

**Evaluación de Metodologías para la Obtención de Celulosa a partir de la Pulpa del
Café.**

Cristian F. Torres-Erazo y Yeiner D. Daza-Muñoz

Fundación Universitaria de Popayán

Ing. Jaime Umberto Mendoza Chacón

5 de mayo de 2022

**Evaluación de Metodologías para la Obtención de Celulosa a partir de la Pulpa del
Café.**

Cristian F. Torres-Erazo y Yeiner D. Daza-Muñoz

Fundación Universitaria De Popayán

Director:

Ing. Jaime Umberto Mendoza Chacón

Facultad De Ingenierías

Programa De Ingeniería Industrial

Popayán

2022

Tabla De Contenido

Introducción.....	1
Marco referencial	3
Localización	3
Macro localización	3
Micro localización.....	3
Marco teórico	4
Orígenes	4
Los orígenes en China.....	4
La introducción en el mundo árabe	5
La llegada del papel a Europa.....	5
cómo se obtiene el papel común.....	6
Celulosa	7
Hemicelulosas.....	8
Lignina.....	9
La madera.....	10
Descripción por especie de algunas materias primas fibrosas usadas en la fabricación de pulpa para papel	11
Madereras.....	11
blanqueo	12
Proceso tradicional	12
papel artesanal	14
Cómo se hace.....	14
Cuál es su utilidad.....	15
Caracterización del café	16

Estructura de la planta.....	16
Tiempo en producir el fruto.....	17
Estructura del fruto.....	17
Tipos de café.....	18
Meses para la siembra del café en Colombia	18
Estado del arte.....	19
Investigaciones puntuales	19
Papel amate de pulpa de café (coffea arábica) (residuos de beneficio húmedo)	19
Investigaciones no puntuales	20
Elaboración de papel a base de fibras vegetales	20
Material compuesto de celulosa obtenida a partir de la cascarilla de café o cacao, articulo que comprende el mismo proceso de obtención.....	20
Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol.....	21
Extracción de celulosa a partir de la borra de café.....	22
Extracción de celulosa de cáscara de naranja, estudio del método y aplicaciones	23
Extracción de fibra corta alfa-celulosa a partir de la borra de café	24
Metodología	25
primer objetivo específico:.....	25
Indagar sobre diferentes metodologías para la obtención de celulosa a partir de la pulpa del café.....	25
segundo objetivo específico:	26
Caracterizar la producción de pulpa de café en el municipio de San lorenzo Nariño barrio lorenzo finca las Acacias	26
tercer objetivo específico:.....	26

Seleccionar los diferentes métodos de extracción de celulosa que pueden ser aplicados en la pulpa del café	26
cuarto objetivo específico:	27
Realizar pruebas de laboratorio siguiendo los lineamientos de las metodologías seleccionadas.	27
Resultados y discusión. (30 hojas).....	28
Primer objetivo específico:.....	28
Indagar sobre diferentes metodologías para la obtención de celulosa a partir de la pulpa del café.....	28
Cuadro comparativo.....	30
Segundo objetivo específico:.....	33
Caracterizar la producción de pulpa de café en el municipio de San lorenzo Nariño barrio lorenzo finca las Acacias	33
Cuadro comparativo.....	34
Tabla con características de la finca las acacias.....	35
Tercer objetivo específico:.....	36
Seleccionar los diferentes métodos de extracción de celulosa que pueden ser aplicados en la pulpa del café	36
cuarto objetivo específico:	39
Realizar pruebas de laboratorio siguiendo los lineamientos de las metodologías seleccionadas.	39
Resultados y análisis	40
Ensayo N° 1 con pulpa apenas recolectada.	40
Ensayo N° 2 Pulpa seca.....	42
Ensayo N° 3 Se mejora el proceso utilizando herramientas más industriales.	44
Conclusiones.....	47

Bibliografías	48
---------------------	----

Listado de tablas

tabla 1. meses de siembra de café (CENICAFE, 2016)	19
--	----

Listado de Graficas

Figura 1. mapa del municipio de San Lorenzo. (alcaldía san lorenzo Nariño, 2011)	3
Figura 2. Finca la Acacia, Barrio Lorenzo. (Google Maps, 2022).....	4
Figura 3. Estructura de la celulosa (Otero, 1988)	8
Figura 4. Estructura de la hemicelulosa (Lifeder)	9
Figura 5. Estructura de la lignina (Otero, 1988).....	10
Figura 6. imagen de la planta de café (Botánica, 2021)	16
Figura 7. Estructura del fruto de café (Vergara, 2022)	17

Introducción

Colombia cuenta con una gran diversidad de climas y pisos térmicos, en donde se pueden encontrar múltiples cultivos, siendo el café uno de los productos más explotados dentro del territorio, puesto que compromete a 590 municipios a nivel del territorio, es así como Colombia ocupa el tercer lugar en exportación de café a nivel mundial. Es por lo anterior, que la base de la economía colombiana en gran parte depende de la agricultura y dadas las condiciones climatológicas la mayoría de los habitantes de dichos municipios se dedican al cultivo y beneficio del café; gracias a esto, se presentan gran cantidad de residuos que no son aprovechados y son tratados como basura (pulpa del café); sin saber, que la presencia de estos residuos en grandes cantidades genera contaminación en el sitio de procesamiento. Es así, que la acumulación y no aprovechamiento de esta materia orgánica derivada de la producción del café, tiende a afectar las fuentes hídricas y terrestres, lo cual puede causar deterioro tanto en la salud de las personas como en el ambiente que los rodea.

Por otra parte es importante señalar, que el no aprovechamiento de dicha pulpa de café, causaría la pérdida de una oportunidad de estudio de una materia prima con muchas propiedades; por lo tanto, al realizar la caracterización del proceso de extracción de celulosa de la pulpa del café, sentaría las bases para que posteriormente se logre realizar un proceso de extracción industrial; así pues, se impactaría de forma positiva la región de San Lorenzo Nariño y a otras regiones que deseen adoptar el aprovechamiento de la pulpa del café; con lo cual, se generaría empleo y grandes aportes a la conservación del medio ambiente.

El desarrollo de este trabajo de investigación presenta muchos retos, pero al igual se presentan muchos anhelos, algunos de los principales desafíos que se cruzaron a la hora de realizar dicho trabajo fue la carencia de material bibliográfico puntual con el cual se lograra poseer mayor información con respecto al tema en cuestión ,no contar con la materia prima

fresca (pulpa de café), esto fue debido a que los tiempos de cosecha no coincidían con los tiempos en los cuales se tendría la disponibilidad para ejecutar las pruebas, otro factor importante fue el no contar con los instrumentos idóneos para realizar las respectivas pruebas y recurrir a elementos que suplan las necesidades requeridas; sin embargo, esto no fue un limitante y gracias al apoyo de herramientas ingenieriles como cuadros comparativos y árbol de decisiones, al igual que utilizando los medios tecnológicos como lo es el internet y que se contó con la fortuna de haber encontrado un artículo relacionado puntualmente con la extracción de celulosa a partir de la pulpa de café, el cual afirmaba con hechos cuantificables las hipótesis que se tenían planteadas, se logró encontrar la ruta para obtener resultados prometedores y cumplir con el principal objetivo de este trabajo, el cual consiste en que la materia procedente del beneficio del café (pulpa de café), ya no sea vista como un material de desperdicio, sino que se mire y se desarrolle como fuente de empleo y de riqueza para la comunidad.



Figura 2. Finca la Acacia, Barrio Lorenzo. (Google Maps, 2022).

Marco teórico

Orígenes

Los orígenes en China

Conforme con la tradición, la historia del papel se inicia en China en el año 105 d.C, una vez que el chambelán de la corte Ts'ai Lun ofertó al jefe supremo Hai una blanca hoja de papel.

(Asenjo e Hidalgo, 2010)

La innovación de Ts'ai Lun fue la desintegración de las fibras vegetales y trapos con un mazo pesado de madera en un mortero de piedra. La forma a mano china estaba conformada por un marco de madera, en el cual se sujetaba un tejido fino de bambú, unificado con hilos de seda. Como materia cohesiva para juntar las fibras y ofrecer la impermeabilidad elemental, se usó un extracto de agar, alga marina que ya se empleaba en China, con objetivos medicinales, a partir de tiempos remotos. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

Desconocemos de qué materiales estaban desarrolladas estas primitivas hojas de papel: lino, esparto, cáñamo. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

La introducción en el mundo árabe

En el año 751, a lo largo de la expedición árabe hacia la frontera China, el gobernador militar del califato de Bagdad capturó, en Samarkanda, tras la contienda de Telas, 2 productores de papel. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

Los árabes poseen el mérito indiscutible de haber extendido la construcción del papel en su amplio imperio hasta España. La vieja ruta de la seda llevó a Europa otro producto oriental: el papel, convirtiéndolo en una bonita y lucrativa mercancía requerida por todas las naciones de Medio Oriente. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

Es notable que la posesión del papel fomenta, en el imperio islámico, la cultura de redactar, la instrucción pública, la erudición y la literatura en un periodo en que Occidente poseía que valerse del pergamino como exclusivo material para la escritura. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

Los grandes avances introducidos por los árabes en la técnica de la fabricación del papel fueron: la utilización de la energía hidráulica, el blanqueo de las fibras con cal, el encolado con goma arábiga o engrudo de almidón y perfeccionamiento de la forma papelera. Las materias primas utilizadas eran el ramio, el lino y el cáñamo. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

La llegada del papel a Europa

Los primeros molinos de Europa los pudimos encontrar en la cuenca del Mediterráneo, resaltando, aparte de los españoles, los de Italia y Francia. La primera cita de un molino papelero italiano se ubica en Fabriano, en 1276. Italia ha sido una importantísima potencia papelera, introduciendo monumentales mejoras en su construcción, como el trabajo de mazos, la implementación de cola animal y el invento de la filigrana; por su lado, el primer molino

francés está fechado en la segunda mitad del siglo XIII, en el sector de Montpellier.

Rápidamente, los productos franceses acuden en competencia con los superiores papeles de Italia, disfrutando las manufacturas de los dos territorios de enorme prestigio a lo largo de los siglos XVI y XVII. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

Poseemos que aguardar hasta objetivos del siglo XIV para descubrir molinos papeleros en Centro-Europa, donde, después, debido a el invento de la imprenta, disfrutaban de una gran extensión; de esta forma, el primer molino alemán, ubicado a las puertas de Nuremberg, es de 1390 y el de Bélgica, data de 1405 y ha sido fundado por Juan Español en las afueras de Bruselas. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

Aunque comprendemos que existieron molinos de papel en Inglaterra y Holanda a partir de objetivos del siglo XV y XVI, respectivamente, su enorme desarrollo lo obtuvieron en los siglos XVII y XVIII, más que nada los holandeses, gracias a la inmigración de los papeleros franceses, a los adelantos técnicos y a la predominancia del papel japonés. (Asenjo e Hidalgo, 2010)

cómo se obtiene el papel común

la creación del papel para el ser humano ha sido un punto clave para el desarrollo de la especie, puesto que gracias a este se ha logrado transmitir información a lo largo de generación en generación y con ello las experticias plasmadas en estos elementos, han servido de ejemplo para muchos y sus ideas fueron immortalizadas al pasar del tiempo. Es así, que la creación de papel aun en estos tiempos es indispensable para la realización de diferentes tipos de actividades, como lo son la creación de libros, cajas, bolsas, muñecos etc. Por lo tanto, siendo el papel tan importante para plasmar las ideas y la creación de diferentes elementos, es necesario que posea ciertas características para que cumpla con su funcionamiento normal, “Para que las fibras sean útiles en la fabricación de papel deben poder conformarse unas con otras, produciendo una hoja uniforme de papel. Deben también desarrollar fuertes uniones

entre ellas en los puntos de contacto, en algunos casos, la estructura fibrosa debe ser estable durante largos periodos de tiempo. Algunas fibras no se pueden utilizar para la fabricación de papel sin ningún tratamiento ya que no se conforman entre ellas y tampoco establecen enlaces. Estas fibras deben ser tratadas mecánicamente con el objetivo de desarrollar sus propiedades papeleras. Exceptuando los pelos de las semillas, las fibras vegetales en su estado nativo se encuentran envueltas en una matriz de material no fibroso (lámina media) que realiza una función de enlace entre fibras adyacentes”. (RIADICYP, 2008, pág. 16)

Además de ello, es importante resaltar que “Desde un punto de vista estructural, la fibra, célula larga, es el elemento más útil, el que más contribuye a la resistencia del papel. Una fibra larga puede tener más puntos de enlace con otras fibras y, por consiguiente, quedar más fuertemente asida en la estructura que una fibra corta.” (RIADICYP, 2008, pág. 18)

En general todas las plantas que se utilizan para la producción de papel, poseen cientos componentes que son compartidos entre ellos, entre los más importantes están:

Celulosa

“En las plantas fibrosas es la celulosa la que determina el carácter de la fibra y permite su utilización en la fabricación de papel. La celulosa es un hidrato de carbono, polisacárido. La fórmula química de la celulosa es $(C_6H_{10}O_5)_n$ en la que n es el número de unidades que se repiten o el grado de polimerización. La celulosa es un polisacárido en cuya estructura interviene un solo azúcar, la β -D-glucosa. La celobiosa es el disacárido de la β -D-glucosa. Está compuesta de dos subunidades de glucosa. El enlace se produce entre el átomo 1 de carbono de la β -D-glucosa y el átomo 4 de la siguiente molécula de glucosa. La Figura 1 muestra la estructura de la celulosa, la unidad que se repite consiste en dos unidades consecutivas de anhídrido glucosa, conocida como celobiosa”. (RIADICYP, 2008, pág. 19)

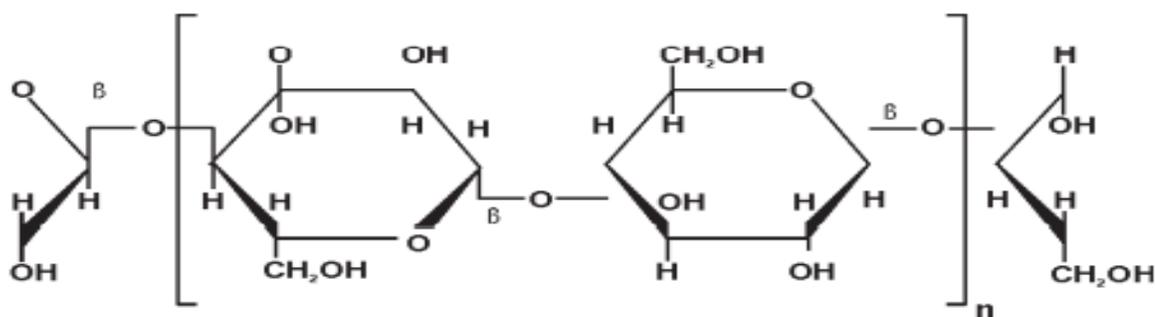


Figura 3. Estructura de la celulosa (Otero, 1988)

Hemicelulosas

“Las hemicelulosas actúan como matriz de soporte para las microfibrillas de celulosa y constituyen el 25–35% de la masa de la célula, porcentaje algo menor en coníferas que en frondosas. Su naturaleza y proporción varían sensiblemente entre las especies. En las frondosas predominan los glucuronoxilanos (pentosanos), homopolímero compuesto por repetidas unidades de xilosa con cadenas laterales de ácido metilglucurónico (Eaton y Hale, 1993). En las coníferas son más frecuentes los galactoglucomananos (hexosanos), polímeros 1,4 de glucosa y manosa (Wilson y White, 1986). Ambos tipos de hemicelulosas presentan diferente sensibilidad frente a los agentes químicos de cocción: en las lejías alcalinas los hexosanos son más susceptibles a la degradación y solubilización que los pentosanos; en las cocciones ácidas muestran, sin embargo, una estabilidad opuesta. Las hemicelulosas son responsables de diversas propiedades importantes de las pastas celulósicas. Debido a la ausencia de cristalinidad, su baja masa molecular y su configuración irregular–ramificada, las hemicelulosas absorben agua fácilmente. Este hecho contribuye en propiedades tales como el hinchamiento, movilidad interna y aumento de la flexibilidad de las fibras, así como también influye en la reducción del tiempo y la energía requerida para refinar las pastas celulósicas, y el

aumento del área específica o de “ligazón” entre las fibras (Otero, 1988)”. (RIADICYP, 2008, pág. 22)

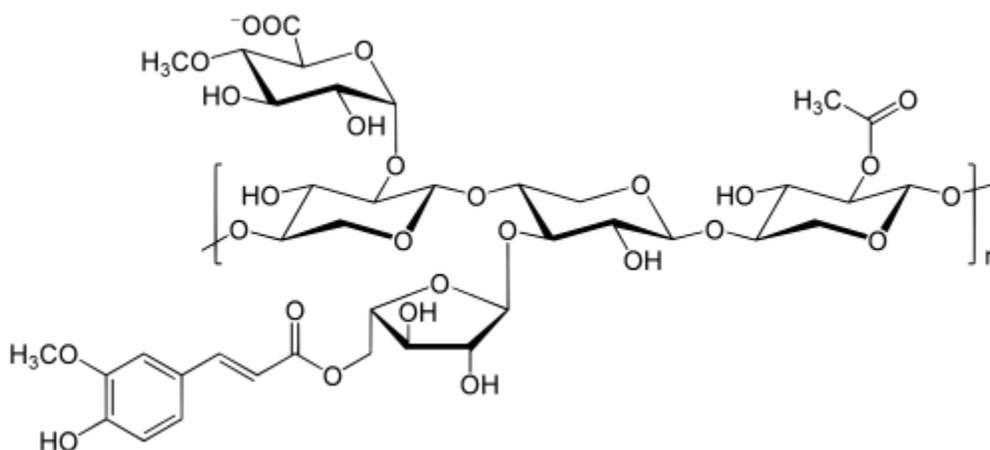


Figura 4. Estructura de la hemicelulosa (Lifeder)

Lignina

“Además de la holocelulosa, las fuentes de fibras papeleras contienen una sustancia amorfa, altamente polimerizada, llamada lignina. Para el productor de pulpa y papel, la lignina es el ingrediente indeseable de la madera que ocasiona la mayoría de los problemas que surgen durante la producción de pulpa. La deslignificación es la meta más importante en la producción de pulpa. La lignina es el componente estructural que suministra a la madera sus propiedades únicas elásticas y de resistencia”. (RIADICYP, 2008, pág. 23)

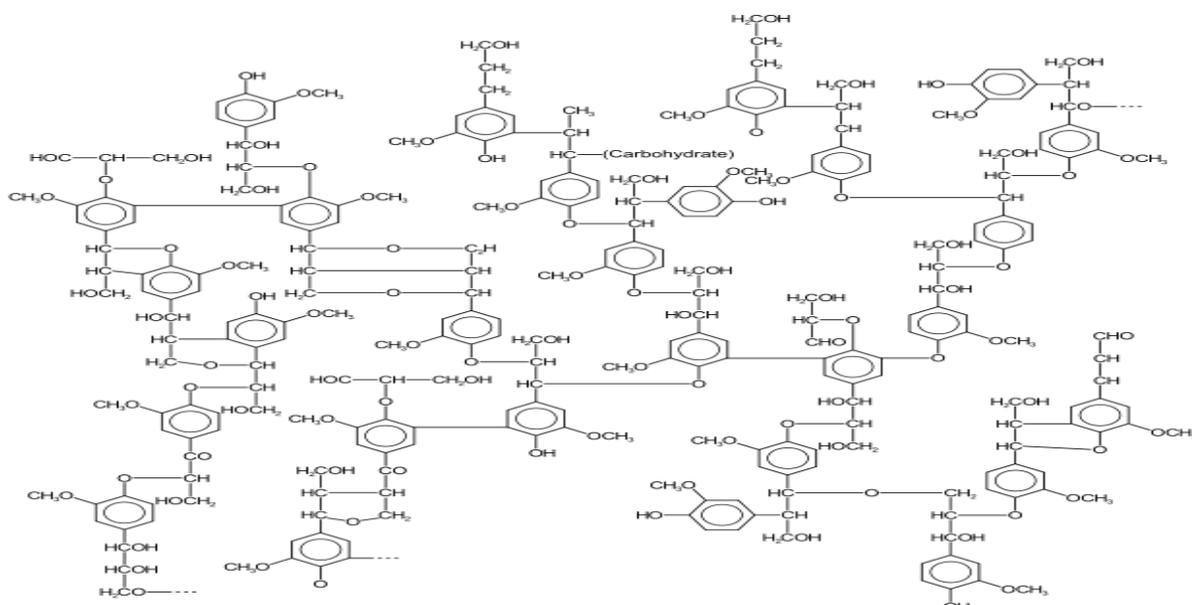


Figura 5. Estructura de la lignina (Otero, 1988)

Uno de los insumos más importantes para la creación de papel es la madera, la cual desde hace mucho tiempo ha servido como materia prima esencial para la creación de papel.

La madera

“Generalmente con el término madera se hace referencia al conjunto de tejidos que se encuentran hacia el lado interno del cambium vascular. La madera es una materia predominantemente fibrosa y compleja, producida mediante el proceso de fotosíntesis por un ser vivo que puede ser un árbol, un arbusto o una liana. Los árboles al igual que todos los seres vivos están formados por millones de unidades elementales llamadas células, las cuales se originan a partir de un tejido especial, cuyas células pueden mantener por muchos años la capacidad de dividirse y originar nuevas células (hijas) que harán crecer el árbol”. (RIADICYP, 2008, pág. 28)

Descripción por especie de algunas materias primas fibrosas usadas en la fabricación de pulpa para papel

Madereras

Pinus caribaea var. hondurensis (Pino caribe)

Familia: Pinaceae

Nombre científico: Pinus caribaea var. hondurensis Barr. & Golf.

Nombre vulgar: Pino caribe FIGURA 15 (Izq.). Perforaciones simples en Sapindus saponaria. FIGURA 16 (Der.). Perforación escalariforme en Hesperomeles ferrugínea. (RIADICYP, 2008, pág. 35)

El pino caribe posee una amplia área de distribución natural y ha sido plantada en muchos países con fines comerciales (producción de pulpa para papel), de protección y recreación. Es una especie adaptable a gran variedad de condiciones edáficas y climáticas hasta el punto que se ha considerado la especie más promisoría en plantaciones para pulpa en los trópicos. (RIADICYP, 2008, pág. 36)

Eucalipto Familia: Myrtaceae Nombre

científico: Eucalyptus sp.

Nombre vulgar: Eucalipto.

El género Eucalyptus es originario del continente australiano, abarca alrededor de 700 especies. Las especies más importantes en el mercado mundial son Eucalyptus glóbulos, E. camaldulensis, E. saligna y en los últimos años el Eucalyptus nitens, en Chile, son muy utilizadas debido a su elevada productividad, la calidad de su madera y gran adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas. (RIADICYP, 2008, pág. 28)

blanqueo

Uno de los aspectos que hace que el papel adquiera un color amarillento es la presencia de lignina en las pastas, es por ello que el proceso de blanqueo es de tal importancia, ya que este le da las características estéticas y en parte funcionales al papel, es así que “La absorbancia de luz visible en la pasta (el color) está asociada principalmente con estructuras cromóforas que contienen dobles enlaces conjugados en sus constituyentes, principalmente componentes derivados de la lignina y extractos remanentes del vegetal original. [La celulosa y las hemicelulosas son inherentemente blancas y no contribuyen al color, por lo que no necesitan eliminarse durante el blanqueo.] Por consiguiente, para alcanzar un nivel aceptable de blancura, el blanqueo debe realizarse eliminando o modificando (para disminuir sus características de absorción de luz) las sustancias constituyentes de la pasta cruda responsables del color. En ambos casos, el prerequisite obvio es que no se produzcan pérdidas significativas de la resistencia de la pasta”. (RIADICYP, 2008, pág. 103)

Proceso tradicional

El descubrimiento de nuevos territorios a lo largo de todo el mundo, hizo que surgiera la necesidad de comunicar sus costumbres, acciones, decisiones e ideologías (sobre todo de tipo religioso), la impresión tomó un papel fundamental en la masificación de estos conceptos; es así como se crearon tecnologías de impresión más eficientes que requerían grandes cantidades de papel, a lo cual los métodos tradicionales de la época no podían suplir la necesidad y por ello se vio en la necesidad de apoyarse en nuevas herramientas de impresión más sofisticadas, “En el siglo XVIII inventó la primera máquina de papel por Nicholas Luis Robert, por lo que en este siglo la humanidad dirige su atención a los árboles como fuente de material fibroso. La primera máquina de papel se perfecciona por los hermanos Fourdrinier. La producción masiva de papel en volumen y calidad de uso para los requerimientos actuales es,

sin lugar a duda, una adaptación de este sector industrial al incremento de la alfabetización y crecimiento de la humanidad a nivel mundial”. (RIADICYP, 2008, pág. 103)

El papel se acepta como lámina delgada de fibras orgánicas entretrejidas (puede o no contener productos químicos o cargas minerales), la unión entre fibras se consigue por método mecánico y su contacto se consigue por filtración (acercando las fibras) de la fase líquida y deposición de fibras sobre una malla, este material mantiene su equilibrio con la humedad ambiental, lo que lo hace flexible.

Generalmente cuando se habla de papel se acepta que este material es flexible, durable y versátil, está construido de una mezcla de fibras–productos químicos y este criterio es correcto para la mayoría de papeles, ya que hay tipos de papeles que no permiten una combinación de fibras como: papel Kraft y papeles dieléctricos, estos son papeles en los cuales se demanda como características final del producto determinadas propiedades físicas, en particular de resistencia a la tensión y para papel para sacos la porosidad es importante además.(RIADICYP, 2008, pág. 151)

El proceso de fabricación de papel desde sus inicios hasta la fecha, en sus aspectos básicos, poco ha cambiado tecnológicamente hablando:

1. Dispersión de materias primas fibrosas en agua, en cuanto mayor sea el grado de libertad de las fibras en la suspensión, mayor será la posibilidad de formar el entretrejido entre las fibras y con ello mejor papel.

2. Tratamiento mecánico de las fibras “refinación”, operación que implica la aplicación de energía mecánica para romper de alguna forma la estructura de la fibra y poner a disposición los grupos OH de las cadenas de α -celulosa

3. Aplicación de productos químicos específicos:

3.1. Operación de la máquina.

3.2. Propiedades estructurales, químicas–físicas del papel.

4. Eliminación gradual de agua: agua usada como transporte, agua adherida a las fibras y retenida en la incipiente hoja de papel, agua absorbida por las fibras. Las operaciones fundamentales para formar una hoja de papel a partir de una suspensión fibrosa son:

4.1. Carga hidráulica.

4.2. Vacío creciente sin dañar la hoja de papel.

4.3. Presión.

4.4. Secado.

(RIADICYP, 2008, pág. 152)

papel artesanal

También llamado papel reciclado o papel ecológico, el cual consiste en la recolección y posterior tratamiento de los diferentes tipos de papel que ya cumplieron relativamente su etapa de utilidad, y van a ser implementados en la formación de nuevas hojas de papel. Una ventaja que tiene la creación de este tipo de papel, es que se puede realizar en medios no idóneos y con bases técnicas no especializadas, además que la creación de dicho papel es muy económica, por tal razón se abre la posibilidad de crear un buen negocio a partir de este producto. (parafraseados) (universidad nacional de la plata)

Cómo se hace

1. Cuando hayamos seleccionado el papel que queremos reciclar, tendremos que cortarlo en trozos y dejarlo en remojo durante al menos tres horas en un recipiente lleno de agua y cloro para desinfectar.

2. Introducimos en la licuadora todo el papel que ha estado en remojo para obtener la pulpa que vamos a manipular.

3. Si el papel original no contaba con demasiados aditivos, la pulpa que haya resultado será bastante blanca. De lo contrario, tendremos que añadir un poco de cloro a la masa para que consiga una mayor blancura.

4. En una mesa iremos colocando diferentes bolas de la masa que hemos obtenido y pasaremos un rodillo por encima de cada una para conseguir láminas finas. Es muy importante que eliminemos el exceso de agua de la masa para que sea lo más consistente posible.

5. Tenemos que secar cada lámina que hayamos elaborado con papel de periódico, colocándolas encima y envolviendo cada una. Debemos hacerlo en una zona donde se pueda airear y secar bien.

6. Para afinar mucho más cada lámina, podemos colocar varios libros encima de ellas.

(Mapfre, 28 julio 2021)

Cuál es su utilidad

Según la Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón, se calcula que la fibra de celulosa del papel se puede utilizar hasta 6 veces. Lógicamente con cada uno de los reciclajes irá perdiendo calidad, las fibras se van degenerando y van perdiendo su consistencia. Por ello resulta esencial incorporar fibra virgen en cada proceso de reciclaje. No obstante, hay que tomar conciencia de que cuanto más papel se recicla menos pasta virgen se tendrá que añadir. El papel reciclable se puede utilizar para diferentes productos como lo son Packaging para productos cosméticos, embalajes, cajas y bolsas, papel semilla, folios para oficinas.

(Cultivar salud, Javier labrada)

Caracterización del café

La planta de café o cafeto es un tipo de arbustos de hoja perenne pertenecientes a la familia de las rubiáceas, esta planta procede de África tropical, América y en menor número de Asia, la característica especial de estas plantas tropicales es que pueden producir simultáneamente flores y frutos (cerezas de café) de diferentes grados de madurez. El grano de café, tal como lo conocemos, es la semilla del cafeto, esta semilla está cubierta por el mucílago, una piel de pergamino y la pulpa.

Sus hojas son verde brillante con márgenes lisos, sus flores son blancas y crecen en grupos en las axilas de las hojas y a partir de ellas crecen los frutos que son drupas de color rojizo (Botánica, 2021)

Estructura de la planta



Figura 6. imagen de la planta de café (Botánica, 2021)

Tiempo en producir el fruto

El cafeto desde su siembra tarda en producir el fruto en un aproximado de 2 años, estos pueden ser productivos por un periodo de tiempo de 15 a 20 años. un árbol de cafeto puede producir 450 g y dependiendo de su variedad más de 1 kg anual (Botánica, 2021)

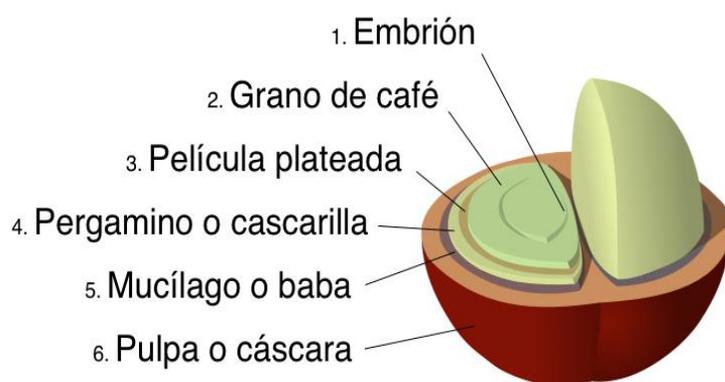
Estructura del fruto

La cereza o baya del café contiene 2 granos de café uno al lado del otro. Las partes principales de la cereza o baya son la piel plateada, el pergamino, la pulpa y la piel exterior. (Café 2020)

La cereza del café podemos dividirla en dos partes:

Pericarpio: está compuesta por tres capas externas de la fruta: exocarpio (piel externa), mesocarpio (mucílago) y el endocarpio (pergamino).

Semilla: consta de una película plateada, endospermo y un embrión. Los tamaños de las semillas o granos varían, pero suelen tener un promedio de 10 mm de largo y 6 mm de ancho. (Café, 2020)



Estructura del fruto de café

Figura 7. Estructura del fruto de café (Vergara, 2022)

Tipos de café

Los principales tipos de café sembrados en el mundo son los cafés arábigos y los cafés robustas. En Colombia solamente se cultivan los cafés arábigos los cuales producen una bebida suave, de mayor aceptación en el mercado mundial y de mejor precio. Las variedades de arábigo son de porte alto o de porte bajo y tienen los frutos rojos o amarillos. (CENICAFÉ, pág. 6)

Las variedades de café arábigo que se siembran en Colombia son: Típica, Borbón, Maragogipe, Tabi, Caturra y Variedad Colombia. (CENICAFÉ, pág. 7)

Variedades de tipo alto son Típica, Borbón, Maragogipe y Tabi. Típica y Borbón se parecen y crecen hasta 5 metros si no se descopan. (CENICAFE, pág. 8)

Variedades de tipo bajo son las variedades Caturra y Colombia son de porte bajo, muy parecidas, se pueden sembrar hasta 10.000 cafetos en una hectárea y por su tamaño es más fácil la cosecha. (CENICAFÉ, pág. 12)

Meses para la siembra del café en Colombia

Departamento	Germinador (Dos meses antes del almácigo)	Almácigo (Seis meses antes de la siembra)	Siembra en el campo
Antioquia	Agosto - Enero	Octubre - Marzo	Abril - Septiembre
Boyacá	Agosto	Octubre	Abril
Caldas	Agosto - Enero	Octubre - Marzo	Marzo - Septiembre
Cauca	Febrero	Abril	Octubre
Cesar	Agosto	Octubre	Abril
Cundinamarca	Agosto - Febrero	Octubre - Abril	Marzo - Octubre
La Guajira	Septiembre	Noviembre	Mayo
Huila	Febrero	Abril	Octubre
Magdalena	Agosto	Octubre	Abril
Nariño	Febrero	Abril	Octubre
Norte de Santander	Agosto	Octubre	Abril
Quindío	Julio - Febrero	Septiembre - Abril	Marzo - Octubre
Risaralda	Julio - Febrero	Septiembre - Abril	Marzo - Octubre
Santander	Agosto	Octubre	Abril
Tolima	Julio - Febrero	Septiembre - Abril	Marzo - Octubre
Valle del Cauca	Julio - Febrero	Septiembre - Abril	Marzo - Octubre
Arauca - Casanare - Meta - Caquetá - Putumayo	Agosto	Octubre	Abril

tabla 1. meses de siembra de café (CENICAFE, 2016)

Estado del arte

Investigaciones puntuales

Papel amate de pulpa de café (coffea arábica) (residuos de beneficio húmedo)

Cual es objetivo del artículo: analizar y comparar las características químicas de la pulpa de café, con el fin de encontrar un sustituto de la extracción de corteza del árbol amate para la elaboración de papel, mediante la utilización de pulpa de café.

Cuál es la muestra que utilizo el artículo: no se especifican la cantidad de materia prima utilizada para realizar el proceso; sin embargo, “la muestra de pulpa de café seca se obtuvo de un beneficio de la región de Huatusco, Veracruz, después del proceso de despulpado se secó previamente al ambiente. La pulpa de café fue molida en un mortero con pistilo hasta obtener un tamaño de partícula que pasa por un tamiz malla 40 y se retenga en otro tamiz de malla 60 (como lo describe la norma TAPPI T257 cm-85) posteriormente se procede a realizar la preparación de las muestras para el análisis (TAPPI T 264 om-88) y los análisis correspondientes de calidad de fibra “

Que es lo que se dice sobre la pulpa del café: “las fibras presentes en la pulpa de café, poseen características las cuales las hacen viables para la creación de papel; así pues, es que, al realizar el proceso de cocción, las fibras adoptaron mayor flexibilidad y con ello se permite el entrelazamiento de las fibras de una mejor manera, lo cual generaría un papel apto para su utilización”

Resultados a los que llego el estudio: si bien el papel que se obtuvo mediante la materia prima de pulpa de café y utilizando el proceso de creación de papel amate, fueron diferentes en gramaje y calibre, este tipo de papel presento una gran similitos con el papel amate y además de eso conto una menor permeabilidad al agua y a la humedad, haciendo que la calidad del papel de pulpa de café sea mayor.

Conclusiones: si se desarrolla este trabajo, ayudaría tanto a las comunidades indígenas de la región y al cuidado del medio ambiente. Por otra parte, se demostró la viabilidad de la extracción de celulosa y la creación de papel de manera artesanal.

Investigaciones no puntuales

Elaboración de papel a base de fibras vegetales

Cual es objetivo del artículo: obtención de celulosa a partir de la materia prima YUCCA ALOIFOLIA

Cuál es la muestra que utilizo el artículo: para realizar los ensayos correspondientes, se utilizó un total de 210 gramos de YUCCA ALOIFOLIA.

Que es lo que dice sobre la materia vegetal utilizada: esta materia vegetal, presenta fibras relativamente largas, las cuales facilitan el entrelazamiento de las mismas para así formar las hojas.

Resultados a los que llego el estudio: tanto el proceso como la materia prima utilizada, son viables para la producción de papel de tipo artesanal, de los cuales se obtuvieron un total de 15 de hojas.

Conclusiones: las hojas que se obtuvieron de la materia prima YUCCA ALOIFOLIA, presentan características de buenas flexibilidad, suaves al tacto y con pocas imperfecciones.

Material compuesto de celulosa obtenida a partir de la cascarilla de café o cacao, artículo que comprende el mismo proceso de obtención.

Cual es objetivo del artículo: fabricación de un material compuesto, proveniente de la celulosa extraída de la pulpa de café o de cacao, la cual va a ser utilizada para la creación de artículos laminados, los cuales se van a utilizar para elaborar contenedores o empaques, que permiten la liberación controlada de aromas.

Cuál es la muestra que utilizo el artículo: en este proceso no se señalan las cantidades precisas de materia prima, pero si se señaló que se utilizó método KRAFT para la extracción de celulosa de la cascarilla de café o cacao.

Que es lo que dice sobre la materia vegetal utilizada: tanto la cascarilla del café como la del cacao, son viables para la elaboración de recipientes los cuales pueden almacenar alimentos y otros tipos de materiales, además que dichos recipientes son biodegradables.

Resultados a los que llego el estudio: la flexibilidad que presenta el material en cuestión, supera de entre 2 a 38 veces la resistencia a comparación del PPC.

Conclusiones: el material resultante, permite la elaboración de empaques de tipo primario, secundario o terciario, además de la posible creación de cartulina, cartón y cartón corrugado.

Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol

Cual es objetivo del artículo: demostrar la posibilidad de la obtención de celulosa y bioetanol, evitando así el uso excesivo de tierras para el cultivo y favoreciendo el empleo de residuos orgánicos agroindustriales.

Cuál es la muestra que utilizo el artículo: se utilizaron 5 gramos de bagazo de piña seco, provenientes de un expendio de frutas y jugos del mercado de Ciudad Madero en del estado de Veracruz México.

Que es lo que dice sobre la materia vegetal utilizada: para la extracción de la celulosa del bagazo de piña, se utilizó el método Vieira.

Resultados a los que llego el estudio: “la celulosa obtenida del bagazo de piña seco, mostro una apariencia porosa y poco flexible, además de una coloración crema, además que

se encontró que se puede extraer un 60% de celulosa con relación al total de materia prima empleada.

Conclusiones: fue posible la extracción de celulosa del bagazo de piña y mediante estudios de tipo FTIR, se llegó a la conclusión de que el tipo de celulosa que posee el bagazo es de tipo 2.

Extracción de celulosa a partir de la borra de café

Cual es objetivo del artículo: “El objetivo de esta investigación consistió en determinar las condiciones óptimas del proceso de maceración, decoloración, extracción, digestión y blanqueo, utilizado para aislar, purificar y caracterizar las pulpas celulósicas a partir de borra de café”

Cuál es la muestra que utilizo el artículo: se obtuvo un kilogramo de muestra de borra de café de la Fábrica de Café Liofilizado de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia en Chinchiná Caldas.

Que es lo que dice sobre la materia vegetal utilizada: esta materia vegetal, aunque presenta diferentes características, las cuales pueden ser de interés comercial, no tiene una utilidad bien definida; algunas veces se utiliza como combustible para las calderas, se incinera sin ningún fin y por último se salen utilizar en rellenos sanitarios.

Resultados a los que llego el estudio: se demostró, que la borra de café posee una composición del material homogénea, en relación con el contenido de lignina. Además, de que es viable la extracción de celulosa a partir de la materia prima implementada.

Conclusiones: En la digestión Kraft la sulfidez es la variable que más afecta el contenido de compuestos, el incremento de la presión afecta negativamente la remoción de la lignina presente en la pulpa cruda.

Extracción de celulosa de cáscara de naranja, estudio del método y aplicaciones

Cual es objetivo del artículo: “El objetivo fue extraer celulosa contenida en la cáscara de naranja Citrus Sinensis de la variedad valencia, cuyos residuos no han sido eliminados como desechos, por lo que ha surgido interés por el aprovechamiento de estos desechos dándoles un valor agregado por medio de la implementación de tratamientos físico – químicos apropiados”.

Cuál es la muestra que utilizo el artículo: “Dado que la recolección de la materia prima se realiza de dos lugares de la ciudad de Quito, donde se ofertan jugos de este fruto y que la cantidad de frutos varia de un día a otro, se establece un muestreo de 5 días aleatorios no continuos en un periodo de 3 semanas, recogiendo de los dos lugares en el mismo día y pesándolos como una sola muestra, de la cual se obtiene una cantidad total de 24,1 kg de cascara recolectada de la cual al ser separada la cascara del bagazo residuo de la extracción de zumo se tiene 19,4 kg de cascara limpia la cual es dispuesta para secarla, proceso que deja como resultado 6,90 kg de cascara seca lista para disponer de ella”.

Que es lo que dice sobre la materia vegetal utilizada: “La contaminación que genera por parte de la inadecuada disposición final de las cascara de naranja por parte de los vendedores de jugo de naranja informales, ha visto la necesidad de buscar una forma de aprovechar los residuos de varios procesos, de una forma que pueda representar un redito económico a la vez ayudar al medio ambiente”.

Resultados a los que llevo el estudio: al no poseer una normativa con la cual se realice el procedimiento con condiciones específicas, se realizaron las pruebas en condiciones ambientales normales para la obtención de celulosa.

Conclusiones: la materia prima de cascara de naranja, es viable para la extracción de celulosa, además que dicha celulosa obtenida, es similar a la extraída de a comparación con la de otras materias primas.

Extracción de fibra corta alfa-celulosa a partir de la borra de café

Cual es objetivo del artículo: obtener fibras a partir de la fuente celulítica que posee la borra de café, como también buscar valor agregado a este material, puesto que hace parte de los desperdicios industriales del proceso de liofilización del café para la producción de café instantáneo.

Cuál es la muestra que utilizo el artículo: se utilizó borra de café procedente la fábrica COLCAFE, la cual pesaba 300 gramos y tenía una humedad del 76%.

Que es lo que dice sobre la materia vegetal utilizada: la borra de café se trata como un desperdicio de la fabricación de café instantánea, la cual no tiene un determinado uso.

Resultados a los que llego el estudio: al finalizar el proceso KRAFT, se obtuvo una mezcla de color negro de olor fétido y fuerte, la cual tenía una consistencia grumosa.

Conclusiones: se determinó que materia prima utilizada, si es viable para la extracción de celulosa, además que la temperatura y la presión, son factores determinantes en la extracción de celulosa utilizando el método KRAFT.

Metodología

El trabajo de extracción de celulosa a partir de la pulpa de café municipio de San Lorenzo Nariño barrio Lorenzo finca las Acacias, es de tipo experimental, puesto se van a manipular intencionalmente las variables independientes (cantidades y los tipos de reactivos en la extracción de celulosa) y así obtener la variable dependiente que sería la consecuencia (celulosa obtenida al realizar los diferentes procesos).

Debido a las características de esta investigación, se define que la experimentación será de tipo cuasiexperimental, esto se debió a que el grupo de estudio es de tipo natural y estos no van a ser asignados al azar, puesto que dicho grupo de investigación ya se encuentra definido.

primer objetivo específico:

Indagar sobre diferentes metodologías para la obtención de celulosa a partir de la pulpa del café.

Con el fin de obtener la mayor cantidad de información sobre el tema de investigación, se utilizará la herramienta de GOOGLE ACADÉMICO, libros relacionados con la investigación, en el cual se buscarán artículos relacionados con las palabras clave: pulpa, café, papel artesanal, creación de papel, celulosa y extracción de celulosa. En primera instancia se buscará en el idioma español, posterior a ello se buscará en: inglés y portugués, esto con el fin de abordar la mayor cantidad de información que se encontrará en la web con respecto al tema de búsqueda.

Al ya poseer la información necesaria para continuar con el desarrollo del trabajo de investigación, se verá necesario organizar y filtrar dicha información, lo cual se realizará mediante un cuadro comparativo donde se evaluará la pertinencia de esta.

segundo objetivo específico:

Caracterizar la producción de pulpa de café en el municipio de San Lorenzo Nariño barrio Lorenzo finca las Acacias

Para dar cumplimiento con el segundo objetivo, se recurrirá a la adquisición de información con la cual se señale los tipos de café que se cultivan en Colombia, esto se realizará mediante la indagación con expertos en el tema de la producción de café, por lo cual se lograra determinar el tipo de café que se produce en la finca las acacias ubicadas en barrio Lorenzo en el municipio de San Lorenzo Nariño.

Mediante el método de observación y la utilización de un cuadro comparativo, se detallará qué tipos de café están presentes en la finca las Acacias y qué proceso para la obtención de pulpa se maneja en dicha finca.

tercer objetivo específico:

Seleccionar los diferentes métodos de extracción de celulosa que pueden ser aplicados en la pulpa del café

Para dar cumplimiento al 3 objetivo se utilizará la herramienta de árbol de decisiones en el cual se tendrán en cuenta las siguientes variables de decisión:

- Costos de insumos: se indagará en el mercado los precios de los insumos necesarios para realizar los diferentes procesos de extracción de celulosa.
- Riesgo: utilizar la herramienta de matriz de riesgo con respecto a los insumos de cada uno de los procesos.

- Resultados obtenidos: se evaluará el porcentaje de celulosa extraído y la calidad de esta en cada proceso mediante un cuadro comparativo.
- Facilidad del proceso: se evaluará el grado de dificultad mediante un cuadro comparativo de los diferentes procesos.

cuarto objetivo específico:

Realizar pruebas de laboratorio siguiendo los lineamientos de las metodologías seleccionadas.

Para cumplir con el cuarto objetivo se realizarán las siguientes actividades.

- Visitar los laboratorios de la universidad: esto se hace con el fin de observar con qué equipos cuenta el laboratorio para la realización de los respectivos procedimientos.
- Reactivos: indagar sobre qué reactivos puede facilitar la universidad para la realización de las pruebas.
- Consultar disponibilidad del laboratorio: esto se hace con el objetivo de saber en qué horarios se encuentra disponible el laboratorio para realizar las pruebas pertinentes
- Consultar disponibilidad de docentes a cargo: lo cual se realiza dado que la manipulación de ciertos reactivos, puede llegar a ser peligrosa.
- Aprovisionamiento de pulpa de café

Resultados y discusión. (30 hojas)

Primer objetivo específico:

Indagar sobre diferentes metodologías para la obtención de celulosa a partir de la pulpa del café.

Utilizando la herramienta de GOOGLE ACADÉMICO se logró encontrar con distinta cantidad de información relacionada con el tema en cuestión, se encontraron libros y artículos acordes con la investigación; con el fin de realizar una buena indagación, se utilizaron las siguientes palabras clave en el buscador: pulpa, café, papel artesanal, creación de papel, celulosa y extracción de celulosa. En primera instancia se buscó en el idioma español, posterior a ello se buscó en inglés y portugués, esto con el fin de abordar la mayor cantidad de información que se encontrara en la web con respecto al tema de búsqueda.

Al realizar la búsqueda en internet, lo primero que se hizo fue indagar sobre toda la información correspondiente a la extracción de celulosa o creación de papel utilizando como materia prima la pulpa que queda como residuo del proceso de despulpado del beneficio del café, lamentablemente no se encontró mucha información puntual con respecto al tema en cuestión; sin embargo, se encontraron diferentes metodologías, las cuales fueron empleadas en residuos orgánicos para la extracción de celulosa y así crear papel. Es por ello que se tomaron estas diferentes metodologías y se implementaron para cumplir con nuestros objetivos.

Al ya poseer una cantidad significativa de información relacionada con extracción de celulosa, se seleccionó en primera instancia que artículos y libros poseían un título el cual denotara una relación directa con la extracción de celulosa o que señalara datos importantes de las características de la pulpa o del café; posterior a ellos, se realizó el proceso de traducción al español a los artículos que estuvieran en otro idioma mediante la herramienta de página web www.onlinedoctranslator.com donde se tradujeron 9 artículos ; posterior a ellos, se

realizó el proceso de lectura de cada uno de los artículos, de los cuales se seleccionaron los que aporten información pertinente, ya sea para el proceso de extracción de pulpa de los diferentes insumos orgánicos o que posean datos relevantes para la realización del trabajo, en total se obtuvieron 26 artículos. Por último, se organizan los artículos que posean metodologías de extracción de celulosa en un cuadro comparativo, se tomaron los 15 artículos más representativos.

En la siguiente tabla se observarán los artículos que poseen metodologías y procesos para la extracción de celulosa de los diferentes residuos orgánicos, es importante señalar que el criterio de evaluación, fue realizado bajo la perspectiva de quienes realizaron este trabajo, tomando como calificación más alta y aceptable el número 3, como de grado medio 2 y como menos factible el 1; a continuación, se explicara de forma breve los criterios que se tomaron a consideración para realizar el cuadro comparativo.

Metodología: se hace referencia a los diferentes procesos y el grado de contaminación que cada artículo plantea a la hora de realizar la extracción de celulosa.

Factibilidad del proceso: entendido como el grado de facilidad que se posee al realizar el proceso propuesto en cada artículo, ya que algunos de esto plantean características muy puntuales para que la extracción de celulosa sea completada.

Utilización de productos nos contaminantes: en este caso se comprende el menor grado de contaminación que surge de realizar el proceso de extracción de celulosa planteado en cada artículo.

Materiales: entendida como los insumos y reactivos necesarios para realizar el proceso de extracción de celulosa.

Accesibilidad: hace referencia que tan fácil es encontrar los reactivos necesarios y cuan legal es adquirirlos.

Factibilidad en la manipulación: entendida como la facilidad y seguridad que representa el manejo de los diferentes reactivos químicos empleados en los procesos de extracción de celulosa de la pulpa de café.

Bajos Costos: entendida como los precios accesibles tanto en insumos como en materiales para realizar las diferentes pruebas.

Resultados: es la información que se obtuvo al realizar los ensayos.

Cantidad de celulosa: resultados cuantificables de la extracción de celulosa de las diferentes metodologías.

Cuadro comparativo

Artículo	Metodología		Materiales			Resultados
	Factibilidad del proceso	Utilización de productos no contaminantes	Accesibilidad	Factibilidad de Manipulación	Bajos costos	Cantidad de celulosa
Aislamiento de celulosa a partir de <i>schoenoplectus californicus</i> (totora) y la preparación de algunos compuestos semisintéticos.	2	1	2	2	2	2
Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol.	2	1	2	2	2	3
Caracterización de la cascarilla de arroz y extracción de celulosa.	2	2	1	2	2	2
Obtención de celulosa a partir de residuos de la poda de pasto común por medio de líquido iónico (cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio)	2	2	1	1	3	2

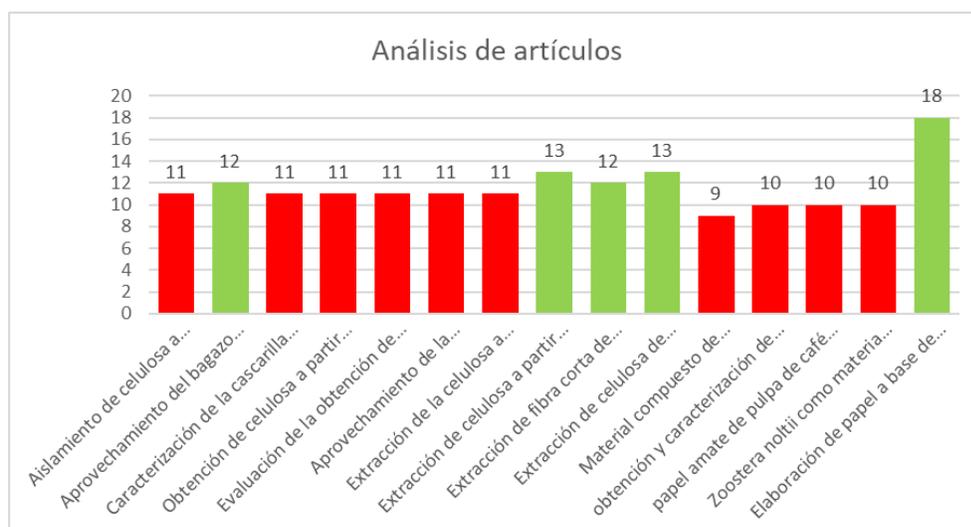
Evaluación de la obtención de celulosa partiendo del buchón de agua (eichhornia crassipes) mediante la hidrólisis básica y el proceso enzimático del hongo pleurotus ostreatus.	2	2	2	1	2	2
Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (Oryza sativa) para la obtención de fibras de celulosa.	2	2	1	2	2	2
Extracción de la celulosa a partir de los residuos de pasto común (festuca arundinacea) para la elaboración de acetato de celulosa.	1	2	2	2	2	2
Extracción de celulosa a partir de la borra de café.	2	2	2	2	2	3
Extracción de fibra corta de alfa-celulosa a partir de la borra de café.	2	1	2	2	2	3
Extracción de celulosa de cáscara de naranja, estudio del método y aplicaciones.	2	2	2	2	2	3
Material compuesto de celulosa a partir de la cascarilla de café o cacao, artículo que comprende el mismo y proceso de obtención.	2	2	2	1	2	2
obtención y caracterización de nanofibras de celulosa a partir de desechos agroindustriales.	1	3	2	1	2	2
papel amate de pulpa de café (coffea arabica) (residuo de beneficio húmedo).	1	2	1	2	2	2
Zoostera noltii como materia prima alternativa en la extracción de celulosa	1	2	2	2	2	2
Elaboración de papel a base de fibras vegetales	3	3	3	3	3	3

Teniendo en cuenta los criterios y las calificaciones obtenidas en el cuadro comparativo, se realizó un gráfico de barras donde cada barra representa la suma total de todos los criterios, estos resultados ayudaran a la elección de que artículos entraran en estudio para así aplicarlos a la obtención de celulosa del proyecto en cuestión.

Las barras de la gráfica se encuentran en dos diferentes colores:

Verde: Son los artículos que muestran mayor puntuación y por ende son los que se seleccionan para entrar en estudio y así obtener el método más adecuado para realizar las pruebas que este mismo señala.

Rojo: son los artículos que son descartados teniendo en cuenta los criterios mencionados.



Según los resultados obtenidos, estos son los artículos que entran en estudio para utilizar su metodología y así realzar la extracción de celulosa de la pulpa de café.

- Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol

- Extracción de celulosa a partir de la borra de café.
- Extracción de celulosa de cascara de naranja, estudio del método y aplicaciones.
- Extracción de fibra corta de alfa- celulosa a partir de la borra de café.
- Elaboración de papel a base de fibras vegetales.

Segundo objetivo específico:

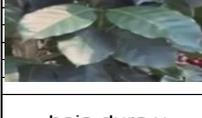
Caracterizar la producción de pulpa de café en el municipio de San Lorenzo Nariño barrio lorenzo finca las Acacias

A nivel de Colombia, se presentan distintas variedades de cultivos de café, entre las que resaltan las siguientes: castillo, Cenicafe, variedad Colombia y caturra, siendo estas las más cultivadas a nivel de todo el territorio colombiano y en menor proporción se encuentra la variedad Tabi.

Teniendo en cuenta que la región de San Lorenzo Nariño, posee la propiedad de tener gran cantidad de extensión territorial y con ello se presentan diversidad de pisos térmicos, con lo cual se presentan variaciones en cuanto a que tipo de café se encuentra presente en las diferentes veredas, por ello se cultivan diferentes variedades de café, entre las más destacadas están presentes variedad castillo, Colombia y caturra. La selección de estas variedades, es debido a que la variedad caturra se adapta mejor al clima frío y la variedad Colombia se adapta en clima caliente; otra variable para su selección, es que dichas variedades presentan mayor resistencia a enfermedades como la denominada ROYA, la cual es una afectación a las hojas que impide el proceso normal de fotosíntesis, con lo cual se empiezan a caer las hojas y finalmente secando por completo el árbol de café. (tomado del criterio del director de la UMATA (unidad municipal de asistencia técnica agropecuaria) señor Yamid Muñoz – 2016-2019)

Ya centrándonos en la finca las acacias barrio lorenzo del municipio de san lorenzo, se presenta una media de 18 grados centígrados, a una altura aproximada de 2150 metros sobre el nivel del mar, es por ello que se cultiva en mayor proporción la variedad de café tipo caturra, la cual se adapta a la zona, (la anterior información es corroborada por los dueños de la finca las acacias)

Cuadro comparativo

Variedad de café	Aspecto físico			Característica Sensitiva del Producto
	Características de las hojas	Características del fruto	Característica del árbol	
Castillo				fragancia (7,75)
	hoja dura y verde oscuro	color rojo y de tamaño grande	220 cm de altura	sabor (7,75)
				sabor residual (7,50)
				acidez (7,50)
				cuerpo (7,50)
Cenicafé				balance (7,50)
	hoja suave y verde claro	color rojo y de tamaño grande	140.1 cm de altura	uniformidad (10,00)
				taza limpia (10,00)
				dulzor (10,00)
				puntaje del catador (7,75)
Colombia				puntaje total (84,00)
	hoja dura y verde oscuro	color rojo o amarillo y de tamaño mediano	160 cm de altura	fragancia (7,75)
				sabor (7,75)
				sabor residual (7,50)
				acidez (8,00)
Caturra				cuerpo (7,50)
	hoja dura y verde oscuro	color rojo o amarillo y de tamaño mediano	180 cm de altura	balance (7,75)
				uniformidad (10,00)
				taza limpia (10,00)
				dulzor (10,00)
Tabi				puntaje del catador (7,75)
	hoja suave y verde claro	color rojo y de tamaño grande	300 cm de altura	puntaje total (83,75)
				fragancia (7,75)
				sabor (7,75)
				sabor residual (7,50)
			acidez (8,00)	
			cuerpo (7,50)	
			balance (7,75)	
			uniformidad (10,00)	
			taza limpia (10,00)	
			dulzor (10,00)	
			puntaje del catador (7,75)	
			puntaje total (84,00)	

El objetivo de este cuadro comparativo, es señalar todos los tipos de café que se cultivan en Colombia y sus respectivas características; con lo cual; en el siguiente cuadro comparativo se relacionó las características de la variedad caturra señalada anteriormente, con las características de los árboles de café que se encuentran en la finca las acacias del barrio lorenzo del municipio de san lorenzo Nariño.

Tabla con características de la finca las acacias

Variedad de café	Aspecto físico			Característica	En que clima se cultiva
	Características de las hojas	Características del fruto	Característica del árbol	Sensitiva del	
				Producto	
Caturra (tomado de internet , realizando búsqueda sobre características de café variedad caturra)				fragancia (7,50)	
				sabor (7,75)	
				sabor residual (7,75)	
				acidez (7,75)	
				cuerpo (7,50)	
				balance (7,75)	
	hoja dura y verde oscuro	color rojo o amarillo y de tamaño mediano	180 cm de altura		uniformidad (10,00)
				taza limpia (10,00)	
			dulzor (10,00)		
			puntaje del catador (7,75)		
			puntaje total (83,75)		
Caturra (fotos tomadas en la cafetera de la finca las acacias del barrio lorenzo municipio de San lorenzo Nariño)				fragancia (7,50)	
				sabor (7,75)	
				sabor residual (7,75)	
				acidez (7,75)	
				cuerpo (7,50)	
				balance (7,75)	
	hoja dura y verde oscuro (en este caso un poco mas verde claro debido a la corta edad del palo de cafe)	color rojo o amarillo (en este caso rojo) y de tamaño mediano	180 cm de altura (coincidiendo con la media de altura para esta variedad de cafe)		uniformidad (10,00)
				taza limpia (10,00)	
			dulzor (10,00)		
			puntaje del catador (7,75)		
			puntaje total (83,75)		

El tipo de despulpado que se practica en la finca las acacias es de tipo húmedo, a continuación se relatara el cómo se realiza el proceso que se practica; en primera instancia, la recolección del fruto maduro se hace de forma manual y se procede a ubicarlo en un recipiente denominado “coco” el cual tienen una capacidad aproximada de 10 a 12 kilogramos, al ya estar lleno el coco, se procede a llevar a estopas que poseen una capacidad de entre 40 a 50 kilogramos de café, las cuales serán transportadas hacia el lugar de beneficio de café; ya en el lugar de benéfico, se procede en la mayoría de los casos a depositar el fruto en el denominado “sifón”, el cual es un tipo de tanque con un orificio en la parte inferior, que conecta a la planta baja de beneficiadero y a su vez conecta con la maquina despulpadora, la cual por acción de la gravedad hace que el fruto caiga hacia dicha maquina y esta realice el proceso de despulpado. Cuando el proceso de despulpado ya se encuentra realizado, el fruto sin cascara (pulpa) pasa a un tanque donde se realiza el proceso de fermentación que dura entre 24 a 36 horas, esto va a depender del clima donde se realice el proceso; este proceso se realiza con el fin de que se retire el mucilago, para que después se realice el lavado del café y posteros a ello se realice el secado mediante maquinas o por el método tradicional utilizando el sol. Lo escrito anteriormente, es el proceso que se realiza en la finca las acacias del barrio lorenzo del municipio de san lorenzo Nariño, el cual coincide con el proceso de beneficio húmedo de café.

Tercer objetivo específico:

Seleccionar los diferentes métodos de extracción de celulosa que pueden ser aplicados en la pulpa del café

Ya obtenidos los artículos que entran en estudio para la realización del proyecto, se realizó un árbol de decisión para la elección del mejor proceso que permita obtener los resultados más idóneos.

Para este árbol de decisión se evalúan los 5 artículos con mayor puntuación, teniendo en cuenta los criterios que se evaluaron en el cuadro comparativo del primer objetivo. El árbol

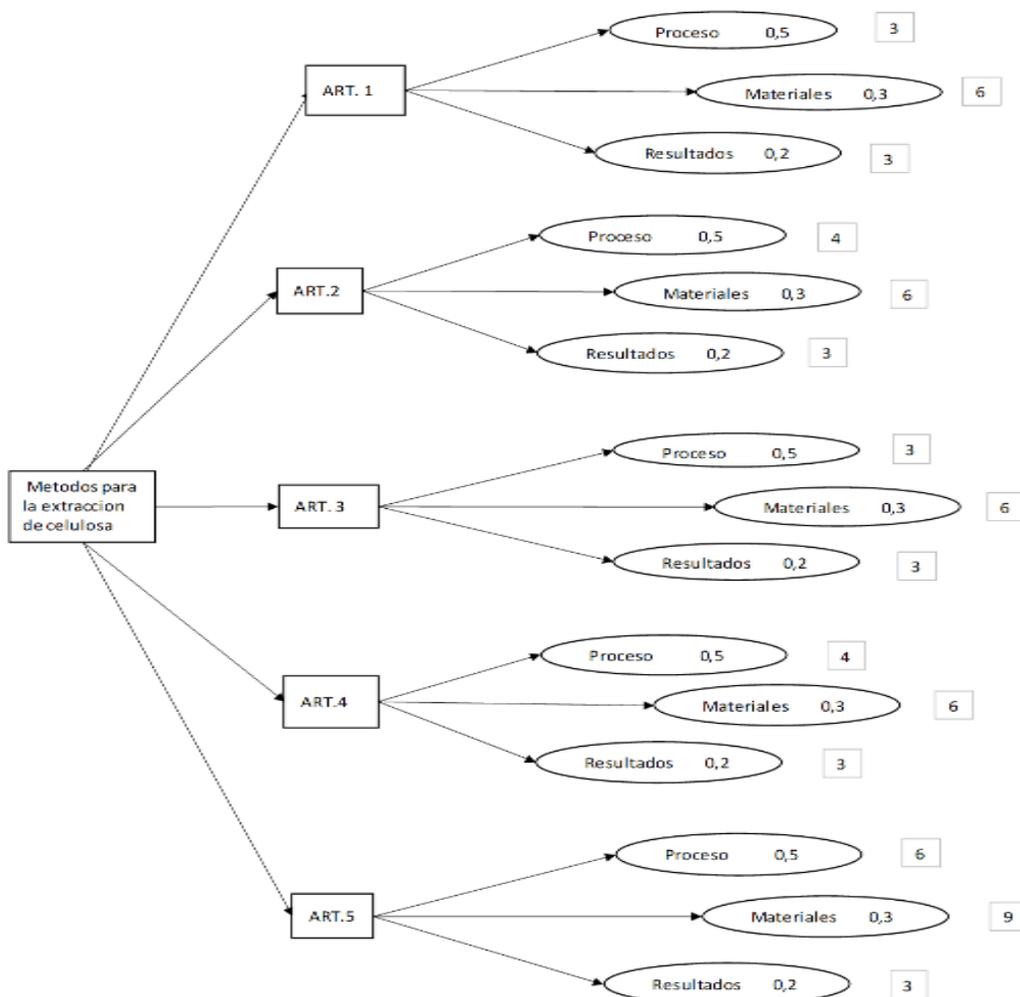
de decisión está dividido en 3 nodos; el primer nodo muestra la decisión principal, en el cual lo que se pretende es señalar el mejor método para la obtención de celulosa; los segundos nodos, muestra los artículos que entrar a estudio, el en árbol de decisión están representados por Art. 1 al Art. 5, y en la tabla de resumen se muestra los nombres de cada artículo y el tercer nodo de decisión está dividido en 3 criterios, los cuales correspondían a: Proceso, materiales y resultados, siendo estos 3 los que poseen las probabilidades para la obtención de un resultado final.

El nodo de procesos tiene una probabilidad del 50%, ya que el resultado del proyecto depende en mayor proporción del criterio proceso; por lo cual, se contemplan dos criterios de decisión a la hora de evaluar el proceso, los cuales son: la factibilidad del proceso, este se refiere a la facilidad y a los equipos que se necesitan para realizar el proceso, el segundo criterio está basado en la utilización de productos no contaminantes, siendo este uno de los criterios que más importancia tiene al momento de la elección del mejor proceso.

El segundo nodo de decisión (materiales) tiene como probabilidad el 30%, se sabe que la realización del proyecto, también depende de que los materiales sean fáciles de obtener y que los costos de los mismos no sean tan exuberantes; este criterio se divide en 3 variables, las cuales serían: accesibilidad, la cual hace referencia refiere a que tan fácil es conseguir los materiales que se nombran en los diferentes procesos de estudio; la segunda variables sería la factibilidad de manipulación, haciendo referencia a que tan segura es la manipulación de los reactivos que cada proceso necesita utilizar para la extracción de pulpa y por último la tercera variables está basado en los costos, siendo este un criterio que también tiene un papel importante al momento de la elección, puesto que si los materiales son muy costos, no se consideraría el proceso viable .

Ya el tercer nodo de decisión, contempla los resultados obtenidos al momento de la extracción de celulosa, teniendo este una probabilidad del 20%, este criterio fue valorado de

esta forma, puesto que en todos los procesos que contemplan los artículos, se llegó a la obtención de celulosa.



Ya realizado el árbol de decisiones se puede observar que cada criterio tiene una valoración, esta valoración se obtiene del cuadro comparativo realizado anteriormente en el primer objetivo, donde se suman los criterios del artículo correspondiente; en el nodo de proceso es la suma de la valoración que tiene la factibilidad el proceso y la utilización de materiales no contaminantes, en el nodo de materiales es la suma de la valoración de la accesibilidad, la factibilidad de manipulación y los bajos costos y por último, la valoración de los resultados.

A continuación, se representa un cuadro donde se resumen toda la información del árbol de decisión y los resultados obtenidos:

	Probabilidad	0,5	0,3	0,2	
Alternativa	Proceso	Materiales	Resultados	Total	
Art.1	Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol	3	6	3	3,9
Art.2	Extracción de celulosa a partir de la borra de café	4	6	3	4,4
Art.3	Extracción de celulosa de cáscara de naranja, estudio del método y aplicaciones	3	6	3	3,9
Art.4	Extracción de fibra corta de alfa- celulosa a partir de la borra de café	4	6	3	4,4
Art.5	Elaboración de papel a base de fibras vegetales	6	9	3	6,3

Gracias al árbol de decisión y a los resultados obtenidos teniendo en cuenta los criterios, se puede observar que la mejor decisión es el artículo 5 **Elaboración de papel a base de fibras vegetales**, teniendo una valoración de un 6,3 siendo el mayor respecto a los otros 4 artículos; es por lo cual, que se optó por la metodología planteada en el artículo 5, para la realización del proyecto.

cuarto objetivo específico:

Realizar pruebas de laboratorio siguiendo los lineamientos de las metodologías seleccionadas.

Teniendo en cuenta que los laboratorios de la FUP, no se encuentran acondicionados con los equipos necesarios para realizar el método KRAFT y VIEIRA, se optó por realizar la metodología de extracción de celulosa de fibras vegetales, por otro lado, los reactivos que podía suministrar la universidad, eran insuficientes para realizar las pruebas y ensayos

Al ya haber definido la metodología más factible para realizar los ensayos correspondientes (elaboración de papel a base de fibras vegetales), se procedió a realizar los ensayos correspondientes que señala dicha metodología.

Resultados y análisis

Ensayo N° 1 con pulpa apenas recolectada.

N°	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS	PELIGRO	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL	EPP'S	FIGURAS, IMÁGENES, FOTOS	OBSERVACIONES
1	Adquirir materia prima (pulpa de café)		Condiciones de seguridad (mecánico)	Golpes, atrapamientos, amputaciones	Aleje las manos de los puntos de atrapamiento como la polea o los piñones			Se recolecto de manera inmediata después de haber realizado el despulpe del café
2	Lavado de pulpa		N/A	N/A	N/A	N/A		Se realiza para quitar la suciedad y el mucilago que está presente en la pulpa
3	Trituración de la pulpa de café con ayuda de un molino		Condiciones de seguridad (mecánico)	Golpes, atrapamientos	Aleje las manos de los puntos de atrapamiento como el auger del molino			Este proceso se hace con el fin de exponer las fibras vegetales de la pulpa y realizar el retiro de agua. Al realizar el triturado, se obtuvo que se pierde un 40% del contenido original, esto es debido a la pérdida de agua al triturar la pulpa.
4	Preparación del carbonato de sodio mediante la cocción del bicarbonato de sodio		Condiciones de seguridad (mecánico) Condiciones de seguridad (químico)	Quemaduras Intoxicación por partículas en el aire	Asegúrese de utilizar tapabocas y guantes anti quemaduras.	 		Se tomo una cantidad de 70 gramos de bicarbonato de sodio
5	Retirar la lignina de las fibras de la pulpa de café		Condiciones de seguridad (mecánico) Condiciones de seguridad (químico)	Quemaduras Intoxicación por partículas en el aire	Asegúrese de utilizar tapabocas y guantes anti quemaduras.			Se mezclaron los 70 gramos de carbonato de sodio, 210 gramos de pulpa de café ya triturada y 2 litros de agua, se los deja en cocción por 90 minutos, se obtuvo una mezcla de color negro con olor fuerte.
6	Lavado de pulpa		N/A	N/A	N/A	N/A		
7	Realizar el proceso de blanqueo		N/A	N/A	N/A	N/A		se utilizó 250 mililitros de cloro, 2 litros de agua y la pulpa de café resultante del proceso de cocción, la pulpa de café blanqueo a los 30 minutos.

8	Filtrado de pulpa para quitar exceso de cloro y agua		N/A	N/A	N/A	N/A		
9	Triturar la pulpa de café con una licuadora.		Condiciones de seguridad (mecánico)	Amputación, cortadura	Asegurarse de que la licuadora este desconectada al momento de manipularla para su limpieza, tener cuidado con las cuchillas			Este proceso se realiza con el fin de homogenizar el tamaño de las fibras
10	Filtrado de pulpa para quitar exceso agua		N/A	N/A	N/A	N/A		
11	Mezcla de celulosa, caolín y pegamento		N/A	N/A	N/A	N/A		mezcla 15 gramos de caolín (el cual se utiliza como carga para llenar los huecos que se presentan en las fibras y también para que sea posible realizar escritura en el papel), 2 litros de agua y 40 gramos de pegamento blanco (el cual servirá como aglutinante de las fibras y el caolín).
12	Darle forma a la hoja con un tamiz		N/A	N/A	N/A	N/A		Se observa que la hoja blanquea, pero no es resistente se desase con el agua, se concluye que es debido a que utilizamos mucha cantidad de caolín.

Ensayo N° 2 Pulpa seca

N°	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS	PELIGRO	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL	EPP'S	FIGURAS, IMÁGENES, FOTOS	OBSERVACIONES
1	Pesó la cantidad de pulpa que se utiliza.		N/A	N/A	N/A	N/A		La pulpa de café tiene un peso de 200 gramos
2	Trituración de la pulpa de café con ayuda de un molino		Condiciones de seguridad (mecánico)	Golpes, atrapamientos	Aleje las manos de los puntos de atrapamiento como el auger del molino			Este proceso se hace con el fin de exponer las fibras vegetales de la pulpa
3	Preparación del carbonato de sodio mediante la cocción del bicarbonato de sodio		Condiciones de seguridad (mecánico) Condiciones de seguridad (químico)	Quemaduras Intoxicación por partículas en el aire	Asegúrese de utilizar tapabocas y guantes Antiquemaduras.			Se tomo una cantidad de 70 gramos de bicarbonato de sodio
4	Retirar la lignina de las fibras de la pulpa de café		Condiciones de seguridad (mecánico) Condiciones de seguridad (químico)	Quemaduras Intoxicación por partículas en el aire	Asegúrese de utilizar tapabocas y guantes anti quemaduras.			Se mezclaron los 70 gramos de carbonato de sodio, 2 litros de agua, se los deja en cocción por 90 minutos.
5	Lavado de pulpa		N/A	N/A	N/A	N/A		Este proceso se realiza para retirar el exceso de lignina y agua
6	Pesado de la mezcla obtenida		N/A	N/A	N/A	N/A		Se obtuvo un peso de 250 gramos (el peso adicional, puede ser debido a que la pulpa seca adsorbió la humedad).

7	Realizar el proceso de blanqueo		N/A	N/A	N/A	N/A		se utilizó 250 mililitros de cloro, 2 litros de agua y la pulpa de café resultante del proceso de cocción. Nota: Pasado 30 minutos no se notó ningún tipo de blanqueo
8	Triturar la pulpa de café con una licuadora.		Condiciones de seguridad (mecánicas)	Amputación, cortadura	Asegurarse de que la licuadora este desconectada al momento de manipularla para su limpieza, tener cuidado con las cuchillas			Este proceso se realiza con el fin de homogenizar el tamaño de las fibras
9	Filtrado de pulpa para quitar exceso de agua		N/A	N/A	N/A	N/A		
10	Mezcla de celulosa, caolín y pegamento		N/A	N/A	N/A	N/A		Mezcla 12 gramos de caolín (el cual se utiliza como carga para llenar los huecos que se presentan en las fibras y también para que sea posible realizar escritura en el papel), 2 litros de agua y 40 gramos de pegamento blanco (el cual servirá como aglutinante de las fibras y el caolín).
11	Darle forma a la hoja con un tamiz		N/A	N/A	N/A	N/A		
12	Situar la hoja en una superficie plana		N/A	N/A	N/A	N/A		

13	Realizar el proceso de secado y prensado		N/A	N/A	N/A	N/A	 	<p>El secado se realizó a condiciones ambiente, se obtuvo problemas con el secado debido a que las baldosas de cerámica impedirían transpirar a la mezcla; para solucionar el problema de secado, se recurrió a colocar en la parte superior de la mezcla una placa de superboard</p> <p>El prensado se realizó mediante dos cerámicas y unos ladrillos como peso</p>
14	Se corto de forma cuadrada para dar una forma más estética		N/A	N/A	N/A	N/A	 	De 200 gramos de pulpa inicial se pueden obtener 3 hojas se observa que se agrietan en partes, pero se le puede dar forma.

Ensayo N° 3 Se mejora el proceso utilizando herramientas más industriales.

N°	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS	PELIGRO	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL	EPP'S	FIGURAS, IMÁGENES, FOTOS	OBSERVACIONES
1	Trituración de la pulpa de café con ayuda de un molino y peso de esta.		Condiciones de seguridad (mecánico)	Golpes, atrapamientos	Aleje las manos de los puntos de atrapamiento como el auger del molino			<p>Este proceso se hace con el fin de exponer las fibras vegetales de la pulpa.</p> <p>La pulpa de café se encuentra completamente seca con un peso de 114 gramos.</p>
2	Preparación del carbonato de sodio mediante la cocción del bicarbonato de sodio		<p>Condiciones de seguridad (mecánico)</p> <p>Condiciones de seguridad (químico)</p>	<p>Quemaduras</p> <p>Intoxicación por partículas en el aire</p>	Asegúrese de utilizar tapabocas y guantes anti quemaduras.			Se tomo una cantidad de 70 gramos de bicarbonato de sodio

3	Retirar la lignina de las fibras de la pulpa de café		Condiciones de seguridad (mecánico) Condiciones de seguridad (químico)	Quemaduras Intoxicación por partículas en el aire	Asegúrese de utilizar tapabocas y guantes anti quemaduras.			Se mezclaron los 70 gramos de carbonato de sodio, 2 litros de agua, se los deja en cocción por 90 minutos.
4	Lavado de pulpa		N/A	N/A	N/A			Este proceso se realiza para retirar el exceso de lignina y agua
5	Pesado de la mezcla obtenida		N/A	N/A	N/A	N/A		Se obtuvo un peso de 172 gramos (el peso adicional, puede ser debido a que la pulpa seca adsorbió la humedad).
6	Realizar el proceso de blanqueo		N/A	N/A	N/A	N/A		se utilizó 10 gramos de cloro, 1653 gramos de agua y la pulpa de café resultante del proceso de cocción. Se observa que la pulpa después de haber llevado un tiempo seca es difícil blanquear a diferencia de la pulpa apenas recolectada y procesada que si blanquea.
7	Triturar la pulpa de café con una licuadora.		Condiciones de seguridad (mecánico)	Amputación, cortadura	Asegurarse de que la licuadora este desconectada al momento de manipularla para su limpieza, tener cuidado con las cuchillas			Este proceso se realiza con el fin de homogenizar el tamaño de las fibras
8	Filtrado de pulpa para quitar exceso agua		N/A	N/A	N/A	N/A		

9	Mezcla de celulosa, caolín y pegamento		N/A	N/A	N/A	N/A		Mezcla 71 gramos de caolín (el cual se utiliza como carga para llenar los huecos que se presentan en las fibras y también para que sea posible realizar escritura en el papel), 150 mililitros de agua y 50 gramos de pegamiento blanco (el cual servirá como aglutinante de las fibras y el caolín).
10	Darle forma a la hoja		N/A	N/A	N/A	N/A		Se utiliza un molde cuadrado con el fin de darle una forma más estética a la hoja.
11	Proceso de prensado.		Condiciones de seguridad (mecánico)	Golpes, atrapamientos	Alejar las manos de las dos plataformas al momento de empezar a realizar presión.	N/A		El proceso de prensado se realiza con el fin de que compactar la mezcla de celulosa la mezcla se lleva en la prensa un aproximado de 5 minutos.
12	Realizar el proceso de secado		N/A	N/A	N/A	N/A		El secado se realizó a condiciones ambiente, se obtienen 11 hojas de 20 gramos de mezcla con dimensiones de 6cm ancho por 8cm de largo por 1mm de espesor
13	Hojas ya secas		N/A	N/A	N/A	N/A		se observa que mejora la flexibilidad y resistencia de las hojas, posibilidad de escritura, posee resistencia al agua. Las hojas tienen un peso de 4 gramos

Conclusiones

los resultados obtenidos señalan que el producto puede ser utilizado para la creación de cajas, papel cartón y también para la construcción debido a las características del material resultante.

las muestras señalan que entre más blanca sea la materia, menor consistencia va a tener.

al realizar el proceso de blanqueo, se obtuvo que la materia puede ser blanqueada hasta pasados 4 meses de almacenamiento, expuesto a condiciones ambientales normales.

al realizar el proceso de blanqueo se pierde materia prima

al realizar el proceso de secado las hojas se fragmentan

El proceso de secado se debe de realizar de una forma que la materia obtenida pueda respirar, para que así se facilite el proceso de secado.

la presión es un factor determinante en cuanto a que la celulosa no se fragmente.

El proceso de blanqueo es más rápido y utilizando menos reactivos, si se la pulpa de café es fresca.

El que el mucilago este presente en el proceso de extracción de la celulosa, hace que la celulosa obtenida se fermente y se degrade.

Aunque la materia vegetal seca, tiende a ser más decil el proceso de blanqueo, la resistencia de la celulosa extraída es mucho mayor, a la que presenta la celulosa sin secar.

Bibliografías

Aguilar-Rivera, N., Houbron, E., & Reyes-Alvarado, E. R. (2014). *PAPEL AMATE DE PULPA DE CAFÉ (Coffea arabica) (RESIDUO DE BENEFICIO HÚMEDO)* (Universidad Autónoma Indígena de México. repositorio institucional. Obtenido de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/71137>

Alcaldía San Lorenzo Nariño. (2011). *Pinterest*. Obtenido de <https://co.pinterest.com/pin/707487422683066218/>

Cabrera, N. (11 de 05 de 2018). *Radio Nacional Colombiana*. Obtenido de <https://www.radionacional.co/cultura/san-lorenzo-una-historia-con-aroma-cafe-narinense?amp=>

CENNICAFFE. (2021). *CenniCafe*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/C1.pdf>

Google Map. (2022). Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/San+Lorenzo,+Nari%C3%B1o/@1.503498,-77.2151674,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2ee03fc7b028bb:0x6ad4134a72dac9d4!8m2!3d1.503498!4d-77.2151669>

La Opinion. (2021). *La Opinion*. Obtenido de <https://www.laopinion.com.co/economia/colombia-produjo-126-millones-de-sacos-de-cafe-en-2021>

LABRADA, J. (s.f.). *cultivarsalud*. Obtenido de <https://www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/usos-del-papel-reciclado/>

Mapfre. (28 de 07 de 2021). Obtenido de <https://www.hogar.mapfre.es/manualidades/como-hacer-papel-artesanal/>

RIADICYP. (2008). *PANORAMA DE LA INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL EN IBEROAMÉRICA 2008*. Argentina: MARÍA CRISTINA AREA.

Sarah Cantavalle. (5 de 04 de 2019). *blog*. Obtenido de <https://www.pixartprinting.es/blog/historia-papel/>

universidad nacional de la plata. (2017). Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/91504/Fabricaci%C3%B3n_de_Papel_Artesanal.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VERGARA, S. (27 de 07 de 2020). *inceptioncoffee*. Obtenido de <https://www.inceptioncoffee.com/partes-del-fruto-de-cafe/>