UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

“Obtención y determinación de posibles usos del papel proveniente de la primera poda de la madera ***Simarouba amara*** Aublet (Marupa), en la plantación de cinco años de la estación experimental agraria Pucallpa en Callería”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

TESISTA:

CARPIO LAULATE, ANTONY ENRIQUE

Pucallpa – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°409/2020-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 9:00 a.m. del día viernes 18 de setiembre de 2020, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N° 063 – 2020 – UNU – FCFyA – CGyT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. MARCO ANTONIO CHOTA ISUIZA	Presidente
Dr. HÉCTOR JOSÉ QUISPE CERNA	Miembro
Ing. M. Sc. MOISÉS TORRES VELASCO	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DE POSIBLES USOS DEL PAPEL PROVENIENTE DE LA PRIMERA PODA DE LA MADERA *Simarouba amara* Aublet (MARUPA), EN LA PLANTACIÓN DE CINCO AÑOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA PUCALLPA EN CALLERÍA"**, presentado por el bachiller **ANTONY ENRIQUE CARPIO LAULATE**, asesorado por el Dr. CARLOS PANDURO CARBAJAL, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR MAYORIA**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 10:20 a.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza
Presidente

Dr. Héctor José Quispe Cerna
Miembro

Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Tesis aprobada por el jurado calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito para obtener el título profesional de Ingeniero Forestal, el mismo que estuvo conformado por las siguientes personas:

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza

PRESIDENTE

Dr. Héctor José Quispe Cerna

MIEMBRO

Ing. M.Sc. Moisés Torres Velasco

MIEMBRO

Dr. Carlos Panduro Carbajal

ASESOR

Bach. Forestal Antony Enrique Carpio Laulate

TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0141-2020

La **Dirección General de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis), Titulado:

"OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DE POSIBLES USOS DEL PAPEL PROVENIENTE DE LA PRIMERA PODA DE LA MADERA *Simarouba amara* AUBLET (MARUPA), EN LA PLANTACIÓN DE CINCO AÑOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA PUCALLPA EN CALLERÍA"

Cuyo autor (es)	:	**CARPIO LAULATE, ANTONY ENRIQUE**
Facultad	:	FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	INGENIERÍA FORESTAL
Asesor(a)	:	Dr. Panduro Carbajal, Carlos

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%.**
En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

Fecha: 08/09/2020

Dra. DINA PARI QUISPE
Dirección General de Producción Intelectual

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, ANTONY ENRIQUE CARPIO LAULATE.
Autor de la TESIS titulada:

"Obtención y determinación de posibles usos del papel proveniente de la primera poda de la madera ***Simarouba amara*** Aublet (Marupa), en la plantación de cinco años de la estación experimental agraria Pucallpa en Callería"

Sustentada en año: 2020
Con la asesoría de: Dr. Carlos Panduro Carbajal.
En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales.
Escuela profesional de: Ingeniería Forestal.

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:
Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.
Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización. Garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.
Tercero: Autorizo la publicación,

[x] **Total** (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio)
[ ] **Parcial** (significa que solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 27 de setiembre del 2020

Email: aecl140290@gmail.com Firma:

Teléfono: 948430494 DNI: 46236379



DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por ser los pilares fundamentales en todo lo que soy, en mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi hija quien es el motor para seguir adelante y cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

- A mi asesor: Dr. Ing. Químico Carlos Panduro Carbajal, por el apoyo brindado durante todo el trabajo de investigación.

- Al Ing. Forestal e Ing. Papelero M. Sc. Héctor Enrique Gonzales Mora por el apoyo incondicional brindado durante el proceso de elaboración de pulpa y papel en la Universidad Nacional Agraria, La Molina.

- A la Universidad Nacional Agraria, La Molina por darme la oportunidad de la ejecución de la tesis.

- A los miembros de jurado de esta presente investigación presidida por: Dr. Marco Antonio Chota Isuiza (presidente), Dr. Héctor José Quispe Cerna (miembro) e Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco (Miembro), por los sabios consejos para el término de esta investigación.

UNIVERSIDAD NACIONAL RAMÓN CASTILLA
UNU
PUCALLPA - PERÚ

ÍNDICE DEL CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACION	ii
ACTA DE APROBACION	iii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD	iv
REPOSITORIO DE TESIS	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE DEL CONTENIDO	viii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Formulación del problema	2
1.1.2. Justificación	2
CAPITULO II	3
2. MARCO TEORICO	3
CAPITULO III	14
3. METODOLOGIA	14
3.1. Método de investigación	14
3.2. Población y muestra	14

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI PUCALLPA - PERÚ UNU

3.2.1. Población 14

3.2.2. Muestra 14

3.3. Procedimiento de recolección de datos 14

3.3.1. Lugar de ejecución 14

3.3.2. Preparación de la materia prima para la obtención de la pulpa 14

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 15

3.4.1. Obtención y lavado de pulpa 15

3.4.2. Contenido de humedad de la pulpa 16

3.4.3. Rendimiento de la pulpa 16

3.4.4. Refinado de la pulpa y control de refinado (TAPPI T 248) 16

3.4.5. Formación y acondicionamiento de hojas de ensayo (TAPPI 205 os-71) 17

3.4.6. Los ensayos físico-mecánicos para las hojas 17

a) Alargamiento y resistencia a la tensión 17

b) Resistencia al rasgado 18

c) Determinación de blancura 19

d) Determinación de la opacidad 19

e) Permeabilidad de Gurley 19

f) Espesor y densidad 19

g) Gramaje 19

h) Humedad de las hojas de papel 20

3.4.7. Material 20

3.4.8. Material de laboratorio 20

3.4.9. Reactivos 21

3.4.10. Equipos 21

3.5. Procesamiento para recolección de datos 21

3.6. Tratamiento de datos 22

CAPITULO IV 23

4. RESULTADOS Y DISCUSION 23

4.1. Propiedades físico-mecánicas 23

4.2. Espesor del papel 24

4.2.1. $ANVA_3$ – Espesor del Papel 25

4.2.2. Aplicando la prueba de DUNCAN 26

a) Entre número de vueltas 26

b) Entre factor 26

c) Entre Porcentaje de Álcali 27

4.3. Rendimiento de la pulpa 28

CAPITULO V 29

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 29

5.1. Conclusiones 29

5.2. Recomendaciones 30

BIBLIOGRAFIA 31

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Reactivos utilizados 15
Tabla 2. Concentraciones de los reactivos utilizados 15
Tabla 3. Tabla de normas utilizadas para los ensayos 17
Tabla 4. Resultados de control de ensayos físico-mecánicos 23
Tabla 5. Espesor del papel (um) en el factor 1000 24
Tabla 6. Espesor del papel (um) en el factor 1200 24
Tabla 7. $ANVA_3$ – Espesor del papel 25
Tabla 8. Tabla de condición de la Hipótesis en comparación con el F observado vs el F tabular 26
Tabla 9. Nivel de diferencia significativa a nivel del número de vueltas 26
Tabla 10. Nivel de diferencia significativa a nivel Factor H 26
Tabla 11. Nivel de diferencia significativa a nivel de porcentaje de Álcali 27
Tabla 12. Resumen de control de datos 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Árbol de ***Simarouba amara*** Aubl 9
Figura 2. Hojas de ***Simarouba amara*** Aubl 10
Figura 3. Frutos de ***Simarouba amara*** Aubl 10
Figura 4. Madera de ***Simarouba amara*** Aubl 11
Figura 5. Promedios del espesor 25
Figura 6. Rendimiento en porcentaje 28
Figura 7. Poda de árboles de ***Simarouba amara*** Aublet (marupa) 33
Figura 8. Chipiado de las ramas de ***Simarouba amara*** Aublet (marupa) 33
Figura 9. Muestras chipeadas de ***Simarouba amara*** Aublet (marupa) 34

Figura 10. Digestor para pulpa y papel 34
Figura 11. Shopper para pulpa y papel 35
Figura 12. Refinador para pulpa y papel 35
Figura 13. Tiras de papel para el alargamiento y tensión 36
Figura 14. Tensión y alargamiento del papel 36
Figura 15. Determinación del espesor 37
Figura 16. Determinación de la opacidad 37

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
UNU
PUCALLPA - PERÚ

RESUMEN

Con el objetivo de conocer los posibles usos del papel proveniente de la primera poda de la madera ***Simarouba Amara*** Aublet (marupa); además determinar algunas propiedades físico- mecánicas de las hojas de papel obtenido. Las variables estudiadas fueron factor H, Concentraciones de Álcali (16% y 20%), y el refinado de acuerdo al número devueltas. Para luego formar las hojas para los ensayos, sometiéndose de acuerdo a las normas señaladas en la presente investigación. Durante el estudio la materia prima procedente de ramas de la especie en estudio, se sometió a un proceso de astillado, siendo luego sumergidas en agua, para luego mediante un proceso químico obtener la pulpa. Pasando a un proceso de refinado de 3000 y 5000 revoluciones, formándose las hojas para el ensayo. Obteniendo el siguiente resultado que la especie ***Simarouba amara*** aublet (marupa), presenta características positivas para la elaboración de pulpa para papel; el reactivo, factor H y el número de vueltas, influyen de forma significativa en los resultados y calidad del papel; los ensayos podrían ser aún mejores con más números de vueltas según los resultados obtenidos; la especie ***Simarouba amara*** aublet (marupa), no presenta dificultado al momento de la obtención de la pulpa; y las concentraciones empleadas en la presente investigación del Alcali actúa de forma favorable en la elaboración de papel. El Alcali no es determinante para la obtención del rendimiento de la pulpa química, pudiéndose obtener hasta un rendimiento del 49%.

Palabras clave:

Catalizador, Deslignificación, Poda, Proceso alcalino y Pulpa celulósica.

ABSTRACT

In order to know the possible uses of the paper from the first ***Simarouba Amara*** Aublet wood pruning (marupa); also determine some physical-mechanical properties of the sheets of paper obtained. The variables studied were factor H, Alkali concentrations (16% and 20%), and refining according to the number returned. To then form the sheets for the tests, submitting according to the standards indicated in the present investigation. During the study the raw material from branches of the species under study, was subjected to a chipping process, then submerged in water, then through a chemical process to obtain the pulp. Going through a refining process of 3000 and 5000 revolutions, forming the sheets for the test. Obtaining the following result that the species ***Simarouba amara*** aublet (marupa), presents positive characteristics for the elaboration of pulp for paper; the reagent, factor H and the number of turns, significantly influence the results and quality of the paper; the tests could be even better with more numbers of turns according to the results obtained; the species ***Simarouba amara*** aublet (marupa), does not present difficulties when obtaining the pulp; and the concentrations used in the present investigation of the Alcali acts in a favorable way in the elaboration of paper. The alkali is not determinant for obtaining the performance of the chemical pulp, being able to obtain up to a yield of 49%.

Keywords:

Catalyst, delignification, pruning, alkaline process and cellulose pulp.

INTRODUCCIÓN

La especie ***Simarouba Amara*** Aublet (marupa) es de crecimiento rápido y como consecuencia se ramifica mucho y para ello se utiliza la técnica silvicultural de poda de las ramas que en la actualidad son utilizadas como energía (combustible, leña), y en algunos casos de forraje cuando son especies forrajeras, no dándole el valor agregado a los residuos de la plantación producto del madejo silvicultural (Poda) y liberando el carbono secuestrado en la madera.

La elaboración de papel en el Perú se encuentra en crecimiento y se requieren cada vez alternativas fuentes de primarias para la elaboración de pulpa para papel. Esta información beneficiara a empresarios dedicados a la industria de la transformación y producción de papel que desean obtener información del potencial de la madera de ***Simarouba Amara*** Aublet (marupa) en la elaboración de papel, estudiantes de ingeniería forestal, química, industrial, etc.

Por estas razones el objetivo general fue obtener y conocer los posibles usos del papel proveniente de la primera poda de la madera ***Simarouba Amara*** Aublet (marupa), en la plantación de cinco años de la estación experimental agraria Pucallpa en Callería; y los objetivos específicos fueron determinar algunas propiedades físico- mecánicas de las hojas de papel obtenido, comprobar si el Álcali es determinante para la obtención del rendimiento de la pulpa química y determinar el rendimiento de las hojas de papel obtenido.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El presente trabajo resolvió la siguiente interrogante:

¿Cuál sería el gramaje y densidad del papel que se obtendrá de la especie ***Simarouba amara*** (Marupa) de una plantación de cinco años de la estación experimental agraria Pucallpa en Callería?

1.1.2. Justificación.

En estos últimos años en el Perú se ha venido incrementando el uso de la madera en sus distintos derivados, uno de ellos es el papel. En la región se tiene muchos programas de reforestación que hasta la fecha solo sirven como referencia y sin un valor agregado; una forma de darle un valor adicional es obtener papel de las diferentes especies que en la actualidad se viene reforestando como son la bolaina, marupa, capirona, shihuahuaco, etc.

La evolución de la producción de la industria de Fabricación de Otros Artículos de Papel y Cartón, en la década 1991-2000, presenta un comportamiento ascendente del Índice de Volumen Físico (IVF) con año base 1994. Salvo los años 1991 y 1992 en que las variaciones anuales fueron negativas en 25,4% y 44,2%, respectivamente, este subsector tuvo un crecimiento neto de 74,2% en el 2000 con respecto al año 1999; que se puede traducir en una tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de 5,7% para la década (PRODUCE, 2018).

Esta información beneficiara a empresarios dedicados a la industria de la transformación y producción de papel que desean obtener información del potencial de la madera de ***Simarouba Amara*** Aublet (Marupa).

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

(Carvajal, 2016) en su investigación “Obtención de pulpa de papel a partir de cáscaras de la naranja común y limón ponderoso, mediante el método a la sosa, a nivel de laboratorio” menciona que durante el pretratamiento se extrajeron los aceites esenciales de la materia prima mediante destilación por arrastre con vapor. Luego se secó y trituró, para proceder a su digestión en un reactor a las siguientes condiciones: velocidad de agitación a 280 rpm, calentamiento a 90 °C y a una relación materia prima: licor para digestión de 1:7. La cantidad de alfa celulosa, que indica la calidad del papel, se determinó mediante el ensayo de la norma TAPPI T 203m 58. Las variables estudiadas fueron concentración de hidróxido de sodio: 20, 30 y 40 g/L y tiempo de reacción de 2, 4 y 5 horas. Además, se realizó el escalado del proceso para un volumen de reactor de 1 m^3. Mediante el programa estadístico Statgraphics se establecieron las condiciones óptimas del proceso que correspondieron a 20 g/L de hidróxido de sodio y tiempo de reacción de 2 horas, obteniéndose a estas condiciones 83,67 % de alfa celulosa para la naranja y 69,39 % para el limón.

(Jiménez, 2017) en su investigación “Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de agavaceas: potencial elaboración de papel tipo artesanal” sostiene que el objetivo principal de su investigación fue obtener pulpa de celulosa de ***Agave lechuguilla***, ***Agave salmiana***, ***Agave tequilana*** por métodos de pulpa ácida y alcalina. La pasta de celulosa se caracterizó por técnicas espectroscópicas. La cristalinidad de celulosa blanqueada se determinó mediante DRX. Se encontraron rendimientos de pulpa de celulosa de 50%-70% para el método ácido y de 40%-50% para el método alcalino. Los patrones de XRD de la pulpa de celulosa mostraron una cristalinidad del 49,88% para el método alcalino y del 48,43% para el método ácido. Además, se determinaron contenidos bajos en hemicelulosa y lignina.

Estos resultados mostraron que la pulpa alcalina fue la más eficaz para obtener altos rendimientos de pulpa de celulosa, alta cristalinidad y bajo porcentaje de lignina (Jiménez, 2017).

(León, 2012) en su investigación “Diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando peróxido de hidrógeno” afirma que, mediante este estudio se determinó la cantidad más favorable de %FMD para el proceso de producción. La secuencia de blanqueo que se aplicó al proceso tiene dos etapas. La primera; oxidante con Peróxido de Hidrógeno y la segunda; reductora con Dióxido de Tioúrea. En el presente estudio, se analizó la relación entre la fibra mecánica destintada y la dosificación del químico oxidante, con propiedades determinantes de la calidad del papel como la blancura (%ISO), la resistencia a la tensión y la absorción. Asimismo, se presentó el diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico identificando la mejor dosificación de peróxido de hidrógeno, además se pudo concluir que el uso de FMD reduce en gran medida la blancura del papel final, sin embargo, la secuencia de blanqueo óxido-reductiva logró que la fibra aumentara su blancura y eliminara su coloración amarillo-pardo.

El resultado más favorable que se obtuvo fue un aumento de 7.8 % ISO en mezclas compuestas por 10% fibra mecánica destintada y 90% fibra química destintada usando 0.4g de peróxido de hidrógeno, sin el uso de matizantes ni blanqueadores ópticos (León, 2012).

(Tamarit, 1996) en su investigación “Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas” afirma que estudiaron 132 maderas de especies latifoliadas de México, determinándose los índices de calidad de pulpa para papel y clasificándose su calidad en base a la relación de Runkel. Se encontró que el 69% del total de las especies estudiadas proporcionan pulpa de excelente (2.3%), muy buena (7.6%), buena (34.8%) y regular (24.2%) calidad y el 31% restante producen pulpas de mala calidad, por lo que las maderas de especies latifoliadas son una importante fuente potencial de materia prima para la industria de la celulosa y el papel.

Se observó una relación inversa entre la densidad básica de la madera con la calidad de la pulpa, en donde a menor densidad, la calidad de pulpa es mejor. Se sugiere utilizar mezclas de diferentes maderas en combinación con especies de maderas de fibras largas para reunir las características requeridas en la producción de algún tipo de papel específico (Tamarit, 1996).

(De La Cruz, 2013) en su investigación “Obtención de pulpa blanca a partir de papel impreso reciclado mediante el proceso de destintado electrolítico”, menciona que la alta demanda de la pulpa blanca para fabricar papeles por efectos del desarrollo de la informática y tecnología, y la ingente disponibilidad de papel impreso como residuos sólidos del consumismo de la sociedad, que agudizan problemas de disposición final en la ciudad. Ante este panorama el estudio buscó obtener pulpa blanca a partir de papel impreso reciclado mediante el proceso de destintado electrolítico con el propósito de hacer uso como materia prima para la fabricación de papel. Para el logro de este objetivo, se aplicó un diseño experimental factorial 2 x 3 con tres repeticiones, considerando como variables independientes la diferencia de potencial, el tiempo y la distancia entre los electrodos, y variable dependiente la remoción de la tinta. La experimentación del destintado electrolítico refleja que las variables manipuladas entre los niveles postulados tienen una gran influencia en el destintado electrolítico, alcanzándose remociones por encima de 72 %, que comparado a otros procesos se considera un proceso potencialmente eficiente. Se ha demostrado que el destintado electrolítico, es un proceso con resultados amigables con el ambiente y no genera deterioro a la pulpa blanca obtenida como lo hacen otros métodos. Las remociones de tinta por encima del nivel superior e inferior de las variables varía considerablemente debido probablemente a los siguientes factores: primero, la difusión de la tinta desde el interior de la pulpa hacia su superficie es la etapa que controla la remoción; segundo, al ampliar la distancia de electrodos puede generar un espacio mayor recorrido por la tinta en un medio cargado de sólidos, además de su saturación; y el aumento de la diferencia de potencial puede incrementar el costo del proceso, limitante de cualquier proceso.

Finalmente, este método queda abierto para ser estudiado considerando otras variables como tipo de electrodo, otras alternativas de energía, envejecimiento del papel impreso, tipos de impresión y otros que expliquen de mejor manera el fenómeno (De La Cruz, 2013).

(Rubio, 2018) en su investigación “PULPA QUÍMICA, MÉTODO SODA-ANTRAQUINONA, A PARTIR DE TALLOS DE ***Guadua angustifolia*** Y

Bambusa vulgaris" sostiene que evaluó la influencia de dos variables en la obtención de pulpa, utilizando el método soda-antraquinona, a partir de material lignocelulósico de dos especies de Bambú (***Guadua angustifolia*** y ***Bambusa vulgaris***). Las variables del proceso estudiado son: especie, concentración de reactivo (NaOH), a 3 diferentes concentraciones (16%, 18% y 22%), Factor H utilizado (1000, 1200 y 14000) y; grado de refinado al que se somete a la pulpa medido por el Grado de drenabilidad (°SR). En el procedimiento del estudio se sometió la materia prima a un proceso de astillado, luego las astillas fueron sumergidas en agua por un periodo de 24 horas, para luego seguir un proceso de pulpeo químico utilizando el método soda-antraquinona. La pulpa obtenida, fue pasada por un proceso de refinado a 4000 y 6000 revoluciones, para luego formar las hojas de ensayo que fueron posteriormente sometidas a una evaluación de aptitud papelera. De los resultados obtenidos, se concluye que el álcali activo influye de manera significativa en las propiedades físico-mecánicas de ambas especies en estudio, y que la ***Bambusa vulgaris*** tiene una mejor aptitud papelera que la ***Guadua angustifolia***.

(Rios, 2017) en su investigación "Producción de papel artesanal a partir de residuos de cáscaras de naranja de las juguerias del Mercado Tahuantinsuyo - Independencia, 2017" afirma que la producción de papel tamaño A4 se dio a partir de las fibras de los residuos de cáscara de naranja provenientes de las juguerías del Mercado Tahuantinsuyo – Independencia. De las cáscaras de naranja, solo se usó el mesocarpo, parte situada en el medio del pericarpio. Como resultado, se produjo una cantidad máxima de 17 hojas de papel elaboradas a partir de una muestra de 5 Kg de residuo de mesocarpo de naranja. El rendimiento promedio de pulpa seca fue de 11.32%.

El gramaje de las hojas de papel elaboradas con fibras de mesocarpo varía entre 80.17 g/m^2 y 176.37 g/m^2, considerando que, de acuerdo al gramaje, más del 50% resulto siendo cartulina según la NTP 272.128 (2010). La resistencia al rasgado fue de 200 gf y tuvo un índice al rasgado de 15.30. De acuerdo a su resistencia al rasgado, se puede clasificar como papel couché y papel cartulina (Rios, 2017).

(Gratelly, 2017) en su investigación “Evaluación física de la pulpa química a la soda para papel de la especie ***Guazuma crinita*** (Bolaina blanca), proveniente de una plantación en el centro poblado San Pablo de Tushmo - Yarinacoha” menciona que el objetivo principal del presente informe de investigación fue realizar las evaluaciones físicas de la pulpa química a la soda de la especie ***Guazuma crinita*** (bolaina blanca). Para poder desarrollar el objetivo principal, planteamos los siguientes objetivos específicos, el primero es obtener la pulpa química a la soda para papel, el segundo objetivo específico determinar la composición química de la especie mencionada y el tercero determinar el rendimiento de la pulpa química a la soda. El método que se utilizo fue experimental, cuantitativo y consta de Normas de Indecopi, ASTM, manual de laboratorio. Las muestras utilizadas se sacaron de una plantación homogénea de la especie ***Guazuma crinita*** (bolaina blanca), ubicada en el Centro Poblado San Pablo de Tushmo - Yarinacocha. Los resultados obtenidos fueron de un 47 % de pulpa celulósica la cual según el análisis estadístico no presenta diferencia significativa en los tres niveles del fuste., el porcentaje de celulosa encontrado en esta investigación fue en promedio de 42,41%, lignina un promedio de 22.88 %, presentando un mayor porcentaje de los componentes químicos en el nivel 1 (base). Las evaluaciones físicas de la pulpa química en forma de hoja de papel de esta especie, se obtuvo un mayor factor de sequedad en el nivel 1 (base), el espesor 0,04 cm y el gramaje con 77,25 gr/m^2 ambas evaluaciones físicas se encontró diferencia significativa en el nivel 1 con respecto a los otros niveles del fuste. Estos resultados demostraron que la especie ***Guazuma crinita*** (bolaina blanca), presenta características positivas para la elaboración de pulpa para papel.

(Mory, 2016) sostiene en su investigación titulada: "Obtener y evaluar la pulpa química a la soda para papel en tres niveles del fuste de la especie ***Eucaliptus urograndis*** proveniente de una plantación experimental en la Universidad Nacional de Ucayali", realizado en el laboratorio de Transformación Química de Productos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali. Con el objetivo general de esta investigación fue: Obtener y evaluar la pulpa química a la soda para papel en tres niveles del fuste de la especie ***Eucaliptus urograndis*** proveniente de una plantación

experimental en la Universidad Nacional de Ucayali, y los objetivos específicos fueron: Determinar del rendimiento de pulpa química a la soda obtenida para papel en tres niveles del fuste de la especie ***Eucaliptus urograndis*** de una plantación experimental en la Universidad Nacional de Ucayali; determinar la composición química de la especie ***Eucaliptus urograndis*** proveniente de una plantación experimental en la Universidad Nacional de Ucayali; obtener hojas de papel de la pulpa química a la soda de la especie ***Eucaliptus urograndis***. De acuerdo al rendimiento obtenido de la especie ***Eucaliptus urograndis***, se recomienda utilizar en la industria para la producción de pulpa y papel, muy en especial la parte de la base del árbol, ya que en esta parte se encontró mayor cantidad de celulosa y mayor rendimiento.

Para la clasificación del papel o cartón según gramaje y espesor tomando como referencia la norma NTP-ISO 536 y NTP-ISO 534, se distinguen dos clases:
Papel, con gramaje menor a 224 g/m²
Cartón, con gramaje mayor o igual a 224 g/m²
Un caso particular es considerado en la denominación cartulina: según NTP-ISO 536, se acepta esta denominación para papeles con un gramaje entre 150 g/m² y 224 g/m².
En el caso del espesor, la diferencia es:
Papel, espesor menor a 3 mm
Cartón, mayor o igual a 3 mm

(Ramos, 2014) sostiene que la clasificación taxonómica es la siguiente:

ESPECIE **:** ***Simarouba amara*** Aubl.
FAMILIA **:** Simaroubaceae
SINONIMIA **:** Simarouba glauca Hemsley

NOMBRES COMUNES: Perú: Marupa; **Bolivia:** Amargo. Chiriguamo. Brasil: Simarupa, Marupa. **Colombia:** Marupa, Simaruba, Palo Blanco. **Cuba:** Palo Blanco. **Costa Rica:** Olivo. **Ecuador:** Cuña, Capulli, Cedro Amargo. **Guatemala:** Aceituno. Guyana: Simarupa. **Venezuela:** Cedro Blanco, Simaruba.
NOMBRE COMERCIAL INTERNACIONAL: Simaruba

Distribución geográfica: Se encuentra en zonas altas con suelos arenosos bien drenados, en las formaciones de bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) en transición a bosque húmedo tropical (bh-T). Generalmente crece asociada con las especies: Jacaranda spp., Sclerolobium spp., Laetia spp., Guatteria spp. Según las zonas y los resultados de inventarios disponibles, el volumen bruto de la Marupa varía de 0,3 a 1,6 m3/ha (con un diámetro a la altura del pecho superior a 0,40 metros) (Ramos, 2014).

Árbol: De fuste recto, ahusado, cilíndrico sin aletones y conicidad pronunciada. Altura comercial promedio de 24 metros y altura total promedio de 40 metros. El diámetro promedio a la altura del pecho de 0,60 metros. La corteza externa es de color gris claro, de textura casi lisa a levemente agrietada con fisuras finas verticales, lenticular, presenta 4 centímetros de espesor. Corteza interna de color amarillo cremoso, con veteado blancuzco, de textura arenosa y sabor muy amargo, de allí proviene su nombre genérico (Ramos, 2014).



Figura 1. Árbol de ***Simarouba amara*** Aubl (Ramos, 2014).

Hojas: Alternas, paripinnadas de 20 a 40 centímetros, lampiñas, borde entero, de color verde lustroso, el eje es de color verde amarillento, las láminas de los foliolos miden de 8 a 15 centímetros, son opuestos con pecíolos cortos de 5 mm, extremos redondeados, con puntas diminutas, el borde virado hacia abajo, caen rápidamente si no son tratadas con antidefoliante (Ramos, 2014).



Figura 2. Hojas de ***Simarouba amara*** Aubl (Ramos, 2014).

Flores: Masculinas y femeninas en distintos árboles, por lo que se denomina una especie dióica. Son de color verde amarillentas. En panículas o racimos terminales o laterales grandes y muy ramificados de 20 a 30 centímetros (Ramos, 2014).

Frutos: Drupa de color verde claro cuando están inmaduros y después negros. Tienen una pulpa delgada amarga y la semilla elíptica grande. En la zona del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt fructifica en los meses de enero a marzo (Ramos, 2014).



Figura 3. Frutos de ***Simarouba amara*** Aubl (Ramos, 2014).

Silvicultura: La floración se da a fines de la estación seca y mientras esta dure (entre setiembre y noviembre). Fructifica durante la estación de lluvias entre

diciembre y marzo. La polinización se da por intermedio de abejas pequeñas. La propagación sexual por semilla es exitosa.

El número de semillas por kilo es de 4 200 con pureza reportada de 70%. El peso de 1000 semillas es de 365 gramos. Tratamientos pregerminativos por inmersión en agua fría de 12 y 24 horas, y sobre todo en ácido acético por cinco minutos. El poder germinativo es de 79% con semillas frescas tratadas por inmersión en agua fría de 12 a 24 horas y 92% con tratamiento por inmersión de cinco minutos en ácido acético (Ramos, 2014).

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco cremoso y las capas internas (duramen) de color amarillo pálido verdoso, observándose entre ambas una transición gradual. En la madera seca al aire la albura se torna de color amarillo pálido HUE8/4 2,5Y y el duramen amarillo 8/6 10YR (Munsell Soil Color Chats) (Ramos, 2014) (Ramos, 2014).

Olor: Ausente o no distintivo.

Lustre o brillo: Medio a brillante.

Grano: Recto.

Textura: Mediana uniforme.

Veteado o figura: Suave, jaspeado claro.



Figura 4. Madera de ***Simarouba amara*** Aubl (Ramos, 2014).

Anillos de crecimiento: Ligeramente diferenciados.

Poros: Visibles a simple vista, difusos, solitarios de forma redonda, múltiples radiales, muy pocos con 2 a 3 poros/mm^2. El diámetro tangencial grande a muy grande, varía de 184 a 246 micras y la longitud mediana entre 319 y 511 micras. Platina de perforación horizontal con perforación simple. Punteado intervascular alterno con puntuaciones poligonales y abertura extendida. Punteado radiovascular similar al intervascular (Ramos, 2014).

Parénquima: Visible con lupa de 10 aumentos, asociado a los poros, paratraqueal vasicéntrico y aliforme confluente, no estratificadas. Presencia de células cristaliferas septadas (Ramos, 2014).

Radios: Visibles a simple vista, poco numerosos de 3 a 6/mm lineal, no estratificados. Presencia de canales intercelulares verticales. Homogéneos y heterogéneos tipo II, estratificados o escalonados. Medianos de altura entre 441 y 649 micras (Ramos, 2014).

Fibras: Libriformes, septadas y estratificadas. Diámetro total de 20 micras, diámetro celular 3 micras y de longitud mediana de 1 293 micras. El grosor de pared varía entre 1 a 2 micras (Ramos, 2014).

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Catalizador. La antraquinona AQ ($C_{14}H_8O_2$) estabiliza y protege a los carbohidratos contra su degradación, actuando sobre lignina, catalizando reacción de hidrólisis en los enlaces B-éter (Tejada, 1986) citado por (Cárdenas, 2018).

Deslignificación. La deslignificación involucra la degradación y solubilidad de la lignina de la lámina media. Las reacciones alcalinas se manifiestan por hidrólisis y reacción con las unidades de fenilpropano de la lignina, disminuyendo su grado de polimerización (Cárdenas, 2018).

Factor H. Es uno de los métodos utilizados para predecir el punto final de la cocción alcalina. Esta variable, denominada factor H, puede expresarse como un valor numérico, que representa el área bajo una curva en la cual las velocidades de reacción relativas se grafican respecto al tiempo de cocción (Cárdenas, 2018).

Poda. La poda consiste, esencialmente, en eliminar una parte de un árbol, un arbusto o una planta florífera con el objeto de ayudar a la naturaleza en el sentido

y en la dirección útil al hombre. En su concepto más amplio, consiste en el conjunto de operaciones que se realizan directamente sobre el esqueleto o sobre la copa de las plantas con el fin de: modificar y/o controlar el tamaño; formar la planta y regular la cantidad de flores y frutos (Valentini, 2003).

Proceso alcalino. Método para la obtención de pulpa celulósica que utiliza reactivos alcalinos en el licor de cocción; como aditivo se agrega antraquinona para catalizar la reacción. Las condiciones de reacción se realizan bajo condición de presión elevada (6-10kg/cm^2), alta temperatura (160 ºC-185 °C) y tiempo 2-4 horas (Cárdenas, 2018).

Pulpa celulósica. Conjunto de fibras vegetales, individuales, separadas por energía química y/o mecánica, al eliminar la cohesión de las fibras en la lámina media. En los procesos químicos se emplea una cocción, aplicando reactivos en condiciones enérgicas de temperatura, presión y tiempo (Cárdenas, 2018).

Reactivos: Álcali activo. Representa la cantidad de reactivos alcalinos (álcalis), aplicados en proporción a la materia seca utilizada. El álcali activo (AA%) es la suma de los reactivos químicos utilizados, expresado como Na_2O_3 (Cárdenas, 2018).

Fuente: (Cárdenas, 2018).*Guía de prácticas 2018-II - Productos Forestales de Transformación Química*

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA.

3.1. Método de investigación

En la presente investigación se utilizó el método experimental. Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de modo detallado el proceso de la investigación.

3.2. Población y muestra.

3.2.1. Población.

La población estuvo constituida por una plantación de 5 años del INIA.

3.2.2. Muestra.

La muestra estuvo constituida por la poda de las ramas de ***Simarouba amara*** Aublet (Marupa); obteniendo 6 Kg de muestra.

3.3. Procedimientos de recolección de datos.

3.3.1. Lugar de ejecución.

La muestra fue trasladada al Laboratorio de Pulpa y Papel del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en la Av. La Molina S/N, en el Distrito de La Molina, Provincia de Lima, Departamento de Lima; donde se realizó el estudio.

3.3.2. Preparación de la materia prima para la obtención de la pulpa.

La muestra de la especie ***Simarouba amara*** Aublet (Marupa) de 6 kg fueron astilladas utilizando una sierra de disco, una ingleteadora y un machete, obteniendo astillas con dimensiones promedio: 5 mm x 5 mm x 3 mm. Las astillas de cada especie fueron mezcladas proporcionalmente y se dejaron secar al aire para evitar su deterioro. Luego, se calculó la humedad de las astillas y se armaron paquetes de 300 gr de masa seca para cada tratamiento durante el proceso de digestión.

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.

3.4.1. Obtención y lavado de la pulpa.

- **Antes de la digestión.**

Previamente al proceso de digestión, las astillas fueron sumergidas en agua durante 24 horas, con el fin de facilitar la difusión de los reactivos en la materia prima.

- **Durante el proceso de digestión.**

El proceso de digestión se llevó a cabo en un digestor rotatorio de laboratorio con capacidad de 15 L, dotado de cuatro obuses, cada uno de los cuales tiene la capacidad de procesar 150 g. de masa seca de muestra. Durante el proceso de cocción se controló cada 5 minutos los valores de temperatura y presión, para la estimación del factor H y la elaboración de los diagramas de cocción.

Las muestras fueron separadas y codificas (Anexo 1. Figura 7)

Las condiciones de digestión utilizadas se especifican en la Tabla 1, utilizado para el proceso de digestión.

Tabla 1. Reactivos utilizados.

Reactivos	NaOH, AQ
Álcali activo (%)	16, 20
Cantidad de materia seca (g)	250
Relación licor total/Marupa	4/1
Temperatura de deslignificación	170 ±2
Factor H	1000, 1200
Antraquinona (%)	0.05%

Obteniendo la siguiente tabla de actividades.

Tabla 2. Concentraciones de los reactivos utilizados.

Álcali	Factor 1000		Factor 1200		TOTAL
AA	H1	H2	H3	H4	
16% S/A A1	A1 H1	A1 H2	A1 H3	A1 H4	4
16% C/A A2	A2 H1	A2 H2	A2 H3	A2 H4	4
20% S/A A3	A3 H1	A3 H2	A3 H3	A3 H4	4
20% C/A A4	A4 H1	A4 H2	A4 H3	A4 H4	4
ENSAYO TOTAL	4	4	4	4	16

- **Después del proceso de digestión.**

Finalizado el proceso de digestión se procedió a detener el digestor, se bajó la presión a cero para luego proceder a descargar la pulpa. Para realizar esto, se sacaron los obuses y se enfriaron con ayuda de un balde de agua. Luego, el licor negro fue separado y cuantificado para calcular su densidad. Posteriormente se lavó la pulpa obtenida en bolsas de tela hasta eliminar todo el licor negro residual, se eliminó el exceso de agua de esta con ayuda del centrifugador y se obtuvo el peso húmedo obtenido. A partir de este paso se determinó el contenido de humedad de la pulpa.

3.4.2. Contenido de humedad de la pulpa.

Se tomó una muestra de astillas, aproximadamente 10 gr. (mh) y se colocó dentro de la estufa, a 105 °C, hasta masa constante; se retiró las astillas y determinamos el valor de masa seca (ms), y luego fue determinado la humedad (%h).

$$\%h = \frac{mh - ms}{mh} x100$$

3.4.3. Rendimiento de la pulpa.

Con el contenido de humedad se procedió a obtener el porcentaje rendimiento, utilizando al siguiente formula.

$$\% R = \frac{Ps}{Ms} \text{x} 100$$

Donde:

%R = Rendimiento %

Ps = Peso seco

Ms = Masa seca

3.4.4. Refinado de la pulpa y control de refinado (TAPPI T 248)

El refinado de la pulpa se realizó en el refinador PFI. El SR° mayor a 40, se trabajó con dos niveles de refinado: 3000 y 5000 revoluciones por cada proceso.

Por cada pasta seca, se pesó 30 g de masa seca, se refinó y se procedió al control de refinado utilizando el método ***Shopper Riegler*** (°SR), según la norma SCAN-M 3:65. Realizándose pruebas en dos niveles para el refinado a 3000 y 5000 revoluciones por proceso.

3.4.5. Formación y acondicionamiento de hojas de ensayo (TAPPI 205 os-71)

La formación de hojas para los ensayos físicos se realizó conforme a la norma con cada una de las pulpas obtenidas, obteniendo hojas de aproximadamente 2 g por cada especie.

Las hojas se acondicionaron según la norma NTP-ISO 187 a 20º ± 2ºC de temperatura y a 65 por ciento de HR ± 2 por ciento HR (ANEXO 1. Figura 9)

3.4.6. Los ensayos físico-mecánicos para las hojas.

Los ensayos se realizaron siguiendo las siguientes normas técnicas, según se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 3. Tabla de normas utilizadas para los ensayos.

PROPIEDAD	NORMA
Resistencia a la tensión	Norma TAPPI 404 cm-92
Alargamiento por tensión	Norma TAPPI 404 cm-92
Resistencia al rasgado	Norma TAPPI 220 os-71
Determinación de blancura	Norma TAPPI T452 om-98
Determinación de la opacidad	Norma TAPPI 410 om-98
Doble pliegues	Norma TAPPI 511 om-96
Permeabilidad: Método Gurley	Norma ITENTEC 272:018
Espesor y densidad	Norma NTP-ISO 534
Gramaje	Norma NTP-ISO 536
Humedad de las hojas	Norma TAPPI - 412

a) Alargamiento y resistencia a la tensión.

Se alineo y sujetó la muestra primero en la mandíbula superior y, después fue eliminado cuidadosamente cualquier holgura notable, en la mandíbula inferior; se precargó la muestra si es necesario. La alineación adecuada del papel en las abrazaderas evitó el tipo de rotura de mandíbula. Se evitó tocar con los dedos el área de prueba entre las pinzas.

Cada muestra fue cargada de la siguiente manera hasta que se rompa, ajustando la velocidad de la máquina para que el tiempo promedio de descanso sea entre 5 s y 15 s. El tiempo puede extenderse a 30 s cuando

se prueban papeles de alta elongación como como crepé y papeles extensibles.

b) Resistencia al rasgado.

Se elevó el sector del péndulo a su posición inicial y fue colocado el puntero contra su tope. La muestra fue centrada en las abrazaderas con el borde inferior cuidadosamente colocado contra los topes. Se sujetó firmemente la muestra usando aproximadamente la misma presión en ambas abrazaderas. Se hizo el corte inicial del cuchillo. Fue presionado el tope del péndulo rápidamente hasta donde llegue y fue soltado el péndulo. Se mantuvo presionada la parada hasta completar la rotura y que se atrape el péndulo en el columpio de retorno sin perturbar la posición del puntero.

Se hizo solo una prueba por muestra, cada muestra consistió en el mismo número de capas. Hacer pruebas alternativamente con los lados de alambre de todas las capas de un espécimen mirando hacia el péndulo y con los lados de alambre de todas las capas lejos del péndulo. Se aseguró de que la muestra se encuentre inclinada hacia el péndulo.

Fue registrado las lecturas de escala a la media división más cercana; también se registró el número de capas utilizadas en los especímenes; si la línea de desgarro no pasa a través del borde superior de la muestra, pero se desvía hacia un lado, observe e informe esto, pero no use la lectura así obtenida.

Fue calculado la fuerza de desgarre promedio en milinewtons de la siguiente manera:

Para el instrumento estándar de 1600 gf con escala 0-100:

Fuerza de desgarre promedio, mN = (16 × 9.81 × lectura de escala promedio) / número de capas

Si un instrumento tiene una escala métrica SI (por ejemplo, 0-1000 graduaciones):

Fuerza de desgarre promedio, mN = (16 × lectura de escala promedio × capacidad, N) / (número de capas × 15.7 N)

Si un instrumento tiene una escala de lectura directa (por ejemplo, lectura digital) que da directamente la fuerza por capa cuando preestablecido para el número de capas:

Fuerza de desgarro promedio, mN = lectura de escala si está directamente en milinewtons.

c) Determinación de blancura.

Las muestras se colocaron bajo el filtro de luz azul (456 Nm), con una lectura por hoja, para luego determinar el promedio de las lecturas en °GE.

d) Determinación de la opacidad.

Photovolt, donde se inició con el calibrado el equipo con un paquete, las muestras son observadas con el filtro verde (570 Nm) y se calibro a 100, se realizó la toma de datos a las muestras respectivas.

e) Permeabilidad de Gurley.

Se utilizó el Porosimetro Gurley, se colocó las muestras en la zona de ensayo, calibrando el volumen del aire, para el ensayo a 100 cc., se soltó el cilindro flotante sobre la hoja, y se observó la lectura de permeabilidad en seg/100 cc aire.

f) Espesor y densidad.

Las muestras de hojas se introdujeron en el micrómetro y se tomó el promedio de 2 lecturas.

La densidad fue determinada su valor con la siguiente formula:

$$D = G/E$$

Donde: D: Densidad expresada, en g/cm^3

G: Gramaje del papel, en g/m^2

E: Espesor del papel (um)

g) Gramaje.

Se pesó cada hoja en la balanza analítica y con ese valor se determinó el gramaje, teniendo en cuenta que el área de cada hoja equivale a 200cm^2, se utilizó la formula siguiente:

G= 50*m

Donde:

G: Gramaje del papel, en g/m^2

m: Masa de cada hoja de papel obtenido (gr)

h) Humedad de las hojas de papel.

El contenido de humedad es una magnitud que representa la cantidad de agua físicamente absorbida en la estructura del papel y se obtiene como un porcentaje del peso seco del material.

Se determinó por diferencia entre el peso del papel acondicionado a una temperatura y humedad relativa constante y el peso seco del papel, obtenido por el método gravimétrico, cuando este fue secado a 105 ± 2 °C hasta obtener el peso constante.

3.4.7. Material.

El material estudiado estuvo constituido por muestras lignocelulósico de ***Simarouba amara*** aublet (Marupa).

3.4.8. Material de laboratorio.

- Bolsas de tela (para el lavado de la pulpa).
- Filtro de tela.
- Probetas graduadas.
- Guantes de hule.
- Papel secante de celulosa.
- Papel filtro.
- Probeta de 100 mL
- Matraz de 250 mL
- Mallas.
- Depósitos de plástico aproximadamente de 3 a 4 litros.
- Depósitos de plástico aproximadamente de 13 a 15 litros.
- Vasos de precipitado, probetas, pipetas, fiolas, matraces erlenmeyer y otros.

3.4.9. Reactivos.

Los reactivos utilizados para el pulpeo químico fueron:

- Antraquinona como catalizador.
- Alcali.
- Hidróxido de sodio (NaOH).
- Agua destilada.

3.4.10. Equipos.

- Prensa hidráulica.
- Reflectómetro.
- Micrómetro.
- Tensiómetro y accesorios.
- Guillotina.
- Rasgómetro y accesorios.
- Estufa de secado a 105 °C.
- Refrigerador.
- Sierra de disco portátil (ingleteadora).
- Baño maría.
- Balanza analítica.
- Campana desecadora y pinzas.
- Digestor rotatorio, capacidad 15 L, y accesorios.
- Centrifugadora.
- Refinador de pasta PFI.
- Aparato de control de ***Schopper Riegler***.

3.5. Procesamiento para recolección de datos.

Siguiendo los métodos y procedimientos establecidos, se realizaron los diversos trabajos experimentales del rendimiento y determinación de algunas propiedades físico – mecánicas de las hojas del papel obtenido.

En las tablas y figuras, se indican los resultados cuantitativos en base a promedios obtenidos en dichos procesos obteniendo las propiedades físicas y mecánicas del papel, siguiendo metodologías y normas establecidas

Se realizaron 5 grupos de ensayos, los cuales estuvieron constituidos por 4 muestras cada una de la siguiente manera.

3.6. Tratamiento de datos.

A los datos obtenidos se le aplicó un análisis de varianza de tres factores ($ANVA_3$) y aplicar una prueba de Duncan a un nivel de 0.05; para "P" poblaciones es proporcionada por la tabla de Duncan; en cada propiedad, para la comparación de medias.

$$Sx = \sqrt{\frac{CMr}{n.}}$$

Dónde: n. = número de observaciones que participa en el experimento.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Propiedades físico-mecánicas

Los resultados del control de ensayos físico-mecánicos de las hojas elaboradas se muestran en la tabla 4

Tabla 4. Resultados de control de ensayos físico-mecánicos.

ENSAYOS	Unidad	T°=28,7 1	HR= 54% 2	F:10/01/19 3	F:1000 4	AA 16% S/A 5	3000 ref. $\overline{X}$	ISO *
MASA DE HOJA	G	1.561	1.4448	1.5553	1.5246	1.5353	1.5242	1.5 g
GRAMAJE (g)	g/m^2	78.5	72.24	77.765	76.23	76.76	76.299	76 g/m^2
ESPESOR	um	9.5	9	10.16	9.5	9	9.432	94.3 um
DENSIDAD	g/cm^3	0.8263	0.8026	0.7654	0.8024	0.8528	0.8099	0.81 g/cm^3
VOLUMEN MASICO	cm^3/g	1.21	1.25	1.31	1.25	1.17	1.238	1.2 cm^3/g
BLANCURA	%	19	19	19	19	19	19	19% photovolt
OPACIDAD	%	91	90	86	86	86	87.8	87.8% photovolt
PERMEABILIDAD G.	Seg/100cm^3	4.4	4.1	3	3.75	4.6	3.97	3.97 seg/100cm^3
TENSION	Kg.	4.5	3.7	4	3.6	4.5	4.06	3609.62 m
ALARGAMIENTO	%	3	2	2.5	2.5	3.5	2.7	2.70%
RASGADO N°5	g-cm	5.5	5	4	4	4	4.5	1.95 mN-m^2
HUMEDAD	%	4.62	4.4461	3.4894	8.1042	4.1929	4.97052	4.90%
SEQUEDAD		0.9497						

Realizando una comparación con el gramaje obtenido por (Rios, 2017) de las hojas de papel elaboradas con fibras de mesocarpo que varía entre 80.17 g/m^2 y 176.37 g/m^2 y en esta investigación el gramaje obtenido fue menor con 76.30 g/m^2; por lo tanto según NTP-ISO 536 (Papel y cartón, Método para determinar el gramaje) el gramaje obtenido por esta investigación muestra que el papel obtenido tiene aptitud papelera ya que esta en < 224 g/cm^2.

4.2. Espesor del papel.

El espesor del papel se mide en micras; donde se recolectaron los datos; teniendo en cuenta el Factor, el porcentaje de Álcali, y el número de vueltas para el refinado; los cuales se presentan como sigue.

Tabla 5. Espesor del papel (um) en el factor 1000.

	F 1000							
	16% S/A		16% C/A		20% S/A		20% C/A	
	3000	**5000**	**3000**	**5000**	**3000**	**5000**	**3000**	**5000**
	9.5	7	7.16	6.5	7.5	7	6.5	6.5
	9	7	7.66	5.5	7.33	6.5	6.33	6.6
	10.16	6.6	7.66	7.16	6.5	7.16	6.66	7
	9.5	7	8	6	7.5	6.5	6.5	7.5
	9	7.5	7	6.66	7	7	6.5	6.83
	47.16	35.1	37.48	31.82	35.83	34.16	32.49	34.43
	445.73	246.81	281.62	204.12	257.48	233.77	211.17	237.71
	444.81	246.4	280.95	202.5	256.76	233.38	211.12	237.08
	0.91	0.41	0.67	1.62	0.72	0.38	0.05	0.62
X	**9.43**	**7.02**	**7.5**	**6.36**	**7.17**	**6.83**	**6.5**	**6.89**
S	0.43	0.29	0.37	0.57	0.38	0.28	0.1	0.35
CV	4.53	4.07	4.87	8.94	5.3	4.06	1.61	5.13

Tabla 6. Espesor del papel (um) en el factor 1200.

	F 1200							
	16% S/A		16% C/A		20% S/A		20% C/A	
	3000	**5000**	**3000**	**5000**	**3000**	**5000**	**3000**	**5000**
	7.33	7.33	7	6.5	6.6	6	6.33	6.16
	7.5	6.83	7.16	7	6.5	6.5	6.33	6.5
	7.16	7.16	7.5	6.6	6.6	6.83	6.5	6
	7.16	7.33	7	6	6.5	6.5	6.5	6.16
	7.5	7.5	7.33	6.33	6	6.5	6.5	6
	36.65	36.15	35.99	32.43	32.2	32.33	32.16	30.82
	268.76	261.62	259.24	210.88	207.62	209.4	206.89	190.14
	268.64	261.36	259.06	210.34	207.37	209.05	206.85	189.97
	0.12	0.26	0.19	0.54	0.25	0.35	0.03	0.17
X	**7.33**	**7.23**	**7.2**	**6.49**	**6.44**	**6.47**	**6.43**	**6.16**
S	0.15	0.23	0.19	0.33	0.22	0.27	0.08	0.18
CV	2.07	3.14	2.7	5.06	3.49	4.11	1.29	2.96

En cuanto al espesor esta en un rango de 6,16 um (0,00616 mm) hasta 9 um (0,009 mm) y según NTP-ISO 534 (Papel y cartón, Método para determinar el espesor) afirma que espesor menor a 3 mm es utilizado como papel.

De la tabla anterior se presenta el grafico de los promedios de espesor.

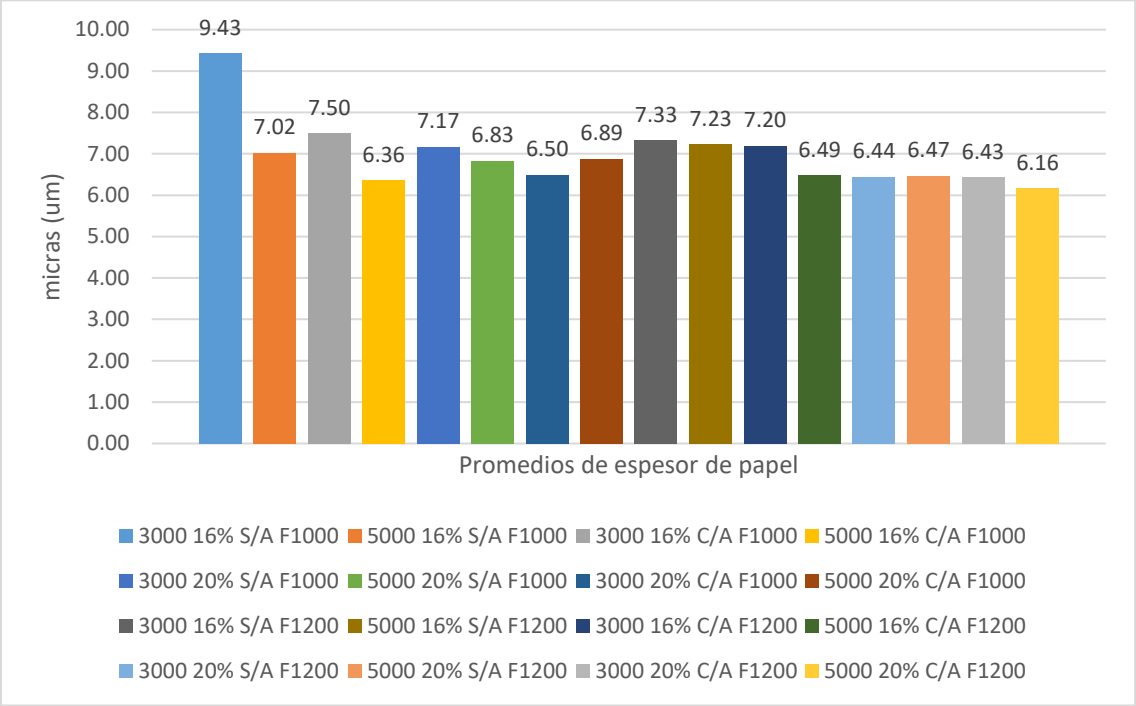


Figura 5. Promedios del espesor.

4.2.1. ANVA$_3$ – Espesor del Papel.

De los datos obtenidos en la tabla anterior se aplica el Análisis de Varianza de tres Factores.

Tabla 7. ANVA$_3$ – Espesor del papel.

Fuente de varianza	Gl	SC	CM	Fobs
Entre Factor	1	4.87	4.87	42.73
Entre porcentaje de álcali	1	10.05	10.05	88.19
Entre número de vueltas	3	12.86	4.29	37.59
Int. Factor x porcentaje álcali	1	0.01	0.01	0.10
Int. Factor x número de vueltas	3	5.77	1.92	16.88
Int. Álcali x número de vuelta	3	7.47	2.49	21.84
Int. Fac x Álcali x Vueltas	3	3.73	1.24	10.90
Error	64	7.30	0.11	
Total	79	52		

Teniendo como resultado durante la aplicación de la Prueba de la F.

$$F_{obs} > F_{1-\alpha} \Rightarrow RHo*$$

Población 3 y 64 gl.

Tabla 8. Tabla de condición de la Hipótesis en comparación con el F observado vs el F tabular.

		0.05	0.01	
42.73	>	2.752	4.112	RHo**
88.19	>	2.752	4.112	RHo**
37.59	>	2.752	4.112	RHo**
0.10	<	2.752	4.112	Aho
16.88	>	2.752	4.112	RHo**
21.84	>	2.752	4.112	RHo**
10.90	>	2.752	4.112	RHo**

De los cuales se rechazaron, existiendo diferencia significativa.

4.2.2. Aplicando la prueba de DUNCAN.

La prueba de DUNCAN permitirá conocer mediante la comparación de medias la existencia de diferencia significativa entre las medias poblacionales. Ordenando las medias de mayor a menor, se presenta los siguientes resultados de acuerdo a cada uno de los factores mencionados.

$$ALS(D) = AES\,(D)\sqrt{\frac{CMr}{n.}} \qquad 2\,Pob = 2.827\sqrt{\frac{0.11}{80}} = 0.107$$

$$P = Poblaciones,\ gl = 64;\ \propto\ = 0.05$$

$$3\,Pob = 2.977\sqrt{\frac{0.11}{80}} = 0.112 \qquad 4\,Pob = 3.077\sqrt{\frac{0.11}{80}} = 0.116$$

a) Entre número de vueltas.

Tabla 9. Nivel de diferencia significativa a nivel del número de vueltas.

I	II	III	IV
7.59	6.91	6.89	6.48

b) Entre Factor.

Tabla 10. Nivel de diferencia significativa a nivel Factor H.

I	II
7.21	6.72

c) Entre Porcentaje de Álcali.

Tabla 11. Nivel de diferencia significativa a nivel de porcentaje de Álcali

I	II
7.32	6.61

Según (Rubio, 2018) manifiesta que los resultados obtenidos, se concluye que el álcali activo influye de manera significativa en las propiedades físico-mecánicas de ambas especies en estudio. Por los resultados obtenidos podemos atribuir las diferencias a la especie, al número de vueltas y al reactivo utilizado. Sin embargo, coincido que el reactivo, factor H y el número de vueltas, influyen de forma significativa en los resultados y calidad del papel.

Por su parte (Gratelly, 2017) y (Mory, 2016) concluyen que los resultados demostraron que la que ambos estudiaron, presenta características positivas para la elaboración de pulpa para papel. Durante los ensayos ejecutados resulta que la especie en estudio de la presente investigación también presenta características positivas para la elaboración de pulpa para papel. Lo cual concuerdo con los autores mencionados.

4.3. Rendimiento de la pulpa.

Luego del lavado de la pulpa donde se eliminó el exceso de agua se obtuvo el peso húmedo, en donde se aplicó la fórmula de rendimiento como se señaló anteriormente; lo cual obtuvo el siguiente resultado.

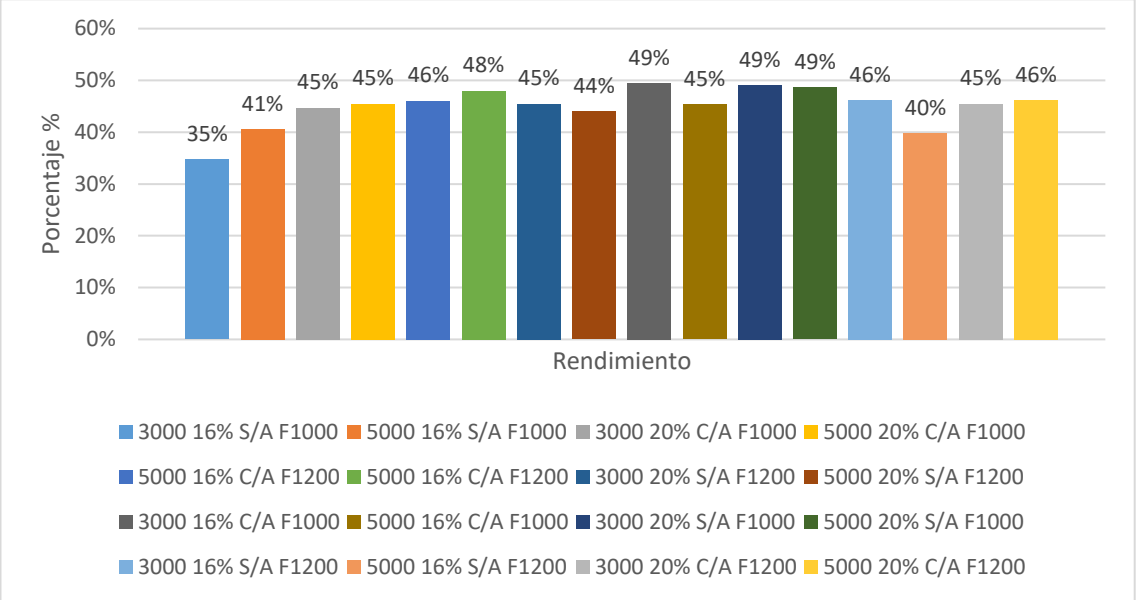


Figura 6. Rendimiento en porcentaje.

Como se observa en la figura 6, los de mayor rendimiento para pulpa son los de 3000 16% C/A F1000, 3000 20% S/A F1000 y 5000 20% S/A F1000 con 49% de rendimiento; y 5000 16% S/A F1200 con 48%, lo cual son valores más altos que los encontrados por (Rios, 2017) con El rendimiento promedio de pulpa seca que fue de 11.32%., pudiéndose atribuir a que las especies distintas que el autor utilizó. De otro lado coincide se acerca con el rendimiento encontrado por (Gratelly, 2017) y (Mory, 2016); pudiéndose atribuir a las especies nativas utilizadas durante su investigación.

CAPITULO V
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

a. La especie ***Simarouba amara*** Aublet (marupa), presenta un rendimiento de 49% con 3000 16% C/A F1000, 3000 20% S/A F1000 y 5000 20% S/A F100; siendo esta característica principal positiva para la elaboración de pulpa para papel.

b. El reactivo, factor H y el número de vueltas, influyen de forma significativa en los resultados y calidad del papel.

c. Los ensayos podrían ser aún mejores con más números de vueltas según los resultados obtenidos.

d. La especie ***Simarouba amara*** Aublet (marupa), no presenta dificultado al momento de la obtención de la pulpa.

e. La especie en estudio y las especies estudiadas por los autores locales, mencionados en la discusión son fuente de materia prima para la elaboración de papel.

f. Las concentraciones empleadas en la presente investigación del Álcali actúan de forma favorable en la elaboración de papel.

g. El Álcali no es determinante para la obtención del rendimiento de la pulpa química, pudiéndose obtener hasta un rendimiento del 49%.

h. Según el gramaje y espesor obtenido en dicha investigación la especie ***Simarouba amara*** Aublet (marupa) es apto para elaboración de pulpa y papel.

5.2. Recomendaciones.

a. Promover la especie ***Simarouba amara*** Aublet (marupa), con estudios en diferentes condiciones para la elaboración de papel.

b. Mantener los tres factores correspondientes al reactivo, factor H y el número de vueltas, variando en las concentraciones, en el factor y el número de vueltas y variar en los resultados y calidad del papel.

c. El número de vuelta según los resultados obtenidos se propone ampliar aún más con respecto a la especie ***Simarouba amara*** Aublet (marupa).

d. Proponer a la especie ***Simarouba amara*** Aublet (marupa), para la obtención de la pulpa.

e. Realizar estudios de otras especies para la obtención de pulpa para papel como fuente de materia prima para la elaboración de papel.

f. Variar las concentraciones empleadas en la presente investigación del Álcali y estudiar su influencia en la calidad del papel.

g. Investigar el rendimiento de otras especies nativas para la obtención de pulpa para papel, como fuente de materia prima.

h. De acuerdo a las propiedades físico-mecánicas evaluadas, se debería realizar estudios de tratamientos de blanqueo para su posterior utilización en la fabricación de papel bond, papel estucado y papel de servilleta

BIBLIOGRAFIA

Cárdenas, A. (2018). GUÍA DE PRÁCTICAS 2018-II - Productos Forestales de Transformación Química. La Molina - Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina.

Carvajal, G. (2016). Obtención de pulpa de papel a partir de residuos de la naranja común y limón ponderoso. Obtenido de Universidad Central del Ecuador: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6856

De La Cruz, B. (2013). OBTENCIÓN DE PULPA BLANCA A PARTIR DE PAPEL IMPRESO RECICLADO MEDIANTE EL PROCESO DE DESTINTADO ELECTROLÍTICO. Obtenido de Universidad Nacional del Centro del Perù: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3714/De%20La%20Cruz%20Yarasca%20-%20Fuente%20Cuenca.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gratelly, W. (2017). Evaluación física de la pulpa química a la soda para papel de la especie Guazuma crinita (Bolaina blanca), proveniente de una plantación en el centro poblado San Pablo de Tushmo - Yarinacoha. Obtenido de Universidad Nacional de Ucayali: http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3493

Jiménez, E. (2017). Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de agavaceas: potencial elaboración de papel tipo artesanal. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo - Mexico: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/doctorado/documentos/tesis_edith.pdf

León, C. (2012). DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE PAPEL RECICLADO ECOLÓGICO A ESCALA LABORATORIO USANDO PERÓXIDO DE HIDRÓGENO. Obtenido de UNIVERSIDAD DE CARTAGENA - COLOMBIA: http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/112/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf

Mory, J. (2016). Obtener y evaluar la pulpa química a la soda para papel en tres niveles del fuste de la especie Eucaliptus urograndis proveniente de una plantación experimental en la Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de Universidad Nacional de Ucayali: http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3285

PRODUCE. (2018). Descripción del Sub Sector. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/SECTPERFMAN/2109.pdf

Ramos, E. (2014). Marupa Simarouba Amara . Obtenido de consultora forestal de WWF - Perú: assets.panda.org/downloads/guia_marupa.pdf

Rios, A. (2017). “Producción de papel artesanal a partir de residuos de cáscaras de naranja de las juguerias del Mercado Tahuantinsuyo - Independencia, 2017. Obtenido de Universidad Cesar Vallejo: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12609/Rios_PAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rubio, M. (2018). PULPA QUÍMICA, MÉTODO SODA ANTRAQUINONA, A PARTIR DE TALLOS DE Guadua angustifolia Y Bambusa vulgaris. Obtenido de Universidad Agraria La Molina: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3341/rubio-alvarez-maria-fernanda.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tamarit, J. (1996). Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. Obtenido de Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal: https://www.redalyc.org/pdf/617/61720204.pdf

Valentini, G. (2003). La poda en frutales y ornamentales - Consideraciones básicas. Obtenido de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intasp-valentini-poda_en_frutales-bdt15.pdf

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
UNU
PUCALLPA - PERÚ

ANEXO 1



Figura 7. Poda de árboles de *Simarouba amara* Aublet (marupa)



Figura 8. Chipiado de las ramas de *Simarouba amara* Aublet (marupa)



Figura 9. Muestras chipeadas de *Simarouba amara* Aublet (marupa)



Figura 10. Digestor para pulpa y papel



Figura 11. Shopper para pulpa y papel



Figura 12. Refinador para pulpa y papel

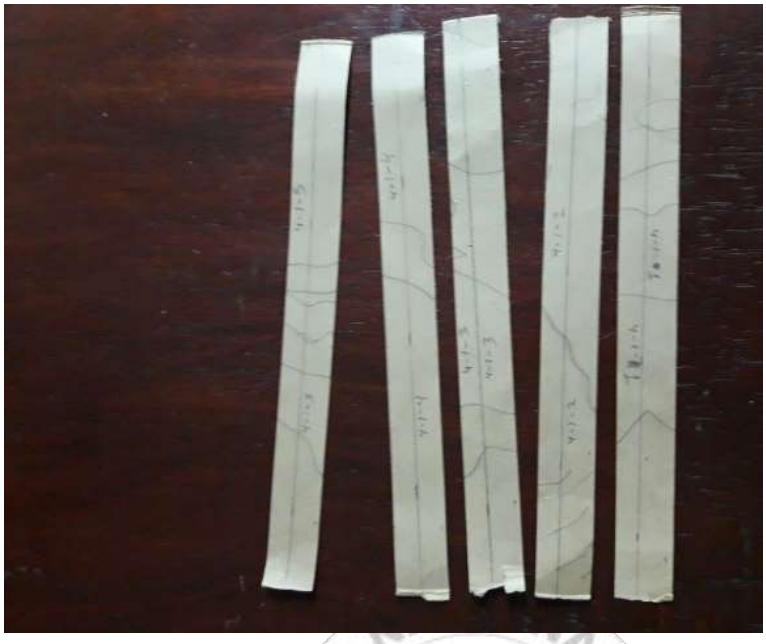


Figura 13. Tiras de papel para el alargamiento y tensión



Figura 14. Tensión y alargamiento del papel.



Figura 15. Determinación del espesor.



Figura 16. Determinación de la opacidad.

ANEXO 2

Tabla 12. Resumen de control de datos.

Nº Grupo	Código	Nº Muestra	Licor Negro (gr)	Licor Negro (ml)	Peso Húmedo Pulpa (gr)	Peso Incocidos (gr)	%H Pulpa	Rendimiento (%)	20 gr P.S	Peso seco Pulpa	30 gr P.S	Peso hoja de 2 gr	Shopper SRº	Nº Vueltas Refinado
1	S/A 16	M1	312.70	295.00	248.30	40.50	79.02	0.34729	95.320	52.0933	142.99	2.2680	27	3000
		M2	244.70	230.00	225.50	75.70	73.00	0.40590	74.074	60.8850	111.11	2.0152	25	5000
	C/A 20	M3	261.70	228.00	233.80	0.3.2	71.28	0.44765	69.630	67.1474	104.45	1.9700	34	3000
		M4	251.90	226.00	236.80	0.3.7	71.21	0.45450	69.469	68.1747	104.2	1.7186	32	5000
2	C/A 16	M1	316.00	300.00	246.50	26.50	71.97	0.46063	71.350	69.0940	107.02	1.8260	29	3000
		M2	296.10	275.00	256.80	11.39	71.97	0.47987	71.350	71.9810	107.02	1.7996	29	5000
	S/A 20	M3	382.40	325.40	247.30	3.00	72.41	0.45487	72.490	68.2301	108.73	1.9088	32	3000
		M4	330.10	305.00	258.00	1.94	74.43	0.43980	75.270	65.9706	112.9	1.9313	33	5000
3	C/A 16	**M1**	**247.20**	**220.00**	**239.20**	**12.80**	**68.99**	**0.49451**	**64.490**	**74.1759**	**96.74**	**1.9228**	**29**	**3000**
		M2	224.90	210.00	242.70	43.50	71.96	0.45369	71.327	68.0531	106.99	1.7817	27	5000
	S/A 20	M3	365.70	340.00	248.50	5.47	70.38	0.49070	67.522	73.6057	101.28	1.8526	27	3000
		M4	343.70	315.00	253.90	4.69	71.27	0.48630	69.610	72.9455	104.42	1.8883	31	5000
4	S/A 16	M1	352.20	326.00	246.80	46.50	71.94	0.46168	71.275	69.2521	106.91	1.7866	27	3000
		M2	351.70	326.00	217.08	61.80	72.47	0.39841	72.640	59.7621	108.97	1.9437	31	5000
	C/A 20	M3	351.80	325.00	251.30	11.00	72.87	0.45452	73.710	68.1777	110.57	1.8621	32	3000
		M4	372.80	350.00	258.70	10.40	73.23	0.46169	74.710	69.2540	112.06	1.7426	40	5000

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Departamento Académico de Industrias Forestales

Área de Transformación Química-Laboratorio de Pulpa y Papel

INFORME DE EJECUCIÓN DE TESIS

EL JEFE DEL LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL (LPP) DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA "LA MOLINA (UNALM)", INFORMA LO SIGUIENTE:

Que, el Sr. ANTONY ENRIQUE CARPIO LAULATE, egresado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali ha desarrollado su trabajo de tesis de pregrado titulado: *Obtención y Determinación de posibles usos del papel proveniente de la primera poda de la madera Simarouba amara Aublet (marupá) en la plantación de cinco años de la Estación Experimental Agraria Pucallpa en Callería*. El trabajo experimental se ha llevado a cabo en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la UNALM, bajo mi supervisión, del 29/11/2018 al 17/01/2019. El Sr. Carpio ha realizado las respectivas actividades de investigación sobre pulpeo químico, refinado de pulpa, formación de hojas y ensayos de papeles. Los costos de ejecución de la tesis en este laboratorio ascienden a un valor de S/.21600.00, que han sido asumidos íntegramente por el laboratorio.

El Sr. Carpio ha realizado su trabajo de tesis plena satisfacción nuestra, quedando pendiente la entrega de un ejemplar de la tesis y el reconocimiento al laboratorio LPP-UNALM, por el apoyo brindado.

Se emite el informe correspondiente, en la ciudad de Lima, del día 18 de enero del 2019, a las 10h30.

HÉCTOR ENRIQUE GONZALES MORA, *PH.D.*
Jefe LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL
Profesor principal UNALM
CIP 31024

Dirección: Av. La Universidad s/n Apdo. 12-056-La Molina, Lima 100 PERÚ
Telefax (51-1) 6147800 anexo 229 Correo electrónico: egonzales@lamolina.edu.pe