

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

“ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL A BASE DE LOS RESIDUOS VEGETALES DE LOS TALLOS DE MAÍZ (*Zea Mays L*) Y CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa Paradisiaca L*) UTILIZANDO LOS MÉTODOS QUÍMICOS DE JAYME-WISE, KURSHNER Y HOFFNER”

AUTORA: Lucia Salomé Andy Huatatoca

TUTOR: Ing. Fabián Patricio Carrillo Flor Msc.

Riobamba – Ecuador

2020

REVISION DEL TRIBUNAL

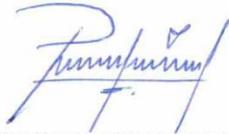
Los miembros del tribunal de Graduación de Investigación de título, “ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL A BASE DE LOS RESIDUOS VEGETALES DE LOS TALLOS DE MAÍZ (*Zea Mays L*) Y CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa Paradisiaca L*) UTILIZANDO LOS MÉTODOS QUÍMICOS DE JAYME-WISE, KURSHNER Y HOFFNER”, Presentado por Andy Huatatoca Lucía Salomé, dirigido por el Ing. Patricio Carrillo Flor Msc.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final de Investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Paul Ricaurte

Presidente del tribunal



.....

Firma

Ing. Patricio Carrillo Flor Msc.

Director del Proyecto de Investigación



.....

Firma

Ing. Sebastián Guerrero Msc

Miembro del Tribunal



.....

Firma

Ing. Diego Moposita Vásquez Msc

Miembro del Tribunal



.....

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido del proyecto de Grado denominado “ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL A BASE DE LOS RESIDUOS VEGETALES DE LOS TALLOS DE MAÍZ (*Zea Mays L*) Y CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa Paradisiaca L*) UTILIZANDO LOS MÉTODOS QUÍMICOS DE JAYME-WISE, KURSHNER Y HOFFNER”, corresponde exclusivamente a Lucía Salomé Andy Huatatoca, la autora, como también al director del proyecto Ing. Patricio Carrillo, incluyendo todas las tablas, ilustraciones y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Lucía Salomé Andy Huatatoca

C.I: 1501113763

Autora del proyecto



Ing. Patricio Carrillo Flor Msc.

C.I: 0602924656

Director del Proyecto de Investigación

DEDICATORIA

La Tesis está dedicada a:

Mis padres Fermín e Irene y mis hermanos quienes supieron estar apoyando a pesar de la distancia, dándome aliento de seguir adelante sin dar un pie en falso en momentos complicados de mi vida universitaria.

Mis compañeros/amigos por haber compartido tantas experiencias, y de alguna u otra manera supieron ayudarme en las buenas y malas.

Lucía Salomé Andy Huatatoca

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por todo lo que tengo y lo que Él me ha regalado, por bendecirme con sabiduría, responsabilidad, paciencia y fe de poder lograr las metas que me he propuesto, ya que Él siempre ha estado conmigo y nunca me ha dejado desfallecer en momentos difíciles, dándome momentos únicos dentro y fuera de la Universidad.

Infinitamente a mis padres Fermín Andy e Irene Huatatocha por regalarme su conocimiento de seguir creciendo de a poco, ya que ellos son los padres maravillosos que una hija puede tener, por darme consejos cuando los necesitaba, gracias por ayudarme económica y emocionalmente para lograr una meta más en el estudio.

A mi hermano mayor Jacinto Andy que a pesar de la distancia que hemos vivido siempre me comprendió y me apoyó económicamente, a mis hermanos menores Cristófer y Orley quienes emocionalmente supieron alentarme para cumplir esta meta.

A mi tutor Ing. Patricio Carrillo por dedicar tiempo de calidad y colaborar con sus conocimientos en el desarrollo y finalización de esta investigación, a la técnica del laboratorio por tener paciencia en sus enseñanzas para el experimento de la investigación.

También agradezco a todos los docentes y compañeros que forman parte de la prestigiosa Universidad Nacional de Chimborazo que compartimos gran parte de nuestras vidas con nuevos conocimientos, desarrollando la vida profesional de calidad.

Lucía Salomé Andy Huatatocha

ÍNDICE GENERAL

REVISIÓN DEL TRIBUNAL	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL	VI
LISTA DE ILUSTRACIÓN	VIII
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE ANEXOS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO	5
2.1. REDACCIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.....	5
2.2. MARCO TEÓRICO	7
2.2.1. PLÁTANO	7

2.2.2.	MAÍZ.....	8
2.2.3.	PAPEL.....	9
2.2.4.	RELACIÓN ENTRE PAPEL INDUSTRIAL Y PAPEL ARTESANAL	11
2.2.5.	FIBRA VEGETAL.....	12
2.2.6.	MÉTODO DE JAYME-WISE	13
2.2.7.	MÉTODO DE KURSHNER Y HOFFNER	14
2.2.8.	TABLAS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL PAPEL SEGÚN NORMAS.....	14
	CAPÍTULO III	18
3.	METODOLOGÍA	18
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	18
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
	CAPÍTULO IV	26
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1.	RESULTADOS	26
4.1.1.	ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA	26
4.1.2.	ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL.....	27
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
	CAPÍTULO V.....	38
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1.	CONCLUSIONES.....	38
5.2.	RECOMENDACIONES	39
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40
	ANEXOS.....	44

LISTA DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1. Diagrama de proceso en la elaboración general del papel	23
---	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Botánica Sistemática del Plátano.....	7
Tabla 2. Botánica Sistemática del Maíz.....	8
Tabla 3. Tipos del papel dependiendo del gramaje.....	11
Tabla 4. Propiedades físicas	14
Tabla 5. Propiedades mecánicas	15
Tabla 6. Requisitos del papel Kraft forro regular y blanco.....	15
Tabla 7. Requisitos del papel Kraft medio.....	16
Tabla 8. Especificaciones de cartulina plegable	16
Tabla 9. Requisitos del papel para cuadernos	17
Tabla 10. Unidad de análisis de la materia prima.....	19
Tabla 11. Unidad de análisis de las propiedades físicas y mecánicas del papel.....	20
Tabla 12. Materiales, equipos y reactivos.....	21
Tabla 13. Códigos en la elaboración de papel	22
Tabla 14. Análisis exploratorio de datos de la cáscara de plátano.....	26
Tabla 15. Análisis exploratorio de datos de los tallos de maíz.....	27
Tabla 16. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal	27
Tabla 17. Comparación de medias según Tukey para el contenido de Humedad	28
Tabla 18. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I) del papel artesanal.....	28
Tabla 19. Comparaciones con medias según Tukey para el contenido de Ceniza	29
Tabla 20. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal	29
Tabla 21. Comparaciones de medias según Tukey del Gramaje	30
Tabla 22. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal	30
Tabla 24. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.....	31
Tabla 25. Comparaciones de medias según Tukey de la porosidad	31
Tabla 26. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.....	32
Tabla 27. Comparaciones de medias según Tukey de la Resistencia a la Explosión	32

Tabla 28. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.....	33
Tabla 29. Comparaciones de medias según Tukey de la Resistencia a la Tensión	33
Tabla 30. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.....	34
Tabla 31. Comparaciones de medias según Tukey de la Resistencia al Rasgado	34

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Determinación de Humedad y ceniza	44
Anexo 2. Determinación de Holocelulosa.....	44
Anexo 3. Determinación de Lignina	44
Anexo 4. Determinación de Celulosa.....	44
Anexo 5. Porosidad del papel.....	45
Anexo 6. Humedad de papel en termobalanza	45
Anexo 7. Resistencia a la explosión	45
Anexo 8. Papeles obtenidos.....	46
Anexo 9. Cuadro de papeles obtenidos	46

RESUMEN

El papel es uno de los materiales importantes en nuestras actividades, su principal fuente es la madera por su alto contenido de fibras celulósicas; en esta investigación se utiliza un proceso químico de método Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner, con el fin de elaborar papel artesanal a base de las cáscaras de plátano y tallos de maíz. Se realizó análisis físico-químico de la materia prima, tales como: humedad, ceniza, extracto etéreo, fibra, lignina, holocelulosa y celulosa. Se obtuvo la cantidad de celulosa en tallos de maíz un 63.66% y un 51.33% en las cáscaras de plátano, óptimas para el papel artesanal con cuatro unidades: dos con Hidróxido de Sodio en el método de Jayme-Wise (CP1-MJW y TM1-MJW), igual dos con Sulfito de Sodio para el método de Kurshner y Hoffner (CP2-MKH y TM2-MKH). Para el producto final los datos obtenidos se aplicó un programa estadístico Infostat versión 6.2 Argentinos y hoja de cálculo, para los análisis de varianza y pruebas Tukey; por cada método en la elaboración de papel artesanal. El TM1-MJW (Los tallos de maíz con el método de Jayme-Wise), tiene mejores características con: humedad de 6.42 %, ceniza 4.53 %, gramaje 45.82 g/m², espesor 0.06 mm, porosidad 17.97 %, resistencia a la explosión 54.86 kPa.m²/g, resistencia a la tensión 129.36 kN/m, resistencia al rasgado 301.59 mN, estos resultados fueron comparadas con la Norma TAPPI y Norma INEN, se utiliza como bolsas de papel para guardar alimentos secos, semillas y otros productos.

Palabras claves: papel artesanal, residuos orgánicos, propiedades del papel.

ABSTRACT

Paper is one of the essential materials in our activities. Its primary source is wood because of its high content of cellulosic fibers. In this research, a chemical process of Jayme-Wise, Kushner, and Hoffner method is used, with the purpose of elaborate craft paper based on banana peels and corn stalks. Physical-chemical analysis of the raw material was performed, such as moisture, ash, ethereal extract, fiber, lignin, holocellulose, and cellulose. The amount of cellulose in corn stalks was obtained 63.66% and 51.33% in banana peels, optimal for craft paper with four units: two with Sodium Hydroxide in the Jayme-Wise method (CP1-MJW and TM1 -MJW), same as Sodium Sulfito for the Kushner and Hoffner method (CP2-MKH and TM2-MKH). For the final product data, a statistical program was applied Infostat version 6.2 Argentines and spreadsheet in the analysis of variance and Tukey tests; for each method in the elaboration craft paper. The unit of craft paper TM1-MJW (Corn stalks with the Jayme-Wise method), has better characteristics with the moisture of 6.42%, ash 4.53%, weight 45.82 g / m², thickness 0.06 mm, porosity 17.97%, explosion resistance 54.86 kPa.m² / g, tensile strength 129.36 kN / m, tear-resistance 301.59 mN, these results were compared with the TAPPI Standard and INEN Standard, used as paper bags for storing dry food, seeds, and other products.

Keywords: craft paper, organic waste, paper properties.



Reviewed by: Solís, Lorena
ENGLISH TEACHER



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

Actualmente la producción agrícola en Ecuador de diferentes industrias genera grandes cantidades de residuos que son desaprovechados en la agroindustria, solo un porcentaje menor son tratadas en producir compost.

El tallo de maíz (*Zea Mays L*) es un recurso menos aprovechado una vez que ha sido cosechada la mazorca, porque se dejan secar en pie con la idea de abonar el terreno en futuras cosechas, o bien es destinado a la alimentación del ganado vacuno. La producción de biomasa residual se genera de su caña, sus hojas y mazorcas, que fluctúan entre 20 a 35 toneladas por hectárea de maíz seco, en el maíz de choclo varía de 16 a 25 toneladas. (Imba & Tallana, 2011). Los cultivos permanentes son productos secundarios en la agricultura siendo uno el banano (*Musa paradisiaca*), que en el Ecuador reporta un 38% de superficie plantada con una producción de 6.505.635 toneladas por año, (INEC, 2019), generando una cantidad abundante de desperdicios de sus cáscaras y pinzote.

Al utilizar fibras celulósicas es limitado para la obtención del papel, se conocen pocos estudios sobre su obtención a partir de fibras vegetales no maderables como son los desechos del bagazo de la caña de azúcar, el maguey, el bambú y del algodón, con esto podemos aprovechar de otros cultivos o en tal caso los residuos orgánicos vegetales que hacen parte del consumo humano que beneficiará a la protección de los bosques, generando alternativas de producción en la elaboración de un papel artesanal con fibras celulósicas no maderables como sería el caso en estudio provenientes de los tallos de maíz (*Zea Mays L*) y las cascaras de plátano (*Musa Paradisiaca L*), utilizando los métodos químicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner, considerando que la elaboración de papel artesanal no es una actividad demandante y teniendo un declive por lo que es un proceso poco eficiente en nuestro país.

¿Cómo incide los métodos químicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner, en la elaboración de papel artesanal a base de residuos de los tallos de maíz (*Zea Mays L*) y cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca L*)?

1.2. ANTECEDENTES

El papel se considera como uno de los materiales importantes en nuestras actividades diarias, iniciando con pasta obteniendo el papel y sus derivados, alcanzando cifras que sitúan a la industria papelera entre las más grandes del mundo. La principal fuente en la producción de papel tradicionalmente es la madera debido a su alto contenido de fibra celulósica, procedentes de los bosques de coníferas, bosque tropicales y boreales de latifoliadas; lo que representa la deforestación de miles de árboles que existen en los bosques.

El componente sólido principalmente en la obtención del papel es la celulosa, cuyas fibras celulósicas en sí se unen por medio de puentes de hidrógeno, tras varios tratamientos ya sean mecánicos y los que se van a utilizar en este caso de estudio son tratamientos químicos, disueltas en agua, siguiendo el procedimiento posterior al fibrilado, lavado, prensado y secado. Debido a su múltiple utilización se puede clasificar según al tipo de papel que se requiere obtener, aunque en la actualidad va aumentando los sistemas de comunicación por internet y disminuyendo el uso del papel.

Según (Minaya, Galarreta, Símpalo, Bonifacio, & Miñan, 2018) “**Elaboración de papel biodegradable a partir de hojas de maíz blanco (*Zea Mays L.*)**”, experimentan la pulpa celulósica de las hojas de maíz, en variedad blanca, siguiendo un proceso de pesado, molienda, cocción, lavado, blanqueado, prensado y secado para determinar solo la luminosidad que tiene el papel obtenido, con variables de la concentración de hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno, con metodología de superficie con método de CIELAB.

De acuerdo a (Negrete, Quiñones, & Rodríguez, 2010) “**Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías**”, utiliza métodos ecológicos sin adición de químicos como: inversión en agua a cielo abierto, fermentación con y sin “aguamiel” para la elaboración de papel con hojas angostas y anchas de agave de diferentes especies, evaluando color, olor, suavidad y la facilidad de fibrilar la materia prima durante el tiempo de cocción, tiene en cuenta en el proceso la fermentación, agitación y ablandamiento de las fibras que al final el papel que obtuvo tiene buena calidad en escritura, gráficos o dibujos en dos especies de agave, mientras que, otras son duras y menos resistente.

Según (Intriago, 2018), Ecuador no cuenta con industrias que elaboren papel artesanal a base de residuos orgánicos o la pulpa de papel de desechos agroindustriales, las que

existen trabajan más con papeles reciclados, razón que se debe aclarar es que este proceso disminuye la calidad de la fibra en la elaboración de papel. Con los niveles altos de contaminación se innova los procesos productivos van encaminados al uso de desechos vegetales como alternativas para obtener celulosa en la fabricación de papel, para no afectar la biodiversidad en Ecuador teniendo en cuenta el desecho de los tallos de maíz y cáscaras de plátano sin realizar algún valor agregado, por esta razón en la investigación se utilizará éstos residuos que son fibras vegetales o celulósicas, para la elaboración de papel artesanal, analizando su composición química, empleando los métodos químicos de Jayme-Wise con la determinación del contenido de Holocelulosa, Kurshner y Hoffner para el contenido de celulosa y lignina, finalmente evaluando propiedades físicas del papel artesanal las cuales con: humedad, cenizas, espesor y porosidad, al igual las propiedades mecánicas que son: resistencia a la tensión, explosión y al rasgado del producto final obtenido para su clasificación al tipo de papel artesanal que pertenece en su utilización.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Se considera materia prima a ciertas plantas que contienen fibras no maderables para la elaboración de papel, tal que en esta investigación se ha tomado en cuenta las cáscaras de plátano y los tallos de maíz que actualmente se consideran como desechos, pero estas podrían ser utilizadas de la mejor manera para la obtención de papel artesanal.

Como se ha podido mencionar dentro del planteamiento del problema se podrá verificar el tipo de papel artesanal que se obtendrá a base de estos residuos con un procedimiento más sustentable, evitando la continua tala de árboles que provoca la deforestación y afectando el medio ambiente, que no ha sido controlada y concientizada por el gran crecimiento de la industria papelera.

Con la presente investigación se podrá encontrar métodos que no solo las fibras maderables serán utilizadas en la elaboración de papel, sin la necesidad que influyan en contra del medio ambiente, buscando responsabilidad social, en formar mejor imagen y reputación de una empresa, planteando la utilización de otras materias primas tales como los residuos vegetales que contengan fibras celulósicas, incentivando al medio actual para la elaboración de papel como un material más ecológico y renovable.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Utilizar los residuos como los tallos de maíz (*Zea Mays L*) y cáscaras de plátano (*Musa Paradisiaca L*) como fibra vegetal para la elaboración del papel artesanal empleando los métodos químicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición química de la materia prima que son los tallos de maíz (*Zea Mays L*) y cáscaras de plátano (*Musa Paradisiaca L*), utilizando el método de Jayme-Wise en la determinación del contenido de lignina y el método de Kurshner y Hoffner para el contenido de celulosa.
- Evaluar las propiedades físicas, propiedades mecánicas del producto final y clasificarlo de acuerdo al tipo de papel artesanal existente.

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

2.1. REDACCIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

En la investigación “**Elaboración de papel a base de residuos de banano**”, realizado por Andrea Cortez vio la necesidad de aprovechar recursos alternativos en la producción de papel ecológico utilizando residuos o desechos del banano para reducir el impacto negativo al medio ambiente, esta investigación se enfoca en planificar y administrar una empresa que elabora papel, ya que en Ecuador la producción de banano es de mayor cantidad que otros frutos. El plan de negocios es adecuado incluyendo canales de distribución, comercialización, logística y producto de consumo masivo.

Esta investigación se trabaja con la fabricación y comercialización de papel a base de residuos de banano, dando a conocer el proceso de elaboración de papel artesanalmente y el estudio de mercado, dando la factibilidad de elaborar papel. (Vega, 2014)

La investigación con el título “**Estudio de factibilidad para la elaboración y comercialización de papel de fibra de banano**” siendo autor el Ing. Darwin Gaona, menciona que los procesos económicos garanticen cumpliendo las Normas ISO y que a nivel mundial el consumo de papel es de 115 millones de hojas anuales, lo cual busca nuevas alternativas que minimice el papel a base de la celulosa de los árboles, investigando la productividad del banano en el cantón Pasaje, dando así fuentes de empleo por la cadena de comercialización generando riqueza económica.

Para el desarrollo de esta investigación se emplean métodos teóricos, empíricos y estadístico como plan de negocios y su tipo de investigación fue no experimental dando solo encuestas de consumo, preferencia del papel, utilización, la compra y presentación. En el estudio técnico presenta los componentes de la fibra, aglutinantes y las cargas, que debe pasar por varios procesos el tallo de banano ya que son gruesas, al final obtiene expectativas de elaborar 360000 resmas al año. (Medina, 2015)

Con la investigación de “**Normalización del proceso de elaboración de papel artesanal a partir de tallos de maíz (*Zea Mayze*)**” siendo el autor Mauricio Torres, nos da a conocer de las fibras vegetales agroindustriales que involucran en la fabricación de papel,

su clasificación y usos. Teniendo en cuenta la cantidad de celulosa de la materia prima utilizando tratamientos mecánicos y químicos en el proceso general del papel, concentrándose en la pulpa y la cantidad de agua, determinando la temperatura y tiempo del secado para un grosor uniforme y mejor resistencia en pruebas de impresión, tensión y al rasgado manual. (Uribe, 2000)

Con la investigación titulada “**Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña (*Ananas comosus L. Merr*)**” realizado por Maricela Hernández, se caracterizan la materia prima de la fibra de la corona de piña de dos variedades para la elaboración de papel artesanal con mezclas de pulpa Kraft, menciona a las fibras vegetales de otros cultivos que no son maderables para reducir la deforestación, dando alternativas de producción y empleo. Esta investigación determina la composición físico químico de la materia prima como la humedad, ceniza, extraíbles, fibra, holocelulosa, celulosa y lignina, al igual que la calidad de pulpa, número de Kappa, longitud de fibra, las propiedades físicas de espesor, gramaje, porosidad, propiedades ópticas de blancura, opacidad, rasgado y propiedades mecánicas del papel como la resistencia a la explosión, al rasgado, a la tensión y al dobléz del papel artesanal. (Ortega M. H., 2008)

De acuerdo a la investigación “**Valuación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel**”, que sus autores son Krystle González, Dayra daza, Paola Caballero y Chadae Martínez, evalúan propiedades químicas en contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, de diferentes residuos orgánicos muy pocos aprovechados, sus propiedades físicas en densidad y humedad, basadas en la Norma ASTM y TAPPI. Esta investigación selecciona 21 residuos de los mercados, cultivos y fruterías de la ciudad de Bogotá, de las cuales el vástago de plátano y los tallos de maíz tienen valores por encima del 40% en contenido de celulosa, 30 % en lignina, reemplazando la madera en la producción de papel, desarrollando potencialmente el uso de residuos que facilitan su proceso, también depende de la absorción de agua, su consistencia y la facilidad de elaborar papel con procesos mecánicos o químicos. (González, Daza, Caballero, & Martínez, 2016)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. PLÁTANO

2.2.1.1. BOTÁNICA SISTEMÁTICA

Tabla 1. Botánica Sistemática del Plátano

Botánica Sistemática del Plátano	
Reino	Plantae
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musáceae
Género	Musa
Nombre Científico	<i>Musa Paradisiaca L</i>

Fuente: (Tigasi, 2017)

2.2.1.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Según (Rosales, 2012), es una planta herbácea, cuyo fruto es para alimentación humana, que por su tamaño y apariencia tiene un aspecto de árbol, cultivada inicialmente en el trópico húmedo de la costa africana hasta Sudamérica.

- **Tallo:** órgano subterráneo con caracteres de rizoma y bulbo, formando cilindros rodeados de muchas capas protectoras que emergen raíces, hojas y flores.
- **Inflorescencia:** bastante compleja con un sistema foliar, brácteas de color rojo, con flores hermafroditas, siendo dominancia femenina en las últimas brácteas y las primeras que repliegan son dominancia masculina.
- **Raíz:** al emerger son tiernas, de color blanco y posteriormente son duras, gruesas y carnosas que ramifican lateralmente alcanzando una profundidad de 20 a 30 cm.
- **Hojas:** se producen en el punto central o meristemo terminal situado en el rizoma, cubriendo cierta altura en forma de cigarro. Son hojas grandes, verdes y espirales de 2 a 4 m de largo con 1,5 m de ancho, teniendo el elíptico alargado, ondulado y glabro.
- **Fruto:** es una baya oblonga, que se doblan geotrópicamente según su peso, en forma de racimos conteniendo de 5 a 20 manos, cada uno de 2 a 20 frutos, siendo su color amarillo verdoso o amarillo rojizo. (Ecured, 2012)

El banano (*Musa Paradisiaca L*) es una planta de la familia de las musáceas que está presente principalmente en países tropicales. Dentro de la industria platanera se produce residuos vegetales en grandes cantidades, que solamente es aprovechada el fruto. El resto de la planta como hojas, tallos, el pinzote y principalmente sus cáscaras que se deshecha en cada recolección. Existe más elaboraciones de papel a base del pinzote ya que es una parte de la planta con buena densidad de fibra.

2.2.2. MAÍZ

De acuerdo a (Edison, 2014), originalmente en Ecuador el cultivo de maíz inicio hace más de 6500 años, según las investigaciones ejecutadas mediante muestras de tierras de fitolitos, declaran que el cultivo de la gramínea fue situado en la provincia de Santa Elena y los antiguos habitantes desarrollaron la horticultura incipiente del maíz.

2.2.2.1. BOTÁNICA SISTEMÁTICA

Tabla 2. Botánica Sistemática del Maíz

Botánica Sistemática del Maíz	
Reino	Plantae
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Zea
Nombre Científico	<i>Zea Mays L</i>

Fuente: (Edison, 2014)

2.2.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Según (Guacho, 2014) El maíz es una planta de porte robusto con un desarrollo fácil, de producción anual.

- **Raíces:** son fasciculadas que aporta un anclaje perfecto a la planta sobresaliendo nudos secundarios o adventicios a nivel del suelo.

- **Tallo:** con forma simple de caña, su interior es erguido y compacto, con una longitud de unos 4 metros de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones.
- **Hojas:** son largas, alternas, con nervios paralelos y de gran tamaño, estas abrazan al tallo, con presencia de vellosidad en el haz que son muy afilados y cortantes en los extremos de las hojas.
- **Inflorescencia:** planta monoica que presenta una flor compuesta de dos inflorescencias, una masculina y una femenina. La inflorescencia masculina es una panícula que posee entre 20 a 25 millones de espigas laterales con una coloración amarilla, aloja varias espiguillas, desarrollando el polen en los estambres filamentosos que posee, mientras que la inflorescencia femenina son mazorcas fecundadas por el polen, siendo así las semillas, cubiertas por hojas de color verde, terminando con una especie de espigón de color amarillo oscuro, formado por estilos. (Guacho, 2014)
- **Grano:** es duro, cubierto por el pericarpio, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano, en su interior está el endospermo y el germen. (Edison, 2014)

El maíz tiene un tallo de 2,4 metros de altura media, que aporta la mayor parte de fibra celulósica, que consiste en haces vasculares de la medula interna y ésta transporta líquidos dentro de la planta, aportando la opacidad en el papel. En Estados Unidos, se extrae el tejido medular, para la fabricación de celuloide, pulpa de papel, aislantes de refrigeradores, tuberías de vapor, calderas y celdas secas para almacenamiento de baterías.

2.2.3. PAPEL

El papel es un material elaborado a partir de una pasta de fibras vegetales sometidas a procesos de molienda, blanqueado, desleído en agua, secado y obteniendo unas delgadas laminas principalmente para la escritura, entre otras cosas.

2.2.3.1. PRECEDENTES DEL PAPEL

Según (Teschke, 2014) describe que, antiguamente se trazaba en papiro comenzando en el Antiguo Egipto, era un producto vegetal común en las riberas del Río Nilo. Tiempo después en Europa se comenzó a utilizar el pergamino, que fueron hechas de pieles de cabra o carnero, tratadas que absorbían la tinta, pero este proceso era costoso, a comienzos del siglo VII se procedió a borrar y reescribir lo escrito en los pergaminos conociéndose los palimpsestos, dando un efecto negativo a unas obras inestables.

Del siglo XIX al XX como años de cambios se patentaron las primeras máquinas continuas, mientras que los primeros métodos en obtener la pasta de madera fueron en los años 1844 y 1884, donde la fuente de fibra era más abundante a comparación de los trapos o las hierbas, este método a parte de la fricción mecánica se necesitaba la utilización de químicos a base de sosa caustica, sulfitos y sulfatos, dando así a la fabricación moderna de pasta y papel.

La industria papelera actualmente tiene dos sectores comparando a los tipos de producto fabricado. Generalmente la pasta es situada en grandes fábricas donde se recolecta la fibra de las cuales se fabrica papel, cartón o las distintas operaciones situados cerca de los centros de consumo o comercialización, pasando a ser integradas a compañías de productores forestales.

2.2.3.2. CLASIFICACIÓN DEL PAPEL

Dependiendo al método que se procesa obtenemos los diferentes tipos de papel.

Papel sulfito: papel satinado o alisado que contiene más del 40% en peso total fibras de madera obtenida por el procedimiento químico al sulfito. Es de color blanco translúcido, resistente a las grasas, menos resistencia al rasgado. (CAPA, 2019)

Papel sulfurizado: pergamino vegetal, obtenido papel de calidad tras un baño de ácido sulfúrico durante algunos segundos, hidrolizando la celulosa en materia gelatinosa, que se lava y se seca, para obtener un papel más resistente. (CAPA, 2019)

Papel siliconado: recubierto parcialmente por silicona, aproximadamente 1g de silicona por metro cuadrado de papel. Utilizado en chicles y caramelos.

Dependiendo a la textura obtenida existen estos tipos de papel.

Papel Kraft: compuesto de celulosa al sulfato en pequeños porcentajes, refinado a base de laminaciones con aluminio, plástico y multicapas de otros materiales para su resistencia, se emplea en confección de sacos y papel de empaquetar.

Papel periódico: utilizados para la imprenta, más económico, compuesto de un 70% de pasta mecánica y menos de 20% en cola para hacerlo absorbente de tintas, su contenido de acidez lo hace autodestructivo.

Papel bond: es bueno para cualquier impresión y escritura, elaborado a partir de pastas químicas. Su color es blanco muy vivo en toda su extensión.

Papel tissue: papel fino, flexible, no abrasivo, utilizado como papel sanitario, pañuelos o papel especial para uso en la limpieza o protección de objetos delicados.

Papel ófset: estucado por las dos caras del papel, siendo apreciado en las impresiones de tipografía, litografía-offset

Papel biblia: papel fino y opaco obtenido a partir de pasta química de lino y algodón, también utilizado en diccionarios, enciclopedias y agendas.

Papel vegetal: se caracteriza principalmente por su textura y transparencia que ayuda a la copia de una imagen. (CAPA, 2019)

Dependiendo al gramaje y su utilización se obtienen diferentes tipos de papel:

Tabla 3. Tipos del papel dependiendo del gramaje

Tipos de papel dependiendo del gramaje	
De 40 a 60 g/m²	utilizado en periódicos.
De 80 a 100 g/m²	papel clásico fotocopias e interiores de oficina
De 90 a 170 g/m²	excelente en folletería y carteles
De 200 a 250 g/m²	impresiones en cartulinas finas, revistas, tapas de libros.
De 250 a 350 g/m²	buenas en tarjetas postales, tarjetas gruesas y carpetas.
De 350 a 450 g/m²	utilizado en cubiertas gruesas de libros y cartones.

Fuente: (PRELO, 2017)

2.2.4. RELACIÓN ENTRE PAPEL INDUSTRIAL Y PAPEL ARTESANAL

2.2.4.1. PAPEL INDUSTRIAL

Es un papel que se realiza a partir de la celulosa de la madera, que se puede obtener diferentes tipos de papel más blanca, de mejor calidad y cada uno de estos dota de la capacidad de disolverse incluso el cartón, tiene alta calidad debido que se añaden sustancias químicas o aditivos aglutinantes que unen sus puentes de hidrógeno. Y cada proceso se realiza a base de equipos industriales tales como el molino o pulper, despatillado, prensas, rebobinadores, enrollador, entre otros. (ADDI, 2015)

2.2.4.2. PAPEL ARTESANAL

Material con estructura porosa, poco uniforme no contiene las propiedades físicas adecuadas, pero está constituido de fibras a partir de pasta de cualquier materia prima celulósica, a través de métodos químicos o mecánicos, que al final la pasta obtenida, se debe escurrir de agua a través de una malla, prensado y secarlo adecuadamente bajo el sol. (ADDI, 2015)

2.2.4.3. RELACIÓN

La pasta de papel se puede obtener de diferentes maneras sean con métodos químicos o mecánicos y la relación de un papel artesanal con un industrial es que la materia prima posee fibras celulósicas, que son disueltas por productos químicos principalmente y así finalmente obtener algún tipo de papel que se han mencionado anteriormente.

2.2.5. FIBRA VEGETAL

Según (Hollen, 2004), describe que la fibra es un suave filamento semejante al cabello, teniendo en cuenta que es demasiado pequeño comparando con su longitud, estas fibras vegetales son componentes útiles en la elaboración de papel, determinando la composición química dentro de su estructura externa e interna, logrando que sus propiedades sean resistentes, elásticos de buena cohesión para su unión.

Originalmente las fibras vegetales se conocieron a partir de las hojas de Agave y Musa, de la cual existen tejidos vegetales esenciales y significativos, investigados que cada parte de la planta se puede obtener fibras, tales como:

- Fibra de semilla que son fibras suaves generadas por la semilla de pelo.
- Fibra del tallo o de la corteza, forman haces fibrosos fuertes que carecen de elasticidad y elongación
- Fibra de hojas denominadas fibras duras por su gran resistencia y durabilidad.

Estas fibras vegetales pueden ser utilizadas directamente de cualquier parte de la planta, para diversos productos agroindustriales dando la importancia económica-social en situaciones políticas y ecológicas, desarrollando una fibra vegetal de calidad en la elaboración de papel artesanal.

2.2.5.1. USO DE FIBRAS VEGETALES NO MADERABLES EN EL PAPEL

Al elaborar papel las fibras vegetales no maderables son muy limitadas, pero se utilizan aquellas materias primas que contengan celulosa en su composición, es decir, fibras vegetales. Cabe mencionar que no hay muchas investigaciones acerca de la fabricación de papel a partir de las materias primas de fibras no maderables que contengan celulosa, por otra parte, se conocen pocos estudios a partir de los desechos agroindustriales como la cascarilla de arroz, el pinzote de plátano y la corona de la piña para obtención de pulpa y papel artesanal.

Por su composición en fibras vegetales no maderables varía según la especie y parte analizada de la materia prima al elaborar papel, de acuerdo a (Chiluiza & Hernández, 2009), lo más importante es la celulosa, pero en su estructura existe otros compuestos como la lignina, holocelulosa y ciertos extractos en cantidades menores.

Celulosa: es una pared celular centro de los componentes principales de los árboles y otras plantas, químicamente se constituye de glucosa por moléculas de homopolisacáridos que forman cadenas de polimerización con estructuras de intra e intermoleculares de hidroxilo, siendo resistentes e insolubles en agua. Esta fibra es la materia prima importante para la elaboración de papel.

Holocelulosa: son carbohidratos poliméricos totales de los compuestos de hexosas y pentosas que producen hidrólisis de los azúcares, siendo insolubles en agua y solubles en álcali, difieren de la celulosa por sus ramificaciones y su grado de menor polimerización.

Lignina: sustancia polimérica que actúa como agente cementante de estructura amorfa, de unión para la consistencia y rigidez de la planta, teniendo la capa externa como fibras de enlaces covalentes y puentes de hidrógeno, es insoluble a cualquier solvente orgánico.

2.2.6. MÉTODO DE JAYME-WISE

Es un método ácido con productos químicos de Clorito de Sodio y Ácido acético, en la cual se elimina parcialmente la lignina consiguiendo unas fibras elásticas y fibrosas. Ya que en este método se realiza la cocción a una temperatura de 70 a 80 °C de astillas al igual que la materia prima no maderables de las hojas, tallos o cáscaras.

Antiguamente se utilizaba el carbonato sódico para elaborar papel, pero al ser muy costoso se sustituyeron por Hidróxido de Sodio, como una primera etapa para la desintegración de componentes lignocelulósicos y al final por Clorito de sodio en medio

ácido para aclarar la pasta que se obtiene dependiendo los reactivos consumidos, existiendo dos tipos de cocciones. (Maribel Prado, 2012)

- Cocción intensa: se utiliza para obtener un papel claro, limpio y resistente, usados para sobres o papel de hilar.
- Cocción menos intensa: esta es para obtener un papel de color más oscuro y resistente que sirven como papeles para sacos y embalajes.

2.2.7. MÉTODO DE KURSHNER Y HOFFNER

Es un método con sulfito o alcohol en medio ácido que elimina completamente la lignina y las sustancias no deseadas con calor y presión de la sustancia disuelto en agua, a una temperatura de 135 – 140°C.

El proceso es alternando con baños de vapor unas cinco veces para controlar el blanqueo con peróxidos o acetato de sodio. Este sistema disminuye la resistencia, calidad y cantidad de la fibra. (Vanessa Cárdenas, 2009)

Existiendo de igual manera dos tipos de cocciones que el método anterior:

- Cocción intensa: empleada para fabricar papeles higiénicos y sanitarios, y papeles blancos de resistencia limitada.
- Cocción menos intensa: Los papeles obtenidos poseen una calidad media y buenas propiedades de resistencia. Utilizada para crear papeles de embalaje y, mezclada con otras pastas se fabrican papeles para la escritura

2.2.8. TABLAS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL PAPEL SEGÚN NORMAS

2.2.8.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 4. Propiedades físicas

PROPIEDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	NORMA
Gramaje (g/m²)	40	350	INEN 1398
Espesor (mm)	0,05	0,30	INEN 1399 - TAPPI T 411
Porosidad (%)	15	70	TAPPI 460 om-96

Fuente: (Andy, 2020)

2.2.8.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

Tabla 5. Propiedades mecánicas

PROPIEDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	NORMA
Resistencia a la tensión (kN/m)	120	500	ISO 1924-2 TAPPI 494 om-88
Resistencia a la explosión (kPa.m ² /g)	50	1200	ISO 2758 TAPPI 403 om-97
Resistencia al rasgado (mN)	275	-	ISO 1974 TAPPI 414 om-88

Fuente: (Andy, 2020)

2.2.8.3. CUADRO DE REQUISITOS DEL PAPEL KRAFT FORRO REGULAR Y BLANCO

Tabla 6. Requisitos del papel Kraft forro regular y blanco

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Gramaje	g/m ²	40	337	INEN 1398
Humedad	%	5	8,5	INEN 1397
Espesor	Mm	0,05	0,2	INEN 1399
Encolado:				INEN 1400
• Lado liso	gm ²	40	65	
• Lado poroso	gm ²	40	70	
Estallido	KPa	310	931	INEN 1408
Aplastamiento circular (Ring Crush):				
• Longitudinal				INEN 1417
• Transversal	N	245	578	
	N	178	489	

Fuente: (NTE INEN 1428, 1987)

2.2.8.4. CUADRO DE REQUISITOS DEL PAPEL KRAFT MEDIO

Tabla 7. Requisitos del papel Kraft medio

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODOS DE ENSAYO
Gramaje	g/m ²	127	161	INEN 1398
Humedad	%	7	8,5	INEN 1397
Espesor	Mm	0,20	0,30	INEN 1399
Absorción de la gota de agua	S	50	100	INEN 1407
Aplastamiento plano (cóncora)	N	267	--	INEN 1410
Retención en húmedo	%	5	---	INEN 1412
Aplastamiento circular (Ring Crush):				INEN 1417
• Transversal	N	156	---	

Fuente: (NTE INEN 1 429 , 1986)

2.2.8.5. ESPECIFICACIONES DE CARTULINA PLEGABLE

Tabla 8. Especificaciones de cartulina plegable

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODOS DE ENSAYO
Gramaje	g/m ²	200	400	INEN 1398
Humedad	%	6	8	INEN 1397
Espesor	Mm	0,20	0,51	INEN 1399
Absorción de agua (Cobb):	g/m ²	3	6	INEN 1400
• Liso (cada lado)		25	65	
Gota de aceite	S	180	--	INEN 1401

Rigidez:	g-cm			INEN 1409
• Longitudinal		32	225	
• Transversal		18	128	
Lisura Gurley:	s/50cm ³	30	---	INEN 1414
• Liso				
Blancura	FV	77	90	INEN 1423
Desprendimiento de la superficie	Dennison	13	--	INEN 1424

Fuente: (NTE INEN 1431, 1992)

2.2.8.6. REQUISITOS DEL PAPEL PARA CUADERNOS

Tabla 9. Requisitos del papel para cuadernos

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Gramaje	g/m ³	50	--	NTE INEN - ISO 536
Calibre	μm	60	--	NTE INEN – ISO 534
Humedad	%	5	8	NTE INEN – ISO 287
Resistencia a la tensión longitudinal	kN/m	1,8	---	ISO 1924-2
Resistencia al rasgado dirección transversal	Mn	275	---	NTE INEN -ISO 1974
Rugosidad	Unidades de Shelffield	--	200	ISO 8791- 3
Opacidad	%	74	--	ISO 2471
Capacidad de absorción de agua (Cobb)	g/m ²	20	100	ISO 535

Fuente: (NTE INEN 2904, 2015)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **Exploratoria:** se realiza estudios sobre la elaboración de papel artesanal que viene desde ya hace mucho tiempo, se explora algunos proyectos para generar el papel a base de residuos vegetales de los tallos de maíz y cáscaras de plátano obteniendo de la zona 3 principalmente de la ciudad de Riobamba, de los mercados o lugares comerciales en el centro de Riobamba.
- **Descriptiva:** se especifica el tipo de papel, las propiedades físicas y mecánicas del papel artesanal ya elaborado
- **Explicativa:** se utiliza varios residuos vegetales que no son aprovechados en la agroindustria en la elaboración de papel artesanal, que se realiza comparaciones de medias según los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del producto terminado.
- **Deductiva:** la efectividad de elaborar papel artesanal a base de residuos vegetales de las cáscaras de plátano y tallos de maíz, utilizando los métodos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner, se caracteriza cada una de las materias primas su composición química, propiedades físicas y mecánicas del papel artesanal obtenido.
- **Inductiva:** según las determinaciones de lignina, Holocelulosa y celulosa, se procederá a la elaboración de papel artesanal utilizando los métodos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner, así calcular las propiedades físicas del papel como el gramaje, espesor y porosidad, al igual que las propiedades mecánicas como la resistencia a la tensión, a la explosión y al rasgado
- **De Campo:** los datos obtenidos como las características físico-químico de la materia prima, así también las propiedades físicas y mecánicas del papel artesanal elaborado de esta investigación se realizó en los laboratorios de control de calidad y la de procesos agroindustriales que se localiza en la Universidad Nacional de Chimborazo, vía guano en el periodo de octubre 2019 – marzo 2020.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. MUESTREO

La selección de materias primas para esta investigación como los tallos de maíz (*Zea Mays L*), son de la ciudad de Riobamba principalmente del mercado Esperanza y del mercado de las Hierbas, mientras que las cáscaras de plátano (*Musa Paradisiaca L*), se adquirió de los mercados San Alfonso y Dávalos. Las muestras seleccionadas de las materias primas son verdes sin dejarlas secar, cortada en trozos, pesadas en cierta cantidad de manera aleatoria con las unidades de códigos establecidos para realizar sin ningún contratiempo en cada análisis y en elaborar papel artesanal

3.2.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.2.1. DETERMINACIÓN DE COMPONENTES QUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA

Tabla 10. Unidad de análisis de la materia prima

ANÁLISIS	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Humedad	NTE INEN – 0518	Estufa a 105°C. Se determina por diferencia de pesos.
Ceniza	NTE INEN – 0520	Mufla a 550°C. Se determina por diferencia de pesos.
Extracto etéreo	NTE INEN – 0523	Método de Soxhlet. Se determina por diferencia de pesos
Fibra	NTE INEN – 0522	Residuos insolubles por extracción. Se determina por diferencia de pesos.
Holocelulosa	Método de Jayme-Wise	Término total de hemicelulosa y celulosa en medio ácido, que degrada la lignina y clarifica la muestra. Se determina por diferencia de peso.

Lignina	Norma TAPPI 222 om –88	Hidrólisis en dos etapas: ácido sulfúrico al 72% y al 4%, que rompe los oligómeros en monosacáridos.
Celulosa	Norma TAPPI 203 om –88	Fracción soluble, restante de la holocelulosa que precipita en una solución ácida.

Fuente: (Ortega M. H., 2008)

Elaborado por:(Lucía Andy, 2020)

3.2.2.2. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL PAPEL ARTESANAL ELABORADO

Tabla 11. Unidad de análisis de las propiedades físicas y mecánicas del papel

PROPIEDADES	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Humedad	NTE INEN 1397	Termobalanza. Perdida de peso al secado expresado en porcentaje de la masa inicial.
Cenizas	Norma TAPPI 211 om-85	Se quema ligeramente, luego a mufla 515°C, se calcula por diferencia de peso.
Gramaje	NTE INENE 1398	Peso en gramos por metros cuadrados del papel.
Porosidad	Norma TAPPI 460 om-02	Permeabilidad del aire o grado de poros en el papel. Medido en aparato Gurley.
Resistencia a la Explosión	Norma TAPPI 403 om-97	Cantidad de presión para romper una hoja. Medido en el equipo de Mullen.
Resistencia a la Tensión	Norma TAPPI 494 om-88	Carga divergente en una tira de papel hasta que se

Resistencia al Rasgado	Norma TAPPI 414 om-88	rompa: medido en el equipo universal de tensión/tracción. Gramos fuerza que provoca el rasgado aplicando una carga hasta romperse.
-------------------------------	-----------------------	---

Fuente: (Andy, 2020)

Tabla 12. Materiales, equipos y reactivos

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Vasos de precipitación	Equipo de Soxhlet	Ácido sulfúrico
Erlenmeyer	Equipo de Fibra	Hidróxido de sodio
Pipetas	Cámara de flujo laminar	Hexano
Probetas	Estufa	Clorito de sodio
Varilla	Mufla	Sulfito de Sodio
Cuchillos	Aparato de Gurley	Ácido acético
Buretas	Equipo universal de Tensión	Dicromato de potasio
Cápsulas	Equipo de Mullen	Ferroín
Cápsulas de gooch	Equipo de Elmendorf	Sulfato de amonio ferroso
Lana de vidrio		Peróxido de Hidrógeno
Cartuchos		Cloro
Pinzas		
Espátulas		
Tabla		
Cedazo		
Tela		
Guantes		
Molde de madera		

Fuente: (Andy, 2020)

3.2.2.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se consideran las siguientes unidades para la elaboración de papel artesanal:

Tabla 13. Códigos en la elaboración de papel.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
CP1-MJW	Las cáscaras de plátano con el Método de Jayme-Wise
CP2-MKH	Las cáscaras de plátano con el Método de Kurshner y Hoffner
TM1-MJW	Los tallos de maíz con el Método de Jayme-Wise
TM2-MKH	Los tallos de maíz con el Método de Kurshner y Hoffner

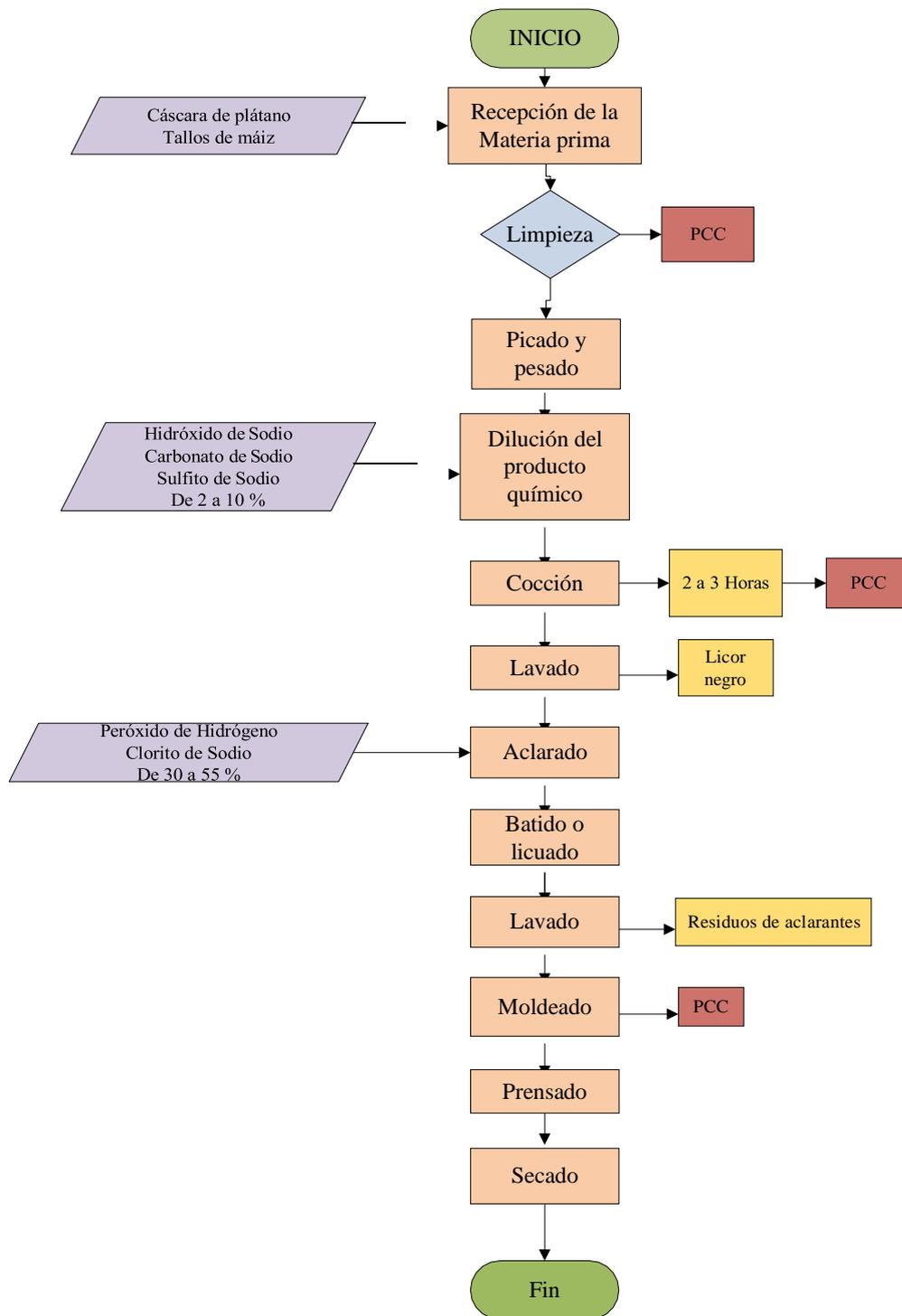
Fuente: (Andy, 2020)

Según (Uribe, 2000), se utiliza 4% en peso de químico en 2 kg de materia prima con 5 litros de agua. En el presente trabajo se utilizó 5% en peso de químico en 200 g de materia prima con 400 ml de agua para los dos métodos.

Todos los tratamientos descritos anteriormente, se desarrolla por triplicado.

3.2.2.4. Elaboración general del papel

Ilustración 1. Diagrama de proceso en la elaboración general del papel



Fuente: (Chiluiza & Hernández, 2009)

Elaborado por: Lucía Andy, 2020

3.2.2.5. Descripción del proceso en la Elaboración general del papel

Recepción de la materia prima y limpieza

Se verifica la cantidad de materia prima, que no estén secas ni con podredumbre en las cáscaras de plátano y los tallos de maíz, se controla manualmente la presencia de algún insecto y eliminar impurezas, se verifica el estado de madurez de la materia prima, se retira las hojas de los tallos y el fruto de las cáscaras.

Picado y pesado

Tanto las cáscaras de plátano y tallos de maíz se cortan en trozos pequeños para facilitar su cocción, la cantidad que se utiliza es de 200 gramos.

Dilución del producto químico

En este proceso se toma 5% en peso del químico ya sea por cada método el Hidróxido de Sodio y Sulfito de Sodio por los 200 gramos de materia prima en 400 mililitros de agua.

Cocción

Una vez mezclada la solución con la materia prima el tiempo de cocción es con una temperatura de 80 - 90°C, durante 2 a 3 horas, verificando si los trozos se deshacen al frotar con los dedos utilizando guantes.

Lavado

El bagazo cocinado resulta quebradizo, se lava para retirar el licor negro y los materiales higroscópicos que produce el químico, hasta que el agua sea transparente o tener un pH de 8 o 7.

Aclarado

El bagazo o la pulpa lavada tiene un color obscuro o marrón, se añade peróxido de hidrógeno o cloro para tener de un color perla o amarillo claro.

Batido o licuado

Una vez aclarado la pulpa, ésta se procede a fibrilar para aumentar la unión entre fibras, en la licuadora industrial, esto permite que la fibra sea pequeña para facilitar que los haces fibrosos de celulosa no se disipen de manera quebradiza en el moldeo.

Lavado

Este segundo lavado es para retirar residuos de los blanqueadores utilizados, hasta obtener una pasta uniforme.

Moldeado

Es un proceso delicado en el molde junto a un tanque con abundante agua, donde la pasta se sedimenta en el molde, agitando horizontal y verticalmente con movimientos rápidos y se levanta con cuidado para que la pasta quede uniforme.

Prensado

Según al molde de madera, primero se retira un poco de agua con un paño absorbente y colocar un peso significativo hasta que retire la mayor cantidad de agua o se realiza con un prensador de formación de hojas.

Secado

Se cuelga la hoja hasta que se seque al aire libre y al sol durante dos días, no hay necesidad que este en sombra, ya que no influye al color del papel.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Se aplicó un programa estadístico Infostat y hojas de cálculo excel para los diferentes análisis de varianza y prueba de Tukey.

4.1.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

Tabla 14. Análisis exploratorio de datos de la cáscara de plátano

CÁSCARA DE PLÁTANO (<i>Musa Paradisiaca L</i>)							
MUESTRAS	Humedad	Cenizas	Extracto	Fibra	Lignina	Holocelulosa	Celulosa
	(%)	(%)	etéreo	(%)	(%)	(%)	(%)
			(%)				
R1	81,56	7,64	4,78	9,76	26,94	63,19	63,53
R2	81,55	7,66	4,76	9,71	26,91	63,20	63,77
R3	81,49	7,67	4,74	9,73	26,93	63,14	63,79
R4	81,53	7,62	4,76	9,70	26,96	63,22	63,55
\bar{x}	81,53	7,65	4,76	9,72	26,94	63,19	63,66
σ	0,030	0,021	0,016	0,024	0,019	0,036	0,140
C.V	0,000	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,002

\bar{x} Promedio; σ Desviación Estándar; **C.V.** Coeficiente de Variación; **R** Repetición

Fuente: (Andy, 2020)

Según la tabla 14 para la cáscara de plátano se puede observar valores promedios expresados en porcentajes como son: humedad 81.53 %, cenizas 7.65 %, extracto etéreo 4.76 %, fibra 9.72%, lignina 26.94%, Holocelulosa 63.19% y celulosa 63.66%, con una desviación estándar expresado de igual manera en porcentajes: humedad 0.030, cenizas 0.021, extracto etéreo 0.016, fibra 0.024, lignina 0.019, Holocelulosa 0.036 y celulosa 0.140, se toma en cuenta que el Coeficiente de Variación es menor al 5%, lo que se puede atribuir que los datos son aceptables en nuestra investigación.

Tabla 15. Análisis exploratorio de datos de los tallos de maíz.

TALLOS DE MAÍZ (<i>Zea Mays L</i>)							
MUESTRAS	Humedad (%)	Cenizas (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra (%)	Lignina (%)	Holocelulosa (%)	Celulosa (%)
R 1	82,16	6,70	5,23	21,51	33,51	58,14	51,36
R 2	82,15	6,76	5,18	21,49	33,48	58,11	51,30
R 3	82,17	6,84	5,17	21,50	33,47	58,01	51,33
R4	82,13	6,68	5,15	21,53	33,46	58,09	51,32
\bar{x}	82,15	6,74	5,18	21,51	33,48	58,09	51,33
σ	0,017	0,073	0,034	0,021	0,022	0,057	0,027
C.V	0,000	0,011	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001

\bar{x} Promedio; σ Desviación Estándar; **C.V.** Coeficiente de Variación; **R** repetición

Fuente: (Andy, 2020)

Según la tabla 15 para tallos de maíz se evidencia valores promedios expresados en porcentajes como son: humedad 82.15, cenizas 6.74, extracto etéreo 5.18, fibra 21.51, lignina 33.48 %, Holocelulosa 58.09 % y celulosa 51.33%, con una desviación estándar expresada de igual manera en porcentajes, humedad 0.017, cenizas 0.073, extracto etéreo 0.034, fibra 0.021, lignina 0.022, Holocelulosa 0.057 y celulosa 0.027, con un Coeficiente de Variación menor al 5%, lo que se puede atribuir que los datos son aceptables en la investigación.

4.1.2. ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL

4.1.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL ARTESANAL

a. HUMEDAD

Tabla 16. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,24	3	0,41	206,14	<0,0001
Papel artesanal	1,24	3	0,41	206,14	<0,0001
Error	0,02	8	2,00E-03		
Total	1,25	11			

SC suma de cuadrados; **gl** grados de libertad; **CM** Cuadrados medios

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 16 de análisis de varianza, se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,01$) en el modelo; así que los papeles artesanales que se obtuvieron, de acuerdo al contenido de humedad varía según el método de Jayme-Wise como el método de Kurshner y Hoffner con la cáscara de plátano y tallos de maíz. No existe un error dentro de los tratamientos, lo que demuestra reproducibilidad en el análisis.

Tabla 17. Comparación de medias según Tukey para el contenido de Humedad

Papel artesanal	Medias	N	E.E.	
CP2-MKH	5,71	3	0,03	A
CP1-MJW	5,81	3	0,03	A
TM2-MKH	6,37	3	0,03	B
TM1-MJW	6,42	3	0,03	B

Error: 0,0020 gl: 8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey $\alpha=0,05$ DMS (Diferencia Mínima Significativa) = 0,11693

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 17 en comparación de medias según Tukey para el contenido de humedad se observa el papel artesanal de la cáscara de plátano con el método de Jayme-Wise y el Método Kurshner y Hoffner tienen similitud, que pertenecen al grupo A, mientras el papel artesanal de los tallos de maíz con los dos métodos, pertenece al grupo B, siendo esto que entre la humedad del papel de las dos materias primas son distintas, pero con los métodos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner aplicados son similares.

b. CENIZA

Tabla 18. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I) del papel artesanal

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,27	3	1,76	2128,28	<0,0001
Papel artesanal	5,27	3	1,76	2128,28	<0,0001
Error	0,01	8	8,30E-04		
Total	5,27	11			

SC suma de cuadrados; gl grados de libertad; CM Cuadrados medios

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 18 de análisis de varianza, se obtiene una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,01$) en el modelo; así como en los tratamientos, esto nos da a entender que el contenido de ceniza varía a diferentes métodos con la cáscara de plátano y tallos de maíz. No existe un error dentro de los tratamientos, lo que demuestra reproducibilidad en el análisis.

Tabla 19. Comparaciones con medias según Tukey para el contenido de Ceniza

Papel artesanal	Medias	N	E.E.	
CP2-MKH	3,22	3	0,02	A
TM2-MKH	3,27	3	0,02	A
TM1-MJW	4,53	3	0,02	B
CP1-MJW	4,61	3	0,02	C

Error: 0,0008 gl: 8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey $\alpha=0,05$ DMS (Diferencia Mínima Significativa) = 0,07510

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 19 en comparación de medias según Tukey para el contenido de Ceniza se reporta que el papel artesanal de la cáscara de plátano y tallos de maíz con el Método Kurshner y Hoffner pertenecen al grupo A, mientras que el papel artesanal con el Método de Jayme-Wise de los tallos de maíz pertenecen al grupo B, y con las cáscaras de plátano pertenece al grupo C, siendo esto que la ceniza con el método de Jayme-Wise del papel artesanal del tallo de maíz es diferente al de la cáscara de plátano e iguales con el método de Kurshner y Hoffner entre las dos materias primas.

c. GRAMAJE

Tabla 20. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	159,66	3	53,22	187839,29	<0,0001
Papel artesanal	159,66	3	53,22	187839,29	<0,0001
Error	2,30E-03	8	2,80E-04		
Total	159,67	11			

SC suma de cuadrados; gl grados de libertad; CM Cuadrados medios

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 20 de análisis de varianza, se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,01$) en el modelo; así como los papeles artesanales obtenidos, esto nos da a entender que el gramaje varía de la cáscara de plátano y tallos de maíz para el método de Jayme-Wise al igual que el en el método de Kurshner y Hoffner del sulfito de sodio con la cáscara de plátano y tallos de maíz. No existe un error dentro de los tratamientos, lo que demuestra reproducibilidad en el análisis.

Tabla 21. Comparaciones de medias según Tukey del Gramaje

Papel artesanal	Medias	n	E.E.	
TM1-MJW	45,82	3	0,01	A
CP2-MKH	46,41	3	0,01	B
CP1-MJW	53,39	3	0,01	C
TM2-MKH	53,4	3	0,01	C

Error: 0,0003 gl: 8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey $\alpha=0,05$ DMS (Diferencia Mínima Significativa) = 0,04401

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 20 en comparación de medias según Tukey para el gramaje se puede observar que el papel artesanal de los tallos de maíz con el método de Jayme-Wise pertenece al grupo A, a diferencia del mismo método con la cáscara de plátano pertenece al grupo B, mientras que las cáscaras de plátano con el método de Jayme-Wise y los tallos de maíz con el método de Kurshner y Hoffner pertenecen al mismo grupo C.

d. ESPESOR

Tabla 22. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,00E-04	3	2,00E-04	4	0,0519
Papel artesanal	6,00E-04	3	2,00E-04	4	0,0519
Error	4,00E-04	8	5,00E-05		
Total	1,00E-03	11			

SC suma de cuadrados; gl grados de libertad; CM Cuadrados medios

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 22 de análisis de varianza, se puede observar que no existe una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,01$) en el modelo; así como en papeles artesanales obtenidos, con esto nos da a entender que el espesor no varía a diferentes métodos con la cáscara de plátano y tallos de maíz. No existe un error dentro de los tratamientos, lo que demuestra reproducibilidad en el análisis.

e. POROSIDAD

Tabla 23. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	112,68	3	37,56	187793,15	<0,0001
Papel artesanal	112,68	3	37,56	187793,15	<0,0001
Error	1,60E-03	8	2,00E-04		
Total	112,68	11			

SC suma de cuadrados; gl grados de libertad; CM Cuadrados medios

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 24 de análisis de varianza, se puede observar que existe una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,01$) en el modelo; así como en los papeles artesanales realizados, con esto nos da a entender que la porosidad varía a diferentes métodos que se utilizó con la cáscara de plátano y tallos de maíz. No existe un error dentro de los tratamientos, lo que demuestra reproducibilidad en el análisis.

Tabla 24. Comparaciones de medias según Tukey de la porosidad

Papel artesanal	Medias	N	E.E.	
TM1-MJW	17,97	3	0,01	A
CP2-MKH	18,02	3	0,01	B
TM2-MKH	24,11	3	0,01	C
CP1-MJW	24,14	3	0,01	C

Error: 0,0002 gl: 8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey $\alpha=0,05$ DMS (Diferencia Mínima Significativa) = 0,03698

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 25 en comparación de medias según Tukey para la porosidad. Se observa que el papel artesanal de los tallos de maíz con el método de Jayme-Wise pertenece al grupo A, con diferencia de la cáscara de plátano con el método de Kurshner y Hoffner que

pertenece al grupo B, mientras que el papel artesanal de los tallos de maíz con el método de Kurshner y Hoffner no tiene diferencia al método de Jayme-Wise de las cáscaras de plátano que pertenecen al grupo C.

4.1.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAPEL ARTESANAL

a. RESISTENCIA A LA EXPLOSIÓN

Tabla 25. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	914,01	3	304,67	3541,98	<0,0001
Papel artesanal	914,01	3	304,67	3541,98	<0,0001
Error	0,69	8	0,09		
Total	914,7	11			

SC suma de cuadrados; **gl** grados de libertad; **CM** Cuadrados medios

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 26 de análisis de varianza, se puede observar que existe una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,01$) en el modelo; así como en los papeles artesanales obtenidos, con esto nos da a entender que la Resistencia a la explosión varía por el valor del peso por unidad de área y la cantidad de presión utilizada en cada papel de cada método utilizado. No existe un error dentro de los tratamientos, lo que demuestra reproducibilidad en el análisis.

Tabla 26. Comparaciones de medias según Tukey de la Resistencia a la Explosión

Papel artesanal	Medias	N	E.E.	
TM1-MJW	54,86	3	0,17	A
TM2-MKH	55,53	3	0,17	A
CP1-MJW	72,62	3	0,17	B
CP2-MKH	72,66	3	0,17	B

Error: 0,0860 gl: 8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey $\alpha=0,05$ DMS (Diferencia Mínima Significativa) = 0,76686

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 27 en comparación de medias según Tukey para la Resistencia a la Explosión se observa que el papel artesanal de los tallos de maíz del método Jayme-Wise al igual que el de Kurshner y Hoffner tienen valores similares de medias que pertenecen al grupo

A, teniendo diferencia al grupo B que son los papeles artesanales de las cáscaras de plátano que tienen similitud con los dos métodos utilizados.

b. RESISTENCIA A LA TENSIÓN

Tabla 27. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	292,84	3	97,61	300352,09	<0,0001
Papel artesanal	292,84	3	97,61	300352,09	<0,0001
Error	2,60E-03	8	3,20E-04		
Total	292,85	11			

SC suma de cuadrados; gl grados de libertad; CM Cuadrados medios

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 28 de análisis de varianza, se puede observar que existe una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,01$) en el modelo; así en los papeles artesanales elaborados, con esto nos da a entender que la Resistencia a la Tensión varía según a la carga aplicada para el índice de tensión y la elongación del papel artesanal elaborados con los el método de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner, de acuerdo a las fibras celulósicas que contiene la materia prima que es compactada en el proceso de prensado.

Tabla 28. Comparaciones de medias según Tukey de la Resistencia a la Tensión

Papel artesanal	Medias	n	E.E.	
CP1-MJW	119,21	3	0,01	A
CP2-MKH	119,79	3	0,01	B
TM1-MJW	129,36	3	0,01	C
TM2-MKH	129,38	3	0,01	C

Error: 0,0003 gl: 8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey $\alpha=0,05$ DMS (Diferencia Mínima Significativa) = 0,04714

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 29 en comparación de medias según Tukey para la Resistencia a la Tensión se observa que el papel artesanal de la cáscara de plátano utilizando el método de Jayme-Wise pertenece al grupo A, siendo diferente al papel de la cáscara de plátano con el método de Kurshner y Hoffner que pertenece al grupo B, mientras que el papel artesanal

de los tallos de maíz ya sea con el método de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner son similares perteneciendo al grupo C.

c. RESISTENCIA AL RASGADO

Tabla 29. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) para el papel artesanal.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,44	3	5,48	32876,32	<0,0001
Papel artesanal	16,44	3	5,48	32876,32	<0,0001
Error	1,30E-03	8	1,70E-04		
Total	16,44	11			

SC suma de cuadrados; gl grados de libertad; CM Cuadrados medios

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 30 de análisis de varianza, se obtiene valores que existe una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,01$) en el modelo; así como en los papeles artesanales elaborados, esto nos da a entender que la Resistencia al Rasgado varía, de acuerdo al método de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner que se utilizó con las cáscaras de plátano y tallos de maíz. No existe un error dentro de los tratamientos, lo que demuestra reproducibilidad en el análisis.

Tabla 30. Comparaciones de medias según Tukey de la Resistencia al Rasgado

Papel artesanal	Medias	N	E.E.	
CP2-MKH	299,42	3	0,01	A
TM2-MKH	299,45	3	0,01	A
TM1-MJW	301,59	3	0,01	B
CP1-MJW	301,93	3	0,01	C

Error: 0,0002 gl: 8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey $\alpha=0,05$ DMS (Diferencia Mínima Significativa) = 0,03376

Fuente: (Andy, 2020)

En la tabla 31 en comparación de medias según Tukey para la Resistencia al Rasgado se logra observar que el método de Kurshner y Hoffner para el papel artesanal de la cáscara de plátano y tallos de maíz son similares que pertenecen al grupo A, mientras que el método de Jayme-Wise con tallos de maíz pertenece al grupo B es diferente al papel artesanal de las cáscaras de plátano que pertenece al grupo C.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados que se obtuvo de la caracterización físico-químico de la materia prima de los tallos de maíz se compara con (Elizondo, 2018), solo los valores de humedad 12.33%, extracto etéreo 3.47%, ceniza 7.78%, en esta investigación se tiene que el porcentaje de humedad es 81.53%, ceniza 7.65 %, fibra 9.72 %, extracto etéreo 4.75% mientras que los resultados de lignina 26.94%, Holocelulosa 63.19% y celulosa 63.66%, se realiza la comparación con (González, Daza, Caballero, & Martínez, 2016) lignina 11.58%, Holocelulosa 20% y celulosa 50%.

Los valores en esta investigación tienen una diferencia significativa con las dos investigaciones ya que nuestra materia prima es fresco, verde, el método utilizado para los análisis es de un alimento y no específicamente para cáscaras o tallos de una planta. Por lo tanto, en la investigación para la elaboración de papel está relacionado con los valores de fibra y celulosa que contiene cada materia prima, principalmente la celulosa, que se realiza papel, degradándole con un componente químico, en este caso es hidróxido de sodio y el sulfito de sodio.

Al igual los valores de la cáscara de plátano se determinó un alto valor de fibra 21.51%, que se comparan con (Afanador, 2005) una fibra de 4.20%, en la determinación de lignina con 33,48% y celulosa de 51.33 %, son valores altos al ser comparados con (Lesly Tejeda Benítez, 2014) de lignina 18.11% y celulosa 20.90%. Estos porcentajes son diferentes porque la materia prima analizada es verde y fresca. No existen investigaciones recientes sobre las cáscaras de plátano detallando los valores físicos-químicos por lo cual se determina en esta investigación: humedad 82.15%, ceniza 6.74%, extracto etéreo 5.18%, y holocelulosa 58.09%.

El papel artesanal como producto final de las cáscaras de plátano y de los tallos de maíz con los métodos utilizados en este trabajo no se comparan con investigaciones o artículos científicos, ya que no existen actualmente, por tal razón, se comparó las medias entre sí con normas técnicas NTE INEN y Normas TAPPI.

Por lo tanto el papel artesanal en el porcentaje de humedad menor es CP2-MKH (La cáscara de plátano con el método de Kurshner y Hoffner) de 5.71 %, en mayor porcentaje es TM1-MJW (los tallos de maíz con el método de Jayme-Wise) de 6,42%, se contrasta con la Norma INEN 1397 para forro Kraft blanco se encuentra que el límite mínimo es

de 7%, y esto quiere decir que el papel no tiene mucha humedad como lo quiere la norma, ya que para esta investigación el papel elaborado fue secado a sol y a vapor.

El porcentaje mínimo de cenizas 3.22% es en el papel CP2-MKH (Las cáscaras de plátano con el método de Kurshner y Hoffner), en mayor porcentaje se tiene en el papel CP1-MJW (las cáscaras de plátano con el método de Jayme-Wise) de 4.61%, estos valores dependen de la materia orgánica que existe en las cáscaras de plátano por la cantidad que se utiliza en elaborar papel artesanal.

El espesor del papel artesanal obtenido en esta investigación, depende en el proceso de prensado y cuanta pasta de materia prima se utiliza en el molde de madera, por tanto, se obtiene un papel más fino de CP2-MKH (las cáscaras de plátano con el método de Kurshner y Hoffner) con 0.05 mm.

El gramaje del papel que se obtuvo fue de 45.82 g/m² hasta 53.4 g/m² que están dentro de los parámetros de la Norma INEN 1428, que el papel artesanal TM1-MJW (los tallos de maíz con el método de Jayme-Wise) pesa menos en metros cuadrados que el papel artesanal TM2-MKH (los tallos de maíz con el método de Kurshner y Hoffner).

Los valores que se obtuvo de la porosidad el papel más poroso es TM1.MJW (los tallos de maíz con el método de Jayme-Wise) con 17.97 % y menos poroso el papel artesanal CP1-MJW (las cáscaras de plátano con el método de Jayme-Wise) de 24.14%, entre más porcentaje tenga el papel es menos poroso. El papel que se elaboró es más poroso por que las fibras vegetales del maíz no se compactan tan bien como el papel obtenido de las cáscaras de plátano.

Según la Norma TAPPI 403 om-97, los valores que se reportan en esta investigación están dentro de los parámetros establecidos, ya que se tiene como resistencia mínima a la explosión de 54.86 kPa.m²/g, en el papel artesanal TM1-MJW (los tallos de maíz con el método de Jayme-Wise), a diferencia del papel artesanal CP2-MKH (la cáscara de plátano con el método de Kushner y Hoffner), que tiene una resistencia máxima de 72.66 kPa.m²/g a la explosión.

En la propiedad mecánica de la resistencia a la tensión es comparada con la Norma TAPPI 494 om-88, siendo que el papel artesanal menos resistente es CP1-MJW (las cáscaras de plátano con el método de Jayme-Wise) con 119.21 kN/m, mientras que el papel artesanal más resistente es TM2-MKH (los tallos de maíz con el método de Kurshner y Hoffner)

con 129.38 kN/m, estos valores están dentro de los parámetros que se establece en esta norma.

De acuerdo a la Norma TAPPI 414 om-88, los valores obtenidos en la resistencia mínima al rasgado del papel artesanal de 299.42 mN, es CP2-MKH (las cáscaras de plátano con el método de Kurshner y Hoffner), es más resistente las fibras compactadas CP1-MJW (las cáscaras de plátano con el método de Jayme-Wise) con 301.93 mN, que están dentro de los parámetros que se establece por la norma.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se utilizó los residuos de los tallos de maíz (*Zea Mays*) y cáscaras de plátano (*Musa Paradisiaca*) en la elaboración de papel artesanal mediante los métodos químicos de Jayme- Wise, Kurshner y Hoffner, de la cual, se analizó la materia prima para demostrar la cantidad de celulosa que tiene cada uno, siendo que se elabora diferentes tipos de papel según la cantidad de fibra vegetal, en esta investigación se obtuvo un 63,66 % de celulosa en las cáscaras de plátano y un 51,33% en los tallos de maíz siendo óptimos para elaborar papel artesanal.
- El papel que se obtuvo por el método de Jayme-Wise de la cáscara de plátano se considera como un papel vegetal útil para la copia de imagen, de acuerdo con los valores que se calculó en gramaje 53,39 g/m² es útil como bolsas de alimentos. Según las propiedades mecánicas de este papel con 72.62 kPa.m²/g, 119.79 kN/m, se considera no resistente y frágil, para el uso en bolsas de papel.
- Se tiene el papel artesanal con el método de Kurshner y Hoffner de la cáscara de plátano, que tiene similitud con un papel cartulina, teniendo un gramaje de 45.82 g/m², teniendo en cuenta que el color es igual al periódico porque no tiene un blanqueamiento total del papel, según las propiedades mecánicas concretamos que no es tan resistente a su elongación, pero es bueno para copia de imágenes y la escritura.
- El papel artesanal que se elaboró de los tallos de maíz con el método de Jayme-Wise (TM1-MJW), presenta buenas propiedades físicas y mecánicas con una humedad de 6.42 %, ceniza 4.53 %, gramaje 45.82 g/m², espesor 0.06 mm, porosidad 17.97 %, resistencia a la explosión 54.86 kPa.m²/g, resistencia a la tensión 129.36 kN/m, resistencia al rasgado 301.59 mN, similar a un papel periódico, del igual manera con el método de Kurshner y Hoffner, útil para impresiones, escrituras o dibujos, se comparó con el papel Kraft Blanco por su gramaje, su gran resistencia y absorción de agua, se puede utilizar como bolsas de guardar alimentos como pastas, semillas y productos relacionados con la misma.

5.2. RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar papel artesanal en primer lugar, se determina la cantidad de celulosa que tiene la materia prima a utilizar y seguir los procedimientos adecuados en la caracterización físico químico para obtener datos verídicos.
- Utilizar adecuadamente la cantidad de sustancias químicas en la elaboración de papel artesanal, según el método o la materia prima que se va a utilizar, así al final obtener un papel artesanal de calidad y útil para diferentes situaciones.
- Realizar papel artesanal de diferentes residuos vegetales, para evitar la deforestación y perjudicar el ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADDI. (2015). *Archivo Digital Dodencia e Inevstigación (ADDI)*. Obtenido de addi.ehu.es-El Papel-: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/4-%20Cap%C3%ADtulo%20I.%20Las%20enzimas.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Afanador, A. M. (2005). Ingeniera Ambiental, EIA. Investigadora. *EL BANANO VERDE DE RECHAZO EN LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL CARBURANTE*. Grupo de Investigación Gabis -Gestión del Ambiente para el Bienestar Social-.
- CAPA. (2019). *Cámara Argentina del Papel y Afines (CAPA)*. (F. Justo, Editor, & R. Jürgensen, Productor) Obtenido de Aplicaciones de los tipos de papel: https://www.camarapapel.org.ar/condiciones_uso.php
- Castillo-Tumaille, Isaac, G., Espinoza-Espinoza, & Nataly, W. (2010). Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias. *Revista Científicas de América Latina. Redalyc. org*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215052403005.pdf>
- Chiluiza, C., & Hernández, J. (2009). Ingeniero Agroindustrial. *Elaboración de Papel artesanal de Caña de guadua (Guagua angustifolia K)*. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1901/1/CD-2457.pdf>
- Dirección de Censos y Demografía. (Junio de 2008). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Obtenido de DANE: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefvariacion.pdf
- Ecured. (4 de Octubre de 2012). *Ecured*. Obtenido de Ecured : <https://www.ecured.cu/Pl%C3%A1tano>
- Edison, G. (2014). Caracterización Agro-Morfológica del Maiz (*Zea mays L.*) de la Localidad de San Jose de Chazo. *Tesis de Ingeniero Agrónomo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793%20.pdf>
- Elizondo, J. A. (2018). *Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas*. Universidad de Costa Rica.
- Gaibor, S. L. (2018). Ingeniera Química. *Optimización del proceso de Elaboración de papel tissue en la fábrica de papel higiénico del valle Favalle CIA.LTDA*. Universidad Autónoma Chapingo, Riobamba.
- González, K., Daza, D., Caballero, P., & Martínez, C. (2016). *VALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS A EMPLEARSE EN LA ELABORACIÓN DE PAPEL*. Universidad de Caldas Colombia. Obtenido de www.redalyc.org/articulo.oa?id=321745921021

- Guacho, E. (2014). Caracterización agromorfológica del Maiz (*Zea Mays L*) de la localidad de San Jose de Chazo. *Tesis de Ingeniero Agrónomo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793%20.pdf>
- Hollen, N. (2004). Introducción a los textiles. *Ingeniería, Técnica y Ciencias Exactas*.
- Imba, E., & Tallana, L. (2011). Aceptabilidad del bagazo de caña, rastrojo de maíz y tamo de cebada en bloques nutricionales como remplazo del maíz en cobayos de engorde (*Cavia porcellus*) en la granja la Pradera-Chaltura. *Tesis Ingeniería Agropecuaria*. Universidad Técnica del Norte., Imbabura, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/778/3/03%20AGP%20130%20TESIS.pdf>
- INEC. (2019). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), 2018. *III Censo Nacional Agropecuario*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion%20de%20principales%20resultados.pdf
- Intriago, L. M. (2018). Ingeniero en Recursos Naturales y Ambientales. *Propuesta de Fabricación de hojas de papel a partir de residuos de plátanos (*Musa Paradisiaca*) como alternativa ecológica a la tala de árboles*. Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Manta. Obtenido de <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1819/1/ULEAM-RNA-0031.pdf>
- Lesly Tejada Benítez, C. T. (2014). Docente de planta del programa de Ingeniería Química. *ESTUDIO DE MODIFICACIÓN QUÍMICA Y FÍSICA DE BIOMASA (*Citrus sinensis* Y *Musa paradisiaca*) PARA LA ADSORCIÓN DE METALES PESADOS EN SOLUCIÓN*. Luna Azul (39),124-142.
- Lopez, R. (2008). Productos forestales no maderables: Importancia e impacto de su aprovechamiento. *Revista Colombia Forestal*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v11n1/v11n1a14.pdf>
- Maribel Prado, J. A. (2012). Departamento química de Madera y pulpa . *Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta*. Universidad de Guadalajara , Mexico. Obtenido de <file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-CaracterizacionDeHojasDeMazorcaDeMaizYDeBagazoDeCa-4116780.pdf>
- Medina, D. E. (2015). Estudio de factibilidad para la elaboración y comercialización de papel de fibra de banano. *Magister en gerencia y mercadeo agropecuario*. Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8146/1/TESIS%20DARWIN%20GAONA.pdf>
- Minaya, C., Galarreta, G., Símpalo, W., Bonifacio, N., & Miñan, G. (2018). Ingeniería Industrial. *47YACHAQELABORACION DE PAPEL BIODEGRADABLE A*

- PARTIR DE HOJAS DE MAIZ BLANCO (Zea mays L).* Universidad Cesar Velljo, Chimbote, Perú. Obtenido de <https://revista.uct.edu.pe/index.php/YACHAQ/article/view/46/33>
- Negrete, L. A., Quiñones, P. d., & Rodríguez, A. P. (2010). *Acta Universitaria. Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías.* Universidad de Guanajuato, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/416/41618860011.pdf>
- NTE INEN 1 428. (1987). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1428.* Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalización: <https://181.112.149.204/buzon/normas/1428.pdf>
- NTE INEN 1 429 . (1986). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1429.* Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1429.pdf>
- NTE INEN 1 699. (1988). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA.* Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalización : <https://181.112.149.204/buzon/normas/1699.pdf>
- NTE INEN 1428. (1987). *NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN.* Obtenido de <https://181.112.149.204/buzon/normas/1428.pdf>
- NTE INEN 1431. (1992). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1431.* Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1431.pdf>
- NTE INEN 2904. (2015). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA 2904.* Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalización : https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2904.pdf
- Odrizola, V. (2013). Campaña de Tóxicos de Greenpeace. *Impactos de la producción de papel.* Universidad de San Martín. Obtenido de <http://www.administracion.usmp.edu.pe/institutoconsumo/wp-content/uploads/2013/08/Impactos-de-la-producci%C3%B3n-de-Papel-GREENPEACE.pdf>
- Ortega, M. H. (2008). Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña Ananas comosus (L.) Merr. *Ingeniero Forestal Industrial.* Universidad Autónoma Chapingo, México. Obtenido de https://www.academia.edu/11313070/ELABORACION_Y_CARACTERIZACION_DEL_PAPEL_ARTESANAL_DE_LA_CORONA_DEL_FRUTO_DE_DOS_VARIETADES_DE_PIÑA_Ananas_comosus_L._Merr_TESIS_PROFESIONAL
- PRELO. (31 de octubre de 2017). *Blog Papelería Prelo.* Obtenido de Prelo.es-tipos de papel- : <https://www.prelo.es/ampliar/202/Tipos-de-papel.html>
- Rosales, O. (2012). Maestría en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos. *Caracterización física y química de plátano de postre y cocción cultivados en México.* Instituto Politécnico Nacional, Coahuila, Mexico. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/1d08/7edc3554d314898234b57ce058af0e99f704.pdf>

- TAPPI. (2011). *Biblioteca Baidu*. Obtenido de wenku.baidu.com/view/9d3c882b4b73f242336c5f40.html
- Teschke, K. (2014). Insutria del papel y de la pasta de papel. *Textos en sectores basados en recursos biológicos*. InstWeb, Mexico.
- Tigasi, C. (2017). Proyecto presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. *Cultivo de alta densidad en banano (Musa paradisíaca Var. Cavendish)*. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4119/1/UTC-PIM-000084.pdf>
- Uribe, M. T. (2000). Normalización del proceso de elaboración de papel artesanal a partir de tallos de maíz (*Zea Mayze*). *Ingeniero de Producción Agroindustrial*. Universidad de la Sabana. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/47068958.pdf>
- Vanessa Cárdenas, M. G. (2009). Grupo de Inmunología Molecular. *Degradación de Celulosa y Producción de Etano a partir de Aserrín de Guadua utilizando el Sistema Bilógico*. Universidad del Quindío-Laboratorio de búsqueda de principios biactivos-. Obtenido de <http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/eventos/siquia20130415/siquia2009pos5.pdf>
- Vega, A. E. (2014). Elaboración de papel a base de residuos de banano. *Ingeniero en Comercio y Finanzas Internacionales Bilingüe*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1706/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-7.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Determinación de Humedad y ceniza



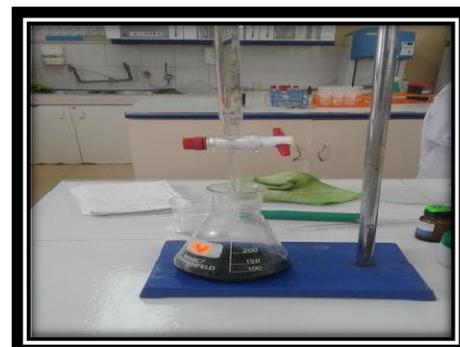
Anexo 2. Determinación de Holocelulosa



Anexo 3. Determinación de Lignina



Anexo 4. Determinación de Celulosa



Anexo 5. Porosidad del papel



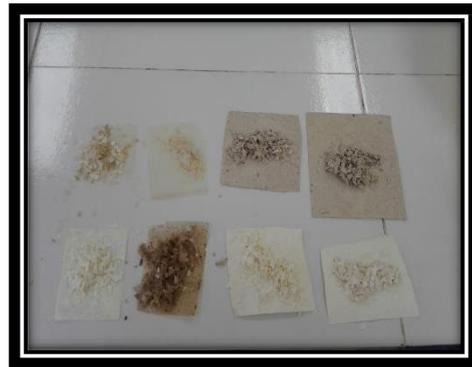
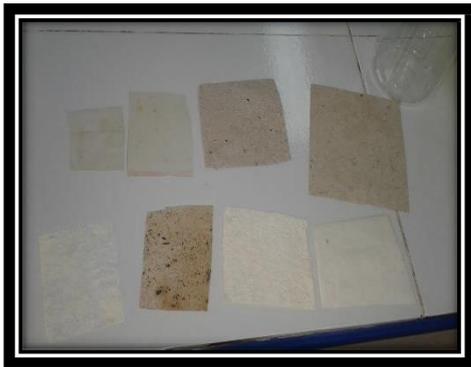
Anexo 6. Humedad de papel en termobalanza



Anexo 7. Resistencia a la explosión



Anexo 8. Papeles obtenidos



Anexo 9. Cuadro de papeles obtenidos

Papel artesanal de las cáscaras de plátano		Papel artesanal de los tallos de maíz	
5 % de producto químico en 200 g con 400 ml de agua			
Método de Jayme-Wise	Método de Kurshner y Hoffner	Método de Jayme-Wise	Método de Kurshner y Hoffner
