcar .....	53
Figura 10. Bagazo final de la muestra de caña de azúcar .....	54
Figura 11. Vista del bagazo .....	55

## GLOSARIO

**AZEOTRÓPICA:** en química, la destilación azeotrópica es una de las técnicas usadas para romper un azeótropo en la destilación. Una de las destilaciones más comunes con un azeótropo es la de la mezcla etanol-agua. Usando técnicas normales de destilación, el etanol solo puede ser purificado a aproximadamente el 95%.

**BAGAZOSIS:** la bagazosis es una enfermedad profesional inmunológica, encuadrada como una neumonitis por hipersensibilidad, que afecta a los trabajadores de la caña de azúcar. Se produce por la exposición repetida al bagazo.

**BIOMASAS:** la biomasa es la cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema.

**CATALIZADOR:** la catálisis es el proceso por el cual se aumenta la velocidad de una reacción química, debido a la participación de una sustancia que desactivan la catálisis, son denominados inhibidores. Un concepto importante es que el catalizador no se modifica durante la reacción química, lo que lo diferencia de un reactivo.

**CELULOSA:** sustancia orgánica que forma la pared de las células vegetales y se usa para fabricar papel, explosivos y otros productos

**CONGÉNERES:** es un concepto de la biología. Se considera que dos o más individuos, poblaciones o taxones son con específicos si pertenecen a la misma especie.

**DISACÁRIDO:** los disacáridos son un tipo de glúcidos formados por la condensación (unión) de dos azúcares monosacáridos iguales o distintos mediante un enlace O-glucosídico (con pérdida de una molécula de agua) pues se establece en forma de éter siendo un átomo de oxígeno el que une cada pareja.

**MONOSACÁRIDOS:** mono o dicarbonílico, que además puede ser  $\alpha$  o  $\beta$  en función del -OH hemiacetal o hemicetal.

**SACAROSA:** formada por la unión de una glucosa y una fructosa. A la sacarosa se le llama también azúcar común. No tiene poder reductor.

**LACTOSA:** formada por la unión de una glucosa y una galactosa. Es el azúcar de la leche. Tiene poder reductor.

**MALTOSA:** isomaltosa, trehalosa y celobiosa: formadas todas por la unión de dos glucosas, son diferentes dependiendo de la unión entre las glucosas. Todas ellas tienen poder reductor, salvo la trehalosa.

**ETANOL:** el etanol es un compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible.

**GRAMÍNEAS:** plantas herbáceas leñosas.

**HEXOSAS:** las hexosas son monosacáridos (glúcidos simples) formados por una cadena de seis átomos de carbono. Su principal función es producir energía. Un gramo de cualquier hexosa produce unas 4 kilocalorías de energía. Las más importantes desde el punto de vista biológico son: glucosa, galactosa y fructosa.

**LÍPIDOS:** son un conjunto de moléculas orgánicas (la mayoría biomoléculas) compuestas principalmente por carbono e hidrógeno.

**LIGNINA:** sustancia asociada a la celulosa, que forma parte de los elementos fibrovasculares de la madera y les da consistencia.

**MONÓXIDO DE CARBONO:** también denominado óxido de carbono, gas carbonoso y anhídrido carbonoso, es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce por la combustión deficiente de sustancias como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera.

**PARENQUIMATOSO:** en botánica, se denomina parénquima a los tejidos vegetales fundamentales que prevalecen en la mayoría de los órganos vegetales formando un tono continuo. Se localizan en todos los órganos vegetales, llenan espacios libres que dejan otros órganos y tejidos. Las células parenquimáticas están poco especializadas, y su forma puede ser muy variable: Las paredes celulares son flexibles y delgadas de celulosa, aunque pueden presentar paredes secundarias lignificadas.

**PIRÓLISIS:** es la descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno.

**POLICOSANOL:** es una mezcla de alcoholes alifáticos primarios derivados principalmente de la capa de cera de caña de azúcar y los niveles de colesterol se utilizan sobre todo como un suplemento dietético para bajar.

**XILANOS:** el xilano es un polisacárido constituido por una cadena lineal de residuos de xilosa y diversas ramificaciones y sustituciones. El xilano es el polisacárido más abundante después de la celulosa. La corteza de los árboles y la paja contienen hasta 30% de xilano.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es uno de los cultivos con mayor capacidad para convertir la energía solar en biomasa. Si tomamos en cuenta sólo el bagazo y la paja, en los cañaverales se almacena alrededor de una tonelada de petróleo por cada tonelada de azúcar del equivalente que pueda producirse.

La agroindustria cubana de la caña de azúcar es la fuente más importante de biomasa con que cuenta el país para el desarrollo de energía renovable, y actualmente constituye la única a partir de la cual se está generando electricidad.

Durante los últimos veinte años se han desarrollado tecnologías que hacen posible introducir saltos importantes en la eficiencia de los procesos basados en combustibles renovables, como el bagazo y la paja de caña. Hoy existen instalaciones capaces de elevar la eficiencia entre 10% y 15 %; al mismo tiempo, se desarrollan otras tecnologías más avanzadas aún, como las turbinas de gas integradas con gasificadores de biomasa, que podrían entonces elevar los valores en veinte o treinta veces, [Pérez, 1997].

Esos avances tecnológicos hacen competitiva la generación de electricidad a partir de la biomasa, si se la compara con la obtenida a partir de combustibles fósiles.

La combustión de la biomasa tiene además una ventaja ambiental: no incrementa la concentración atmosférica de carbono, porque sólo devuelve a la atmósfera el carbono que fijó la planta durante su crecimiento.

Pretendemos analizar las probabilidades de utilizar los residuos sólidos, el bagazo, provenientes del proceso azucarero, de la caña, para crear una fibra textil, propiamente orgánica.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La caña de azúcar es utilizada en procesos industriales como la elaboración de azúcar, panela, miel, melaza y otros productos; demandando una cantidad exagerada de hectáreas cultivadas de esta, de la cuales son utilizada solo un equivalente de 40 kg/tm de sacarosa para la azúcar blanca o morena, melaza y aproximadamente 150 kg/tm de bagazo, de los que sólo se utiliza el 15% para la industria papelera, de plásticos y tableros y el otro 85 % se implementa como combustible para las Calderas.

Para llevar a cabo esto, la caña de azúcar es sometida a un proceso de recolección, luego es llevada a las fábricas y pasa por una serie de cuchillas que la preparan para la trituración, el jugo se extrae de la caña de azúcar dejando un residuo fibroso denominada bagazo. Este ha aumentado su importancia en los últimos años luego de considerarse prácticamente un desecho hasta hace unas cuantas décadas, convirtiéndose en un subproducto muy valorado, tanto por su contenido de celulosa para la fabricación de papel, plásticos y tableros, como por su valor energético como combustible.

En la actualidad, la industria papelera mundial consume cerca del 5% del bagazo generado por las industrias que producen azúcar a partir de caña. En Colombia, de las seis millones de toneladas de bagazo producidas al año por los ingenios, un 85% es utilizado como combustible y el restante 15% es materia prima de una industria productora de papeles local.

Los residuos sólidos de la caña (El bagazo) es el causante de varios problemas debido a que este provoca una enfermedad llamada bagazosis que es causada por la inhalación de polvos de este enmohecido. Y la utilización de este como combustible para las calderas está liberando un alto nivel de monóxido de carbono provocando gases efecto invernadero debido a la ceniza y el hollín que contaminan el medio ambiente.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Se podría utilizar este bagazo como materia prima para la elaboración de textiles y disminuir las emisiones de monóxido de carbono cuando se implementa como combustible en las calderas?

Para comprobarlo, se debe pasar por una variedad de procesos físicos y químicos realizados a la caña de azúcar que nos permitan demostrar que esta es factible para luego utilizarla como fibra textil.



## 2. JUSTIFICACIÓN

La industria de la caña de azúcar deja como resultado un aproximado de 150 kg/tm de residuos sólidos. Con el proyecto: estudio de factibilidad de la caña de azúcar como fibra textil, se busca una solución para que estos no sean utilizados como combustible de calderas ni arrojados a la basura por los productores de bebidas artesanales y dejen de tener un alto impacto ambiental, adecuándolos en una industria diferente donde sus utilidades sean óptimas para el ambiente en este caso el de la textilería.

Al llevar a cabo un estudio de factibilidad de la caña de azúcar como fibra textil, se identificara sus propiedades físicas y químicas como elongación, diámetro, resistencia, entre otros. Logrando identificar si es adecuada para ser utilizada como textil.

Las fibras naturales en la industria textil, son catalogadas como recursos óptimos y cómodos, debido a la gran variedad de propiedades que poseen ya sean orgánicas e inorgánicas, que les permite dar características particulares de cada una como el brillo, absorción de humedad, frescura, y mayor capacidad de absorción de tintes, en comparación con las fibras artificiales. Con esto lo que se quiere es resaltar la importancia de conocer más sobre las variedades de fibras naturales, y la importancia de utilizar los recursos del medio ambiente que nos propician lo necesario para subsistir, de una manera más amigable con el planeta.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Estudiar la factibilidad de la caña de azúcar como fibra textil

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Investigar los cultivos, tipos de cañas y sus características
- Realizar un estudio de las propiedades químicas y físicas del bagazo de la Caña, a partir del cual se pueda establecer su utilización como fibra textil.
- Diseñar una fibra textil en base los residuos sólidos de la caña de azúcar

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La inspiración de este proyecto inicio un día común y corriente cuando a un estudiante de diseño textil y de modas se le ocurrió crear o diseñar una fibra textil de una fibra natural poco común, fue allí cuando surgió la idea de utilizar los residuos sólidos de la caña de azúcar para hacerle una serie de estudios, para determinar su factibilidad.

El bagazo de la caña es un subproducto, el cual posee grandes propiedades que aún no han sido descubiertas. En el campo de la producción textil y de la moda puede resultar muy factible al ser al ser estudiado, analizado como fibra textil ya que siempre hemos sabido de su uso en otras aplicaciones como el papel, plásticos entre otros.

Es considerado causante de una enfermedad producida por la inhalación del polvo de la fibra de caña de azúcar seca llamado bagazosis, esta es producida exclusivamente en trabajadores dedicados a la apertura de pacas al desmenuzar y procesar la fibra seca.

De otro modo surge la problemática por el monóxido de carbono causante de problemas ambientales que afectan el aire y contaminan la atmosfera, todo esto ocasiona varios gases que hacen que se produzca el efecto invernadero mediante un paulatino incremento de la temperatura terrestre, el llamado cambio climático o calentamiento global.

## **4.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNDO**

No se conoce con exactitud el origen de la caña de azúcar, se han propuesto muchas teorías respecto, se considera que el centro de origen del complejo Saccharum es la región que comprende parte de la India, China Guinea y zonas aledañas, por encontrarse ahí el mayor número de especies.

La especie Saccharum officinarum fue importante en la dieta de las civilizaciones, primitivas alrededor de 3000 años antes de Cristo, y era empleada para ser mascada y para ingerir su jugo. La referencia más antigua que existe del azúcar es del siglo IV A C. En Persia donde se usaba con fines medicinales, su valor era muy elevado ya que se consideraba un artículo de lujo. La India era considerada como primer centro de explotación de la caña.

Cristóbal Colon, en su segundo viaje realizado a América, en 1493, introdujo la caña en la Isla Española que hoy es república Dominicana y Haití.

## **4.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COLOMBIA**

En Colombia se plantó por primera vez en Santa María La Antigua del Darién en 1510. Pedro de Heredia, fundador de Cartagena, introdujo la caña en la Costa Atlántica alrededor de 1533 y posteriormente Sebastián de Belalcázar, fundador de Santiago de Cali, la plantó en el Valle del Cauca, en su estancia en Yumbo en 1541. Hacia 1550 se fundaron tres ingenios a orillas del río Amaine y desde esta región se envió azúcar y miel a Panamá en 1588.

Para 1721 había en el Valle del Cauca 33 trapiches en funcionamiento. Un paso importante en el desarrollo azucarero del Valle del Cauca fue el establecimiento por parte de Santiago Eider en 1867 de un molino de 3 masas horizontales, accionado por rueda de hierro que giraba con el impulso de las aguas del río Nina. Se puede afirmar que la moderna industria azucarera colombiana se inició el 01 de enero de 1901 al inaugurarse en Palmira la fábrica de azúcar blanco granulado del actual Ingenio Manuelita con centrífugas y equipos a vapor importados de Escocia, los cuales subieron la capacidad de molienda hasta 50 toneladas de caña cada doce horas. En 1926 se fundó el Central Azucarero del Valle conocido desde entonces como Ingenio Providencia, con capacidad de molienda de 500 toneladas de caña en 24 horas, por gestión de Modesto Cabal Galindo.

En 1928 empezó producción el Ingenio Rio paila, por obra de Hernando Caicedo. En la década de 1930 a 1939 aparecieron en el Valle del Cauca los ingenios, Mayagüez por decisión de Nicanor Hurtado; Bengala de José Mejía; Pedro Días de los hermanos Restrepo Plata; la Industria de Francisco Caldas y María Luisa de Ignacio Posada. La comarca se convertía en la de mayor producción de azúcar centrifugado de Colombia.

#### **4.4 ZONA DE CULTIVO**

El sector azucarero colombiano se encuentra ubicado en el valle geográfico del río Cauca, que abarca 47 municipios desde el norte del departamento, la franja central del mismo, hasta el sur del departamento de Risaralda. En esta región hay 223.905 hectáreas sembradas en caña para azúcar, de las cuales, el 24% corresponde a tierras propias de los ingenios y el restante 76% a más de 2.000 cultivadores de caña. Dichos cultivadores abastecen a los 13 ingenios de la región (Cabaña, Carmelita, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichi, Risaralda, San

Carlos, Tumaco, Río Paila-Castilla, Incauca y Providencia). Esto suma aproximadamente 900 mil toneladas de azúcar anuales.

Además de esto existen minorías de productores que siembran caña para su consumo venta mínimas que pueden ser utilizadas para la elaboración de guarapo callejero.

La región del valle del cauca es privilegiada con su clima ya que se puede sembrar y cosechar caña de azúcar todos los meses del año. Gracias a esto se puede decir que la productividad de la caña de azúcar alcanza las 14 mil toneladas de caña por año.

#### **4.5 TIPOS DE CAÑA DE AZÚCAR**

##### **4.5.1 Caña criolla**

Esta posee un alto grado de jugo y rica en sacarosa, es sensible a los extremos de calor o de frío; puede llegar a medir aproximadamente tres metros y medios de altura y es de textura delgada. Esta es el tipo de caña del que se tiene un más antiguo conocimiento, esta fue traída a Colombia por los españoles hace 1500 años.

##### **4.5.2 Caña cristalina**

Esta puede obtener seis metros y medios en sus tallos; El nombre de caña Cristalina es debido al aspecto de su tallo, ya que cañutos están cubiertos de una capa de vello blanquecino que le comunican brillantes reflejos; el color de sus hojas, es de un verde más oscuro que el de las otras variedades, Este tipo de

caña de azúcar es robusto y tiene mayor una resistencia a las adversas condiciones meteorológicas, comparadas con las diferentes clases que existen; pero tiene el defecto de ser muy dura, exigiendo con este motivo mayor gasto de energía en los trapiches.

#### 4.5.3 Caña violeta

Esta caña de azúcar tiene los tallos con una coloración violeta y las hojas ofrecen un color verde intenso. Tiene la ventaja de resistir mejor que las otras a las bajas de temperatura. Pero también tiene unas desventajas bastante significativas ya que tiene tendencias a secarse rápidamente y ser menos jugosa que sus congéneres.

#### 4.5.4 Caña veteada

Esta puede alcanzar una altura de tres metros y medios, se distingue de las demás ya es de un agradable aspecto de color rayado de amarillo y rojo violeta. Resiste muy bien a los efectos del frío y calor y calor.

## 5. PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Los cultivos de caña de azúcar en Colombia han tenido un gran impacto debido a que es un buen generador de empleo, ya sean directos o indirectos en la cadena productiva de esta. El mayor número de empleos es el de los corteros, que son las personas que se dedican a cortar y amontonar la caña en el campo en donde es cultivada. La caña de azúcar ha ganado importantes lugares en la historia del mundo gracias a que este involucra al producto y la sociedad, debido a que esta tiene una gran cadena de valores porque de esta planta se derivan muchos bienes y servicios relevantes, son múltiples los usos que se le puede dar.

El desarrollo de la agroindustria económica de la caña de azúcar avanza favorablemente debido a que los precios de los productos aumentan en el entorno internacional. La complejidad de la globalización ha unificado los mercados y la demanda de esta. Debido a que tiene muchos usos, en algunas industrias solo se utiliza el bagazo de la fruta debido a que es utilizada como generadora de energía y combustibles (biodiesel) o bien sea para la fabricación de papel, tableros y plásticos; el jugo que es obtenido de esta también de muy buena utilidad debido a que de ella se saca la azúcar que es consumida diariamente. Al igual que La producción de azúcar, el etanol registró aumentos del 12,6% y 15,7%, respectivamente, indicadores en el 2011. Se puede considerar a los cultivos de caña de azúcar como un a negocio viable con oportunidades de grandes ganancias y larga vida comercial, Colombia es uno de los mayores productores de esta.

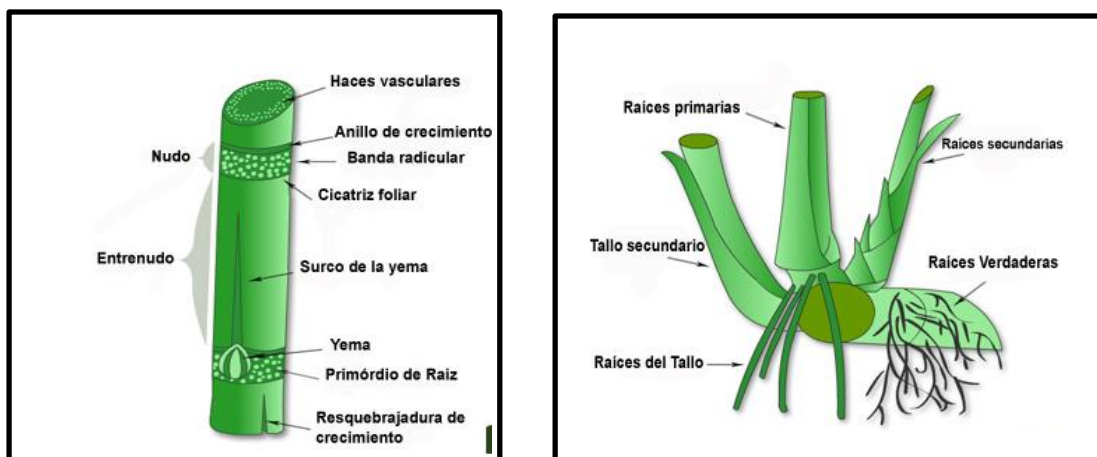


## 6. TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas, genero saccharum. Es un cultivo plurianual, se corta cada 12 meses y la plantación dura 5 años aproximadamente.

Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 a 6 centímetros de diámetro. Se puede propagar por medio de trozos de tallo.

**Figura 1. Taxonomía de la caña de azúcar**



Fuente: Aldana, J. (2010). *juliusrac.blogspot.com*

- DIVISIÓN: embryophita siphonograma
- SUBDIVISIÓN: angiospermae
- CLASE: monocotyledoneae
- ORDEN: glumiforae
- TRIBU: andropogonae
- FAMILIA: gramineae

- SUBTRIBU: saccharae
- GÉNERO: saccharum

La clasificación de las especies ha sido objeto de estudio de muchos taxónomos aún quedan aspectos por estudiar y definir. No se tiene como propósito principal analizar detalladamente esta materia por lo que se hará una breve descripción de las principales especies.

Saccharum: corresponde a un complejo constituido por seis especies:

### **6.1 Saccharumofficinarun:**

Originaria de Nueva Guinea, de donde se extendió a Indonesia, Indochina, Burma, India. Es conocida como la caña “noble”. Se caracteriza por su alto contenido de sacarosa, tallos gruesos y pesados, con bajo contenido de fibra y altura media los entrenudos son cortos, en forma de barril, generalmente coloreados rojo, rosado, amarillo, purpura, verde etc.); las hojas son anchas y se desprenden con facilidad. Tiene un numero cromosómico  $2N= 80$ , sin embargo en clones comerciales se han observado variaciones cromosómicas que oscilan entre  $2n= 100-140$ .

### **6.2 Saccharumedule:**

Esta especie es originaria de Nueva Guinea Melanesia. El numero cromosómico es  $2N= 60-80$ .

### **6.3 Saccharumbarberi:**

Originaria del norte de la India, es caracterizada por su altura media, tallos delgados, entrenudos largos y cilíndricos, secciones corchosas en la superficie de los entrenudos, hojas algo angostas y cortas, bajo contenido de sacarosa, se adapta a las condiciones adversas del suelo y el clima. Número cromosómico variable dependiendo de los grupos  $2n=81-124$ .

### **6.4 Saccharumsinense:**

Originaria de China e India, se caracteriza por tener tallos altos de grosor medio en algunas variedades los tallos son delgados, tiene alto contenido de fibra y es pobre en sacarosa; las hojas son angostas y las vainas se adhieren fuertemente al tallo. Son muy resistentes a la sequía y al virus del mosaico. Poseen un sistema radical bien desarrollado. Son resistentes a enfermedades y se adaptan satisfactoriamente a condiciones desfavorables de clima y suelo. El número cromosómico es  $2n= 111-20$ .

### **6.5 Saccharumspontaneum:**

Es la especie con mayor distribución eco geográfica; se extiende desde Afganistán hasta la península Malaya, Taiwán, Nueva Guinea, el Mediterráneo y África.

Se caracteriza por sus talos delgados, de mediana altura, hojas angostas entrenudos largos y rectos, alto contenido de fibra y bajo en sacarosa; el sistema radical es bastante desarrollado. Su apariencia varía mucho, así como su número cromosómico  $2n= 40-128$ .

#### **6.6 Saccharumrobustum:**

Se ha encontrado en Nueva Guinea e Indonesia. Es un tipo de caña alta, de gran porte, gruesa y vigorosa, con alto contenido de fibra y bajo en sacarosa, se ha considerado el ancestro de *S. officinarum*, más que *S. spontaneum*, por desarrollarse en zonas cercanas a esta y por ser susceptible a las mismas enfermedades. Es bastante propensa al virus del mosaico. El número cromosómico es  $2n= 60-80$  y  $2n \leq 63 - 200$  con algunas variaciones.

## 7. COMPOSICIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La composición de la caña de azúcar varía según el tipo de cultivo. En la mayoría de casos el jugo constituye a un 70% y el 30% restante al bagazo. Agua: 70%  
Fibra: 15% Sacarosa: 15%

**Tabla 1. Composición de la caña de azúcar**

COMPONENTES %	TIPO	CANTIDAD	
AGUA		74,50	
FIBRA	Celulosa	5,50	
	Pentosanas	2,00	
	Araban	0,50	
	Lignina, leñoso, etc.	2,00	
Total Fibra 10,00			
AZÚCARES	Sacarosa (C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> )	12,50	
	Glucosa (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> )	0,90	
	Fructuosa (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> )	0,60	
Total Azúcares 14,00			
MINERALES	O	Sílice (SiO <sub>2</sub> )	0,25
CENIZAS:			
		Potasa (KOH)	0,12
		Soda (NaOH)	0,01
		Cal (CaO)	0,02
		Magnesio (MgO)	0,01
		Ácido Fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	0,07
		Ácido Sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0,02
		Hierro (Fe)	Trazas

	Cloro (Cl)	Trazas
Total Minerales o Cenizas 0,50		
COMPUESTOS NITROGENADOS:	Albúminas	0,12
	Amidas (Asparraguina)	0,07
	Aminoácidos (Aspártico)	0,20
	Ácido Nítrico	0,01
Total Compuestos nitrogenados 0,40		
Ácidos y grasas:	Grasa y cera	0,20
	Pectina y gomas	0,20
	Ácidos libres	0,08
	Ácidos combinados	0,12
Total Ácidos y grasas 0,60		

Fuente. Encontrado mayo de 2013

## 7.1 EL POTASIO EN LA CAÑA DE AZÚCAR

La acumulación de potasio en las hojas de la caña se incrementa hasta que se llega a un máximo de producción de follaje.

Después de que la producción foliar finaliza, la cantidad de potasio en la planta de la caña se mantiene constante hasta que el número de hojas activas disminuye durante el proceso. La planta de la caña puede sufrir de deficiencia de potasio aun en suelos que reportan altos contenidos de este elemento.

Especialmente si estos suelos son del tipo pesado (arcillosos), con poca estructura, de alta densidad compactación debida al tráfico de equipo agrícola y con cantidades relativamente altas de calcio y/o alta saturación de sodio. El oxígeno disponible para las raíces en esos suelos siempre es bajo. Además, la dificultad de obtener potasio en cantidades adecuadas en esos suelos se incrementa con altos contenidos de humedad y/o bajas temperaturas.

Así, considere siempre adiciones suficientes de potasio aplicado en banda cerca de la raíz de la planta en este tipo de suelos.

El potasio juega un papel muy importante como catalizador dentro del metabolismo de las plantas y generalmente se encuentra donde existe transferencia de energía dentro de la planta. El potasio participa en la formación de neutralizador de ácidos orgánicos. Además, juega un papel muy importante en el balance entre la formación, acumulación y consumo de azúcares por la planta durante el desarrollo vegetativo.

El potasio incrementa la dureza de las paredes celulares en los tejidos de las plantas, logrando así, una disminución en el acame (caída de la planta al suelo) de los tallos de la caña de azúcar. El mantener la caña de azúcar erecta es muy importante para la cosecha mecanizada y además, también hace más eficiente la cosecha manual.

La fotosíntesis disminuye con incrementos en la diferencia de potasio. Pérdidas significativas en el rendimiento de azúcar se pueden dar aun cuando no existan síntomas visibles de eficiencia de potasio.

## **7.2 LA GLUCOSA**

La glucosa hace parte los compuestos que se presente en muchos zumos de frutas y junto al fructosa son un compuesto molecular de la sacarosa que es un disacárido 100% del azúcar, que se obtiene a partir de la caña de azúcar; la ingestión de la sacarosa en el organismo seda como glucosa que en forma de glucógeno se almacena en los músculos y en el hígado, y viaja por la sangre hacía hasta las células donde se queman a modo de combustible, obteniendo así la energía necesaria.

Su consumo debe ser moderado, se recomienda que el conjunto de azucares no sobrepasen el 10% del total de las calorías diarias precisas, y pueden tomarse hasta 20g.diarios de azúcar o sacarosa sin causar problemas en el organismo.

## **7.3 ALCOHOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR**

La caña de azúcar es la principal materia prima para la producción de ETOH, bien sea en forma de jugo de caña o como melazas (subproducto de la industria azucarera). Se pueden obtener cerca de 70l de ETOH/ton de caña y 9l ETOH/ton de melaza grado C, además de cerca de 100kg de azúcar. El microorganismo más utilizado es *S. cerevisiae* por su capacidad de hidrolizar la sacarosa de la caña de azúcar para su conversión hasta glucosa y fructosa, dos hexosas fácilmente asimilables y además puede desarrollarse en condiciones anaeróbicas, pero se necesitan pequeñas cantidades de O<sub>2</sub> para la síntesis de sustancias como ácidos grasos y esteroides. Esto es reacción general de la fermentación.



La fermentación alcohólica puede llevarse a cabo por lotes alimentados o en forma continua. El proceso típico de producción de alcohol a partir de melazas o jugo de caña (denominado proceso Melle-Boinot), comprende la esterilización de la materia prima seguida del ajuste del pH con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y de los Brix a valores de 14-22. El mosto obtenido se somete a fermentación. El vino resultante se decanta y centrifuga para recuperar el ETOH, mientras la levadura se recircula a los fermentadores. Para la obtención de alcohol anhidro se utiliza mayoritariamente la destilación azeotrópica con benceno (Kosaric y Velikonja, 1995).

La fermentación por lotes alimentados implica bajos niveles de concentración de sustrato en el transcurso de la fermentación, mientras el alcohol se va acumulando en el medio. El proceso más empleado en Brasil para la obtención de bioetanol es el de lotes alimentados con recirculación de células, lo que hace que aumente la productividad volumétrica. El control de la velocidad de alimentación del medio es muy ventajoso por cuanto implica la neutralización del efecto inhibitorio causado por las altas concentraciones de sustrato o de producto en el caldo de fermentación. Se ha observado que la adición de sacarosa en forma lineal o entre 10% y 14% (Echegaray et al., 2000).

Los procesos continuos tienen mayores ventajas frente a los procesos por lotes debido a los menores costos del bioreactor, menores requerimientos de mantenimiento y operación, mejor control del proceso y mayor productividad. El 30% de las plantas productoras de bioetanol en Brasil emplean el cultivo continuo (Monte Alegre et al., 2003). La clave de este proceso son las mayores densidades celulares, las cuales se pueden alcanzar por inmovilización de células, recuperación y reciclaje de biomasa o control del crecimiento celular. Sin embargo, las levaduras cultivadas por períodos prolongados en condiciones anaeróbicas disminuyen su capacidad de producir alcohol.

## 7.4 ALCOHOL A PARTIR DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA.

En el mundo se llevan a cabo gran cantidad de estudios para desarrollar la producción a gran escala de alcohol a partir de biomasa lignocelulosa. Los materiales que más se han investigado son madera y residuos forestales, papel reciclado y residuos de la industria papelera, BAGAZO DE CAÑA, desechos agrícolas (hojas, ramas, hierba, frutas, paja, etc.) así como residuos sólidos urbanos.

Se ha estimado un valor de 6 para la relación salida/entrada de energía en el caso de la producción de ETOH a partir de biomasa (Berg, 2001), es decir, la relación entre la energía liberada durante la combustión de alcohol y la energía necesaria para su producción considerando todo el ciclo de vida del producto desde la extracción de las materias primas y los insumos requeridos, pasando por su transporte, hasta el proceso de transformación hasta bioetanol. Lo anterior hace a esta materia prima muy atractiva, en especial en países que no cuentan con la facilidad de producir grandes cantidades de caña de azúcar.

El valor de esta relación para el ETOH producido a partir de almidón de maíz es de 1,1-1,2 (Prakash et al., 1998) y a partir de caña de azúcar es de 8 (Berg, 2001). El principal reto en la producción de etanol a partir de biomasa lignocelulosa es el pre tratamiento e hidrólisis de la materia prima. El complejo lignocelulósico está compuesto principalmente de una matriz de carbohidratos compuesta de celulosa y lignina enlazada por cadenas de hemicelulosa.

El pre tratamiento tiene como objetivo desintegrar esta matriz de tal manera que la celulosa reduzca su grado de cristalinidad y aumente la celulosa amorfa, que es la más adecuada para el posterior ataque enzimático. Adicionalmente, la mayor parte de la hemicelulosa se hidroliza durante el pre tratamiento y la lignina se

libera o puede incluso descomponerse. En una etapa posterior, la celulosa liberada es sometida a hidrólisis enzimática con celulasas exógenas, lo cual hace que se obtenga una solución de azúcares fermentables que contiene principalmente glucosa, así como pentosas resultantes de la hidrólisis inicial de la hemicelulosa. Estos azúcares son posteriormente convertidos en ETOH mediante microorganismos que pueden utilizar uno o varios de los azúcares presentes en el material lignocelulósicos pre tratado e hidrolizado.

## **8. BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

El bagazo es el residuo fibroso que queda de la caña después de ser exprimida y de pasar por el proceso de extracción. Por lo general el bagazo, se utiliza en los ingenios azucareros como combustible, sin embargo para la industria papelera representa una de las materias primas más importantes.

El bagazo completo está integrado por tres componentes principales:

El recubrimiento en que se incluye la epidermis, la corteza y el periciclo.

Los mazos de fibra vascular, entre los que figuran las células conductoras de pared delgada asociadas con fibras de pared relativamente con estrecho lumen.

El tejido básico (parénquima) o médula, con mazos de fibra distribuidos irregularmente.

### **8.1 Características de los componentes principales del bagazo de la caña**

#### **8.1.1 Celulosa:**

Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces. Debido a su estructura, las cadenas de celulosa se unen por Puentes de hidrogeno intermoleculares formando agregados (micro fibrillas). La celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta. Es impermeable al agua. Consecuentemente el polímero celulosa es insoluble y resistente a hidrólisis.

### 8.1.2 Hemicelulosa:

Forman cadenas cortas y son polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosas como pentosas. Dependiendo de las especies de la planta, estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando estructuras poliméricas diversas, que pueden estar relacionados cercanamente tanto con celulosa como lignina. Los tres polímeros principales son los xilanos, los mananos y los arabinogalactanos.

### 8.1.3 Lignina

Es un polímero complejo, tridimensional, globular, irregular, insoluble y de alto peso molecular (>10,000), formado por unidades de fenilpropano, cuyos enlaces son fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática.

En las plantas la lignina se encuentra químicamente unida a la hemicelulosa y rodeada a las fibras compuestas por celulosa.

Es responsable de la rigidez de las plantas y de sus mecanismos de resistencia al estrés y a ataques microbianos. Es especialmente abundante (20-30% del peso de la pared) en células conductoras (vasos xilemáticos) y estructuras (fibras) con engrosamiento secundario.

## **8.2 BIOMASA CAÑERA**

El bagazo de la caña de azúcar presenta un 30% de residuo fibroso, por hectárea cosechada se puede obtener anualmente 13,5 toneladas de bagazo,

que son un equivalente a 2,7 toneladas de combustible, esto quiere decir que la biomasa aprovechable energéticamente en el bagazo presentan el 30%.

El uso de los residuos sólidos de la caña cuando se encuentran verdes y molidos como combustible, dependen de la recolección, ya que es posible recolectar 3,75 toneladas de residuos agrícolas cañeros por hectárea de caña cosechada, equivalentes a 0,62 toneladas, En las propiedades del bagazo y los residuos agrícolas cañeros como combustible influye un grupo de factores agrícolas e industriales que actúan sobre la caña de azúcar como materia prima. Dentro de las agrícolas se pueden citar: grado de mecanización de la cosecha, variedad y edad de la caña, tipo de suelo y condiciones climáticas. Entre los factores industriales están: grado de preparación de la caña para su molienda en el tándem de molinos, presión y desgaste de los molinos, así como la cantidad y temperatura del agua de inhibición

**Tabla 2 Componentes de la biomasa cañera.**

ELEMENTOS QUIMICOS	BAGAZO
CARBONO	47,00
HIDROGENE	6,50
OXIGENO	44,00
CENIZAS	2,50
OXIGENO	0,00
NITROGENO	0,001

Fuente: Encontrado en mayo 2013

### **8.3 PRODUCCIÓN DE CELULOSA Y PAPEL A PARTIR DEL BAGAZO DE LA CAÑA.**

El aprovechamiento del bagazo como materia prima para la obtención de pulpa se ve restringida por aspectos técnicos que limitan su utilización a escala industrial principalmente la composición variable del bagazo que tiene en la “medula” un componente indeseable que dificulta su procesamiento. La medula es el tejido parenquimatoso central del tallo en el que se mantienen restos de azúcares e impurezas que al fermentar descontroladamente hacen que el almacenamiento del bagazo sea difícil.

Esta medula es capaz de absorber hasta veinte veces su peso en un medio líquido mientras que la fibra limpia solo absorbe unas cinco veces su propio peso, adicionalmente, un mayor contenido de impurezas y azúcares repercute en un mayor consumo de reactivos necesarios para acondicionar la materia prima de cara a la correcta obtención de pulpa de buena calidad. En consecuencia, el desmedulado se convierte en un paso imprescindible para mejorar el bagazo que se empleara en la producción de celulosa y papel de alta calidad.

Las pulpas químicas de bagazo de caña son demasiado oscuras para emplearlas en la elaboración de papeles blancos de calidad y esto se debe a la presencia de lignina residual en la pulpa después del proceso de cocción.

Los polímeros que constituyen el bagazo de la caña (celulosa, lignina y hemicelulosa) se deben separar por fraccionamiento y purificar. A partir de la separación de la lignina del resto de los carbohidratos se puede obtener pulpa química después del proceso de cocción.

Los polímeros se constituyen el bagazo de caña (celulosa, lignina y hemicelulosa) se deben separa por fraccionamiento y purificar. A partir de la separación de la

lignina del resto de los carbohidratos se puede obtener pulpa química con alto valor agregado para el desarrollo de pastas para papel con propiedades innovadoras.

En ensayos realizados en la Universidad Veracruzana de México se observó que las pulpas de bagazo de caña refinadas presentaron un comportamiento similar a la pulpa de madera y se resalta que el proceso de refinado se realiza de manera más fácil debido principalmente a una mayor fibrilación de la fracción de fibras largas y cortas en esas pulpas, a la presencia de pentanos y a la rápida generación de finos como ocurre en las pulpas obtenidas a partir de plantas anuales.

Como consecuencia del tratamiento de refinación aplicado a las fibras cortas del bagazo de caña, estas podrían entrelazar mejor a las fibras largas de madera en la preparación y fabricación de papeles con alto contenido de celulosa de bagazo; este efecto repercutiría en una disminución del consumo de energía neta de refinación y aumentaría la resistencia de este tipo de papel al rasgado y la tensión; y por otro lado las propiedades de drenado (tiempo de drenado y porosidad) disminuyen por la menor cantidad relativa de fibras largas.

En otra línea de investigación relacionada con el aprovechamiento del bagazo de caña en la industria papelera, investigadores del IRD e INRA agrupados en el IRF De Biotecnologías agropecuarias de Marsella (Francia), han desarrollado un proceso biológico no contaminante para el pre tratamiento del bagazo, han desarrollado un proceso biológico no contaminante para el preparamiento del bagazo.



## 9. LA CELULOSA

La celulosa es uno de los materiales orgánicos más abundantes en la tierra que se caracteriza por su gran disponibilidad y por ser una fuente de energía renovable.

La obtención de fibras de celulosa, a partir de su disolución controlada, les confiere gran pureza, uniformidad y reproducibilidad de propiedades, en contraposición con las fibras manuales como el algodón.

Ya en 1665 Robert Hooke pensó en la posibilidad de fabricar fibras artificiales de celulosa regenerada, aunque esto no fue posible hasta el descubrimiento de la nitrocelulosa por Schonbein en 1845.

En 1889, el conde Hilaire de Chardonnet desarrolló en Francia una máquina capaz de fabricar fibras de celulosa a la imitación de la seda natural.

Con la aparición en el mercado de las fibras químicas sintéticas (poliéster, poliamida etc.), las fibras de celulosa regenerada no podían competir con la funcionalidad, precio y campos de aplicación de las primeras, por lo que se redujo considerablemente la producción de las fibras de celulosa regenerada.

Mientras que el precio de las fibras sintéticas descendía, como consecuencia de sus bajos costes de producción, el precio de las fibras de celulosa regenerada continuaba incrementándose. Este hecho podría explicarse principalmente, por los elevados costes asociados al complejo proceso de producción y a los esfuerzos crecientes dedicados al control de la contaminación del mismo, debido a los elevados contenidos del sulfuro de carbono y sales en las aguas residuales, así como de sulfuro de hidrógeno, subproducto generado durante el proceso y de notable poder contaminante, en los gases de salida.

Como consecuencia de la problemática técnica y medio ambiental asociada a los procesos de fabricación tradicionales de celulosa regenerada, recientemente han aparecido desarrollos innovadores en este campo, basados en el uso de disolventes no acuosos de la celulosa, como el correspondiente al nuevo proceso de fabricación de fibras de lyocel. Este proceso no solo satisface los requisitos técnicos y económicos necesarios, sino que también cumple con los modernos estándares ecológicos existidos actualmente.

## **9.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CELULOSA**

La fibra de lyocel, mantiene todas las propiedades de una fibra celulósica presentando buena absorción de humedad, confort y biodegradabilidad, al igual que las fibras de viscosa tradicionales la fibra de lyocel destaca por unas propiedades mecánicas superiores, alto modulo y excelente resistencia, principalmente el húmedo y una elevada tendencia al fenómeno de fibrilación. Además presenta un grado de polimerización más elevado que el de las fibras de celulosa regenerada convencionales, lo que justifica su mayor resistencia, que se mantiene incluso en estado húmedo.

De otro modo, la mejora de las propiedades mecánicas conlleva un aumento de la tendencia a la fibrilación durante los procesos en húmedo. Se entiende por (fibrilación) la aparición de fibrillas a lo largo de la superficie de la fibra. En algunas aplicaciones de fibrilación controlada es deseable, ya que mediante tratamiento enzimático, en combinación con tratamientos mecánicos, se pueden obtener efectos conocidos como: piel de melocotón (peach-skyn), lavado a la piedra (Stone-wash), micro pana o, simplemente, aspecto usado. En ocasiones la fibrilación puede suponer un inconveniente ya que la aparición de macro fibrillas modifica si aspecto superficiales factores que controlan el grado de fibrilación

durante los procesos en húmedo son: pH, temperatura, relación de baño y grado de acción mecánica. En este caso, se aumenta la fibrilación como medio alcalino, relación de baño baja, elevadas temperaturas y tratamiento mecánico severo.

## **9.2 ASPECTOS ESTRUCTURALES**

La fibra de lyocel presenta una estructura muy diferente de fibra de viscosa tradicional, debido a que los filamentos no han sido colapsados tiene una superficie muy lisa y una sección transversal circular- ovalada, es decir, se parece más a una fibra sintética hilada por fusión que a una fibra de celulosa regenerada.

Lyocel, en forma de fibra, se caracteriza por tener un alto modulo y una excelente resistencia, especialmente en húmedo. Estas propiedades han sido constatadas mediante estudios de difracción de rayos x (WARS, SAXS), los cuales han demostrado que las fibras se distinguen por su grado de cristalinidad y orientación molecular.

De acuerdo con los estudios de Schurz y colaboradores la relación entre las zonas cristalina y amorfa es de 9:1 en el lyocel, mientras que para los polímeros de viscosa es de 6:1. También se caracteriza porque las zonas amorfas manifiestan cierto grado de orientación. Estas propiedades confirman los valores de alto modulo en húmedos, lo que garantiza la estabilidad dimensional de los productos fabricados. Por otra parte estas propiedades estructurales son las responsables de una mayor tendencia a la fibrilación.

Al contrario que con el algodón, todas las fibras de celulosa regenerada pierden propiedades de resistencia en húmedo. Sin embargo, en las fibras lyocel, esta pérdida de resistencia es significativamente menor que para las fibras modal,

polinésicas, viscosa, y otras fibras celulósicas, como las obtenidas a partir de soluciones de carbono de celulosa y DMA/LiC1 (celulosa-dimetilacetamida-cloruro de litio). Aunque en todos los casos el hinchamiento (en agua o soluciones alcalinas) hace disminuir la tenacidad y el módulo de las fibras de celulosa regenerada, no se modifica significativamente el factor de orientación cristalino.

Esto indica que la alteración de las propiedades mecánicas es responsabilidad de la orientación de las regiones amorfas, asumiéndose que las diferencias observadas deben relacionarse con el factor de orientación de la fase amorfa. El factor de orientación cristalino es asignado a la orientación de los cristalinos, mientras que el factor de la orientación amorfo se asigna a las cadenas menos ordenadas entre los cristalinos. En el caso de las fibras modal el factor de orientación amorfo es menor que el factor de orientación cristalino y decrece rápidamente con el tratamiento con hidróxido sódico como agente hinchante.

Por el contrario en las fibras de lyocel ambos factores de orientación presentan valores similares y el factor de orientación amorfo solamente presenta un pequeño descenso por la acción del agente hinchante. Obviamente, en la fibra de lyocel las cadenas más orientadas entre los cristalinos se oponen con más fuerza a la penetración de los agentes hinchantes que las fibrillas elementales, menos ordenadas, de las fibras modal. Este modelo explica la mayor interferencia mostrada por las fibras más orientadas en estado hinchado, como el lyocel, y la menor pérdida de tenacidad y módulo de las mismas.

### **9.3 CAMPOS DE APLICACIÓN**

Aunque el campo central de aplicación de las fibras de lyocel se sitúa en el sector de la indumentaria textil se ha encontrado un buen comportamiento en la

fabricación de telas no tejidas pudiendo incluso sustituir al poliéster. Se ha utilizado para materiales no tejidos, combinado con látex, para la unión térmica.

En todos estos campos se le han encontrado ciertas ventajas. Cuando se utiliza en no tejidos resinados con látex, se ha observado que los valores de rigidez conseguidos son mucho más bajos que los de látex. Así se obtienen productos más absorbentes y con una buena resistencia en húmedo. Al unir térmicamente lyocel con fibra de polipropileno, para hacer telas no tejidas, se aprecian diversas mejoras en la resistencia. Además se observa que el tejido tiene una resistencia mayor en húmedo que en seco.

Entre los usos finales podemos destacar:

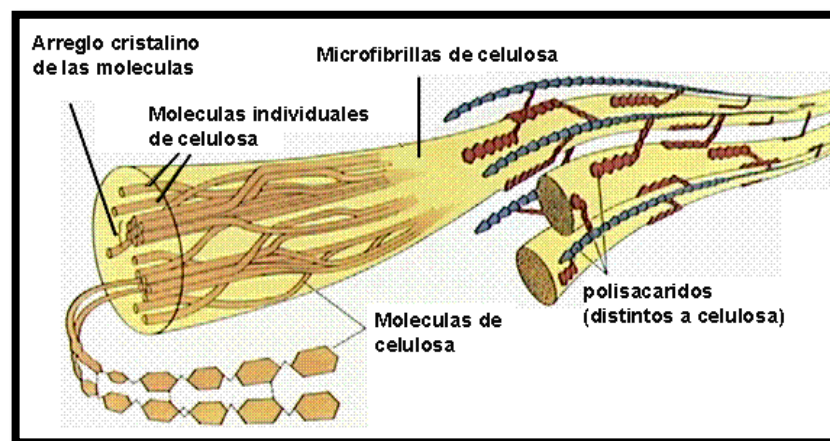
Camisas y vestidos finos de alta calidad teñidos o estampados.

Tejidos técnicos donde se necesite alta absorción de agua y alta resistencia.

Telas no tejidas para material sanitario

## 9.4 EXTRUCTURA MICROSCOPICA DE LA CELULOSA

Figura 2. Estructura microscópica de la celulosa



Fuente: Valparaiso, P. U. (2013). *Pontificia Universidad Católica de Valparaiso*.

## 10. SECCIÓN EXPERIMENTAL

### 10.1 Materiales:

En este proceso de pruebas físico químicas realizadas al bagazo de la caña de azúcar se llevaron a cabo en los laboratorios de TECNOPARQUE SENA sede Medellín. Se emplearon materiales tales como; microscopio invertido, balanza analítica, beaker, microondas, estufa además de reactivos como ácido clorhídrico y colorantes zafranina –lugol.

### 10.2 Obtención de la fibra:

Para llevar a cabo toda una serie de pruebas es necesario obtener primero la fibra, y el procedimiento que se cumplió fue el siguiente:

- -Se procede a pelar la caña de azúcar, separando así la cascara del bagazo con jugo, luego este es exprimido en su totalidad para eliminar el líquido (jugo).
- -Luego es lavada con abundante agua para eliminar impurezas y azúcares presentes; nuevamente es exprimida para finalmente exponerla al sol y de esta forma secarla.

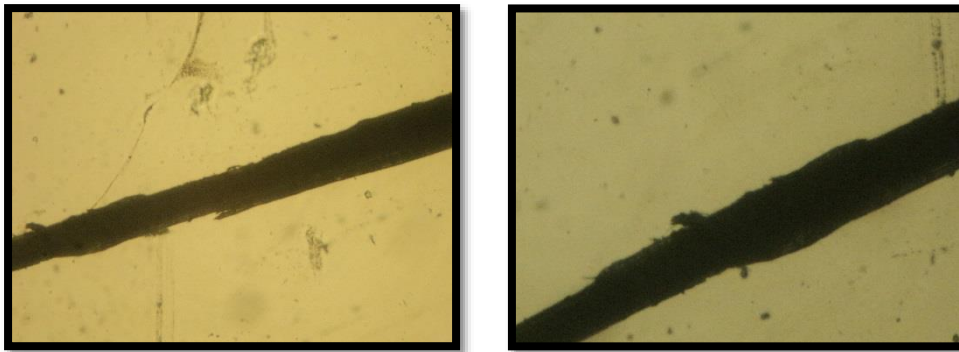
## 11 ANÁLISIS CUALITATIVO

(SUPPRAD N° 1 2009) metodología de identificación cualitativa y cuantitativa de fibras textiles naturales.

### 11.1 PRUEBA DE LABORATORIO MICROSCÓPICA

Al acercar una fibra del bagazo de la caña de azúcar al lente del microscopio, se aprecia su color el cual es negro con algunos agujeros, sus bordes poseen algunas pelusas o filamentos como fibras más cortas; también observamos un espacio diminuto en sus bordes.

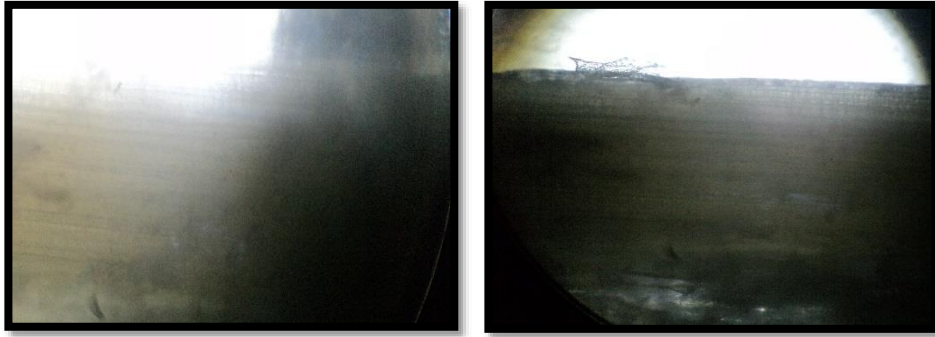
**Figura 3. Vista microscopio invertido**



Fuente: (propia)

Trencilla: se puede ver una especie de tejido invertido de color beige con algunas capas mezcladas de color más oscuro las cuales son pulpa del bagazo de la caña.

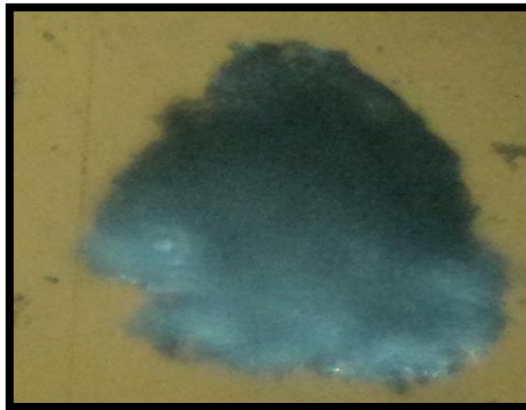
**Figura 4. Vista microscopio invertido**



Fuente. (Propia)

Corte longitudinal: partimos una fibra del bagazo de la caña en forma longitudinal para darnos cuenta de su apariencia, la acercamos al lente del microscopio invertido y se ve una superficie lisa en el centro de la fibra y a su alrededor se aprecia una especie porosa o con aspecto de estropajo.

**Figura 5. Corte longitudinal vista microscopio invertido**

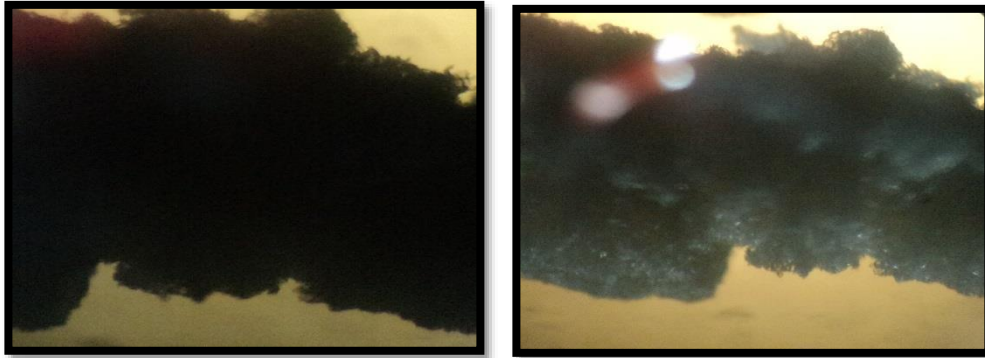


Fuente. (Propia)

Cicatriz foliar: tomamos una fibra, le hicimos algunos nudos y lo llevamos al lente del microscopio invertido; pudimos apreciar una forma en ella como de espuma o estropajo.



**Figura 6.cicatriz foliar**



Fuente: (propia)

## **11.2 PRUEBA DE COMBUSTIÓN**

La fibra del bagazo de la caña de azúcar se deja quemar fácilmente, su llama arde y es de color a amarillo en el exterior y en su interior es naranja, el humo es de color gris, su ceniza es pegada; se puede pulverizar con facilidad y se siente un olor a papel quemado.

## **11.3 SOLUBILIDAD Y TEÑIDO**

Para llevar a cabo este proceso es necesario tener la muestra que se va a utilizar de bagazo de caña de azúcar ya seco para poder ser llevado a la balanza y determinar su peso inicial.

El peso inicial es: 7,3 g

1- Lo primero que se le hará a la fibra ya debida mente pesada es agregarle ácido clorhídrico con el fin de retirarle las azucares con este.

1 g de fibra \_\_\_\_ 5 ml ácido y 2 ml de agua

Se mezcla la fibra con el ácido y el agua en un beaker y se llevan a la estufa a una temperatura de 160°C

Se agita constantemente con una cuchara hasta que evapore. Al cabo de 10 minutos se le adiciona 30 ml de agua y 10 ml de colorante (zafranina –lugol) color morado

Después de 20 minutos de adicionar el colorante, la fibra se vuelve de color azul, y se sigue agitando para que esta quede uniforme.

15 minutos más tarde, la fibra va tomando un color verde y el líquido adicionado inicialmente se ha evaporado totalmente.

Este proceso de cocción tardó 45 minutos. Se expuso la fibra al aire libre para ser secada.

#### **11.4 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS**

Textura: la fibra del bagazo de la caña de azúcar tiene un aspecto leñoso, pero tu tacto no es tan rígido como esta, es un poco más flexible, ya que se deja doblar, enrollar, trenzar, se puede decir que es abullonada debido a que se aplasta cuando se le ejerce presión.

Olor: el olor que tiene el bagazo de azúcar antes de ser lavado es muy fuerte, con un alto grado de azúcar y cuando lleva varias horas huele a azúcar fermentada.

Cuando la materia prima ya ha sido lavada y secada se siente un leve olor azúcar mojada.

Color: el color de la fibra es amarillosa leve y la parte de la cicatriz foliar es de color café claro.

## 12 ANÁLISIS CUANTITATIVO

### 12.1 PESO, LAVADO y SECADO

Para la realización de estas pruebas, se obtuvo la materia prima (caña de azúcar), la cual fue conseguida en un punto de venta de guarapo ubicado en la avenida 80 de la ciudad de Medellín, la muestra tiene la siguiente información:

**Tabla 3. Características de la muestra de caña de azúcar**

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Costo de la muestra	500 pesos
Largo	9 cm
Contorno	16 cm
Peso	75 g

Fuente: propia

**Figura 7. Muestra de caña de azúcar.**



Fuente. (propia)

Paso 1: Se procedió a retirar la capa superior de la muestra (cáscara), seguidamente se llevó a la balanza para ser pesada, su peso sin cáscara fue de 50 g.

**Figura 8. Bagazo con jugo tomado de la caña de azúcar.**



Fuente: (propia)

Paso 2: Se llevó la cáscara retirada de la muestra a la balanza y el peso fue de 25 g.

**Figura 9. Cáscara de caña de azúcar**



Fuente: (propia)

Pasó 3: Después de retirar la capa exterior de la muestra (cáscara) y se procedió hacer exprimido, haciendo mucha presión sobre está logrando así que la fibra evacuara todo el líquido (jugo dulce).

**Figura 10. Bagazo final de la muestra de caña de azúcar.**



Fuente: (propia)

Paso 4: Nuevamente se lleva a la balanza para saber cuál es su peso estando aun húmedo, y el peso obtenido fue de 15 gramos.

Su olor es azúcar húmeda y es de color es amarilloso

Paso 5: Después de hacer todo este proceso se prosiguió a lavar la fibra con abundante agua para conseguir que esta expulsara todos los residuos del jugo dulce. A continuación se dejó secar la muestra durante dos días, y se volvió a llevar nuevamente a la balanza para saber cuál era su peso final, y el obtenido fue de 9 gramos.

-Su color sigue siendo amarillo muy claro y tiene un leve olor a dulce.

-Se tomó una pequeña parte de la fibra ya seca y se prosiguió a quemarse, el olor obtenido es similar al papel quemado. Y se observó una llama de color rojo con naranjado acompañado de humo.

**Figura 11.vista del bagazo**



Fuente: (propia)

Se concluyó después de haber realizado toda una serie de pruebas se llega a la conclusión de que solo el 12% de la fibra se puede utilizar, debido a que el 88% restante está compuesto por cascara y jugo.

El 33% de la muestra equivale a la cascara

La muestra está compuesta en su mayoría por jugo dulce y equivale a 55%

## **12.2 PRUEBA TÉRMICA**

Para la realización de esta prueba es necesario lavar primero el bagazo de caña de azúcar con abundante agua para retirar impurezas y dejarlo secar al aire libre.

- -Luego de que este seca se prosigue a pesarla, y su peso inicial es de 12 gramos.
- -Se lleva a la estufa para ser cocinada con agua pura, y se agita seguidamente, el proceso de cocción se demora 30 minutos. Al cabo de este tiempo se retira del calor y se lleva al aire libre para que seque.

- -Después de 4 horas la fibra está totalmente seca y se lleva nuevamente a la balanza, y el peso obtenido es de 10 gramos.

Diagnóstico y resultados del experimento:

- -La fibra quedo de un color más caro del que tenía inicialmente la forma física de la fibra no cambio después de la prueba
- -el peso de la muestra no vario significativamente después de la cocción la consistencia de la fibra fue mejor que con el ácido clorhídrico

### **12.3 PORCENTAJE DE HUMEDAD**

Para llevar a cabo este procedimiento se inicia llevando la fibra a un microondas durante 1 minuto con el fin de que este adsorba toda la humedad q tenga y quede totalmente seco.

- -Luego de ser sacada es llevada la balanza analítica para saber cuál es su peso, el peso inicial de la muestra equivale a 0,0458 gr.
- -Seguidamente se dispone a dejar la muestra sobre una superficie plana para que absorba la humedad del ambiente, y después de haber transcurrido una hora es llevada nuevamente a la balanza para saber cuál es su peso final, por tanto el porcentaje de humedad.

El peso obtenido es: 0,046 g, por tanto:

$$1 - \frac{0,0458}{0,046} \times 100\% = 1,0\%$$

El porcentaje de humedad es: 1,0%



## **13. DISEÑO METODOLÓGICO**

Método de investigación: Investigativa experimental por medio de laboratorios

Fuentes a emplear:

Procedimiento de recopilación de información; web, revistas, bibliotecas, salida de campo.

Opiniones de personas con conocimiento del tema

Prueba de laboratorio, caracterización físico químico del residuo sólido.

### **13.1 ENTREVISTA**

Para la elaboración del proyecto estudio de factibilidad de la caña de azúcar como fibra textil, se consideró de mucha importancia la opinión de algunas personas que tengan conocimiento sobre fibras textiles, estas son de mucha importancia debido a que ellos tienen la experiencia laborar con respecto a las fibras textiles conocidas y de procedimientos químicos.

A continuación se procede a hacerle una serie de preguntas con respecto a la investigación que estamos realizando.

### 13.1.1 Entrevista 1

Nombre: Juan Guillermo Vélez Fernández

Profesión: Ingeniero industrial

Responsabilidades: Docente de cátedra

Experiencias laborales:

-Gerente administrativo y producción en Tejitex- Quito Ecuador

-Textiles Pepalfa

-Fabricato

-Everfit

1-¿Cree usted que el bagazo de la caña de azúcar puede ser utilizado con un fin diferente a los conocidos?

Si, ya que si han podido sacar papel de este, puede existir la posibilidad de crear un textil no tejido

2-¿A qué fibra conocida se le asemeja el bagazo de la caña de azúcar?

Creo que tiene similitud a la fibra del coco por la contextura

3-¿Del bagazo de la caña de azúcar se pueden obtener fibras largas o cortas?

La verdad no he observado detenidamente este material, pero yo creería que es una fibra corta

4- ¿Qué pruebas se le deben hacer al bagazo para considerarse una fibra textil?

Deben realizarse pruebas de resistencia, adsorción de humedad, estiramiento y solubilidad, para así determinar si se puede dar un uso en el área textilera

5- ¿Qué alternativas químicas o microbiológicas pueden ser utilizadas para la separación de azúcares del bagazo?

No sé. Pueda que no sea necesario retirarla, o al menos no con ácidos que la puedan dañar.

6 -¿Piensa usted que el bagazo de la caña de azúcar se deja teñir?

La verdad creería que su aspecto físico se vería mejor sin necesidad de teñirlo, pero sí, creo que si se deja teñir, es más, existe la posibilidad de que se pueda hacer sin necesidad de retirarle las azúcares.

7-¿Qué pre-tratamiento debe tener la caña de azúcar antes de hacerle pruebas físicas y químicas?

El bagazo de la caña de azúcar se debe lavar con abundante agua para eliminar residuos y la miel de la azúcar.

8-¿Cree usted que el bagazo de la caña de azúcar puede funcionar como un geo textil?

Si, si se comprueba su factibilidad y tiene una buena capacidad de absorción de agua. Pienso que puede ser una buena utilidad ya que este es un residuo y al convertirse en un material que ayude al medio ambiente estaría aportando con él, debido a que pasaría de ser un residuo contaminante a una fibra de mucha importancia.

9-¿Qué piensa usted de este proyecto...creería en la posibilidad de que un ingenio azucarero lo apoye?

Me parece que es una idea muy interesante, y si comprueba su factibilidad creo que es posible el apoyo de una industria azucarera.

10-¿Utilizaría usted una prenda o accesorio elaborado con bagazo de caña de azúcar?

La verdad no lo veo de esta forma. Creo que funcionaría más como un geotextil.

### 13.1.2 Entrevista 2

Nombre: Carlos Julio Osorio Montoya

Profesión: Ingeniero de Productividad y Calidad

Responsabilidades: docente de cátedra

Experiencias laborales

30 años en el área de textiles

Empresas como:

-Tejicondor

-Coltejer

-Supertex

-Improvimedicas

1- Cree usted que el bagazo de la caña de azúcar puede ser utilizado con un fin diferente a los conocidos?

Si, y se puede hacer papel que es un no tejido, puede hacer igualmente un textil

2- A qué fibra conocida se le asemeja el bagazo de la caña de azúcar?

Creería que al subproducto del algodón

3-¿Del bagazo de la caña de azúcar se pueden obtener fibras largas o cortas?

Yo creería que es una fibra larga

4- ¿Qué pruebas se le deben hacer al bagazo para considerarse una fibra textil?

Creería que la prueba más importante es la de resistencia, porque si no la tiene como pretendería obtener un textil

5- ¿Qué alternativas químicas o microbiológicas pueden ser utilizadas para la separación de azúcares del bagazo?

La verdad no se...

6-¿Piensa usted que el bagazo de la caña de azúcar se deja teñir?

Creería que si

7-¿Qué pre-tratamiento debe tener la caña de azúcar antes de hacerle pruebas físicas y químicas?

Lavarla varias veces con agua para determinar si de esta forma se le retiran las azúcares, y no tener que utilizar ácidos que puedan dañarla

8-¿Cree usted que el bagazo de la caña de azúcar puede funcionar como un geo textil?

Sí, porque es natural y por tanto biodegradable.

9-¿Qué piensa usted de este proyecto...creería en la posibilidad de que un ingenio azucarero lo apoye?

Sí. Sería una buena idea la elaboración de biotextiles. Y si es viable seguro que un ingenio azucarero podría apoyarlo.

10-¿Utilizaría usted una prenda o accesorio elaborado con bagazo de caña de azúcar?

Si, se ve agradable sí.

### 13.1.3 entrevista 3

NOMBRE: Rafael Guillermo Pereira Carvajal

RESPONSABILIDADES: Estudiante de Ingeniería Biológica, 10 semestre  
Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

Tesis en Biolixiviación con ayuda de un hongo

Y se realiza en Ingeominas Medellín (Antioquia)

1-¿Cree usted que el residuo que es el bagazo de la caña puede ser utilizado con un fin diferente al del papel, combustible para calderas, plástico, etc.?

Si con una buena manipulación puede llegar a ser utilizada como fibra de textil.

2-¿Del bagazo de la caña se podría obtener una fibra larga o corta?

Yo creería que una fibra corta, porque he visto la elaboración de jugo de caña y el residuo de bagazo final son fibras cortas.

3-¿Que pruebas se le deben hacer al bagazo de la caña para considerarse fibra textil?

Pruebas de torsión, flexión, elongación.

4-¿Qué alternativas químicas o microbiológicas pueden ser utilizadas para la separación de azúcares en el bagazo de la caña?

Físicos: por centrifugación o por calentamiento. Químicos: por destilación.

Microorganismos: la utilización de una bacteria, hongo o levadura, para tomar el azúcar presente como fuente de carbono y se le consuma dejando libre la fibra.

5-¿Considera que el bagazo de la caña de azúcar puede funcionar como geo textil?

Eso depende de las pruebas de torsión y de dureza, flexión, podría llegar a ser utilizada como una geo malla, esto dependerá de la resistencia que tenga.

6-¿Piensa usted que el que la fibra del bagazo de la caña de azúcar se deja teñir?  
Si, por medio de un tinte orgánico

7-¿A qué se le asemeja la fibra del bagazo de la caña de azúcar?  
Se me asemeja al fique, porque las he visto a ambas y son muy parecidas

8-¿Utilizaría usted unos zapatos hechos del bagazo de la caña?  
Si, si utilizo unos de fique.

9-¿Opina usted que INCAUCA, MANUELITA, etc. Apoyaran un proyecto de investigación como este?  
Con una buena propuesta y haciendo pruebas que demuestren que es fiable. Yo considero que podría ser viable.

10-¿Que pre tratamiento debe tener el bagazo de la caña de azúcar?  
Separación de los sólidos.  
- Eliminación de azúcares.  
- Entrelazamiento de fibras

## CONCLUSIONES

Después de haber realizado una serie de pruebas e investigaciones al bagazo de la caña de azúcar se puede concluir que:

El residuo de la caña de azúcar no es resistente a los ácidos utilizados para la extracción de las azúcares, debido a que cambia su estado físico y la debilita; por tanto no puede ser hilada, pero si puede funcionar como un no tejido.

La fibra del bagazo de la caña de azúcar puede ser utilizada para la elaboración de geo textiles, debido a que tiene una buena capacidad de absorción y cuenta con la gran ventaja de ser una fibra natural y por tanto biodegradable.

El bagazo puede ser utilizado para elaborar artesanías a nivel microempresa debido a que el rendimiento de esta es mínimo y no valdría la pena cultivar este producto solo para ser utilizado en el área de la textilería.

Al utilizarse como materia prima, el bagazo de caña de azúcar dejaría de ser un residuo contaminante y pasará a ser una materia prima (una fibra ecológica).

Este proyecto de estudio de factibilidad queda abierto, con la opción de poder seguir investigando más acerca de esta fibra en un futuro.



## REFERENCIAS

Echavarría, J. (2010). Cartilla Didáctica para la Formulación de proyectos. Centro de Investigaciones CIES, ESCOLME Institución de Educación Superior. Medellín, Colombia.

ICONTEC NTC 1486:2008, Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización.

SUPPRAD N° 1 (2009) metodología de identificación cualitativa y cuantitativa de fibras textiles naturales.

## CIBERGRAFÍA

Aldana, J. (2010). *juliusrac.blogspot.com*. Obtenido de <http://julius-juliusrac.blogspot.com/2010/06/taxonomia.html>

Bástidas, L. (2011). *Programa de Ingeniería Agronómica de la UNEFM*. Obtenido de <http://unefmagronomia-spci-canazucar.blogspot.com/2011/03/botanica-de-la-cana-de-azucar.html>

Bástidas, L. (2011). *UNEFM Programa de Ingeniería Agronómica*. Obtenido de <http://unefmagronomia-spci-canazucar.blogspot.com/2011/03/botanica-de-la-cana-de-azucar.html>

BNDES, CGEE, FAO, & CEPAL. (2008). *Bioetanol de Caña*. Obtenido de [http://www.bioetanoldecana.org/es/download/resumo\\_executivo.pdf](http://www.bioetanoldecana.org/es/download/resumo_executivo.pdf)

*Cenicaña Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia*. (2013). Recuperado el 2013, de <http://www.cenicana.org/>

Frank, E., Hick, M., Prieto, A., & Castillo, F. (2009). *Universidad Católica de Córdoba*. (M. Hick, & E. Frank, Edits.) Obtenido de [http://www.uccor.edu.ar/portalucc/archivos/File/Agropecuarias/SUPPRAD/2010/Documentos\\_Internos/METOIDENTIFICACIONCUALIYCUANTITATIVAFI BRASTEXTILES.pdf](http://www.uccor.edu.ar/portalucc/archivos/File/Agropecuarias/SUPPRAD/2010/Documentos_Internos/METOIDENTIFICACIONCUALIYCUANTITATIVAFI BRASTEXTILES.pdf)

*Procaña*. (s.f.). Recuperado el <http://www.procana.org/historia.php> de 2013

*Salud y Buenos Alimentos*. (2013). Obtenido de  
<http://www.saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Verduras%2FHortalizas&s2=Tallos&s3=Ca%F1a+de+Az%FAcar>

Valparaiso, P. U. (2013). *Pontificia Universidad Católica de Valparaiso*. Obtenido de <http://www.bioquimicaqui11601.ucv.cl/unidades/hdec/HdeC4.html>

*Wikipedia*. (20 de Noviembre de 2013). Obtenido de  
<http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADpido>