UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

"OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PULPA PARA PAPEL DEL ENDOCARPIO DEL FRUTO DE *Mauritia flexuosa* (AGUAJE)"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

LIANA GREYS JESUS DIAZ

PUCALLPA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

"Año de la Universalización de la Salud"

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°406

En la ciudad de Pucallpa a las 13:50 pm del día viernes 17 de enero del 2020, mediante Memo múltiple: 233-2019-UNU-FCsFyA-CGT, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador conformado por el Dr. MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS (Presidente), Ing. Mg. ALEX RENGIFO ZUMAETA (Miembro) y Dr. DAVID LEON MORENO (Miembro), en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales-UNU para evaluarla tesis titulada "**"Obtención y evaluación de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)"**, presentado por la **Bach. LIANA GREYS, JESÚS DÍAZ**, asesorado por el Dr. Carlos Panduro Carbajal, después de finalizado la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, las cuales fueron absueltas por la sustentante.

En consecuencia, la tesis fue aprobado por **UNANIMIDAD** y recomendación de publicación, quedando expedito para el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Siendo las 15:00 se dio por concluido este acto académico y firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS
Presidente

Ing. Mg. ALEX RENGIFO ZUMAETA
Miembro

Dr. DAVID LEON MORENO
Miembro

C.c. Miembros del Jurado (3)
Asesor
Interesado
Archivo

ACTA DE APROBACION

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, integrado por los siguientes catedráticos:

Dr. MANUEL IVÁN SALVADOR CÁRDENAS

PRESIDENTE

Dr. DAVID LEON MORENO

MIEMBRO

Ing. Mg. ALEX RENGIFO ZUMAETA

MIEMBRO

Dr. CARLOS PANDURO CARBAJAL

ASESOR

Bach. LIANA GREYS JESUS DIAZ

TESISTA

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

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°080-2020

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

OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PULPA PARA PAPEL DEL ENDOCARPIO DEL FRUTO DE MAURITIA FLEXUOSA (AGUAJE).

Cuyo autor (es)	:	**JESUS DIAZ, LIANA GREYS**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	INGENIERIA FORESTAL
Asesor	:	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 FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 18/02/2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL
DRA. DINA PARI QUISPE
Direc. Gral Prod. Intel

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, LIANA GREYS JESUS DIAZ

Autor de la TESIS titulada:

" OBTENCION Y EVALUACION DE LA PULPA PARA PAPEL DEL ENDOCARPIO DEL FRUTO DE Mauritia flexuosa (AGUAJE)"

Sustentada el año: 2020

Con la asesoría de: Dr. CARLOS PANDURO CARBAJAL

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Carrera Profesional de: INGENIERIA FORESTAL

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos:
Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su 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 forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en 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 carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.
En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 11 / 03 / 2020

Email: lg jesus diaz @gmail.com

Firma: 

Teléfono: 945254956

DNI: 45160434

DEDICATORIA

A mis amados padres: Job y Liana quienes le tengo eterna gratitud y cariño. Y a quienes, ahora, me regalan su amor y llenan mi vida de felicidad:

Raúl, mí adorado y amado esposo y Jobcenes Raúl, fruto de nuestro amor. Quienes son mi motor y motivo para seguir adelante y cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por acompañarme en todos los momentos de mi vida, todo lo que tengo, lo que logro y recibo es el regalo que él me ha dado.

A mis padres, a quienes agradezco de todo corazón por su amor, cariño y comprensión.

A la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, por la formación moral y académica.

Al Dr. Carlos Panduro Carbajal mi asesor, por brindarme sus sabios conocimientos.

A mi co-asesor el Ing. Forestal Pablo Petter Vela Mogrovejo, por su gran apoyo en la ejecución de esta investigación.

Al Técnico del Laboratorio de Transformación Química de Madera, Gerardo Arimuya Ihuaraqui de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindar las facilidades en el uso de materiales y reactivos del laboratorio.

A los miembros del jurado integrado por: Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas, Dr. David León Moreno, Ing. Mg. Alex Rengifo Zumaeta, por los sabios consejos para el término de esta investigación.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN……. 1

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA…….. 2

1.1. Formulación del problema…….. 2

1.2. Justificación……..... 4

1.3.Objetivo……. 6

CAPITULO II: MARCO TEORICO……. 7

2.1. Antecedentes de la especie…….. 7

2.1.1. Clasificación taxonómica……. 7

2.1.2. Distribución……..... 7

2.1.3. Tecnología de cosecha y pos cosecha…… 8

2.2 Algunos estudios realizados…….. 9

2.3 Planteamiento teórico…….10

2.3.1. El papel…… 10

A) Tipos de papel…… 11

A.1. Papeles de escritorio…….. 11

A.2. Papeles de imprenta…….. 11

A.3. Papeles mecano-técnicos…….. 11

A.4. Papeles para envases y embalajes…….. 11

B) Descripción de las principales propiedades…….. 13

B.1. Gramaje……. 13

B.2. Espesor…….. 14

B.3. Densidad…… 15

2.4. Utilización de materia prima fibrosa para la elaboración

de pulpa y papel……... 16

2.4.1. Materias primas no maderables…….. 18

2.5. Procesos de fabricación de pulpa para papel…… 20

2.5.1. Pulpa……... 20

2.5.2. Pulpa mecánica…….. 20

2.5.3. Pulpa química …… 21

2.5.4. Pulpa semiquímica……. 21

2.5.5. Pulpa semiquímica a la soda …… 23

2.5.6. Preparación de la pulpa para la elaboración del papel…… 25

CAPITULO III: METODOLOGIA…….. 28

3.1. Lugar de ejecución……. 28

3.2. Método de investigación……... 28

3.3. Población y muestra…….. 28

3.4. Instrumentos de recolección de datos…… 28

3.4.1. Material y equipo experimental…… 28

3.4.2. Material y equipo de gabinete…….. 29

3.4.3. Reactivos y aditivos……... 29

3.4.4. Materia prima…….. 30

3.5. Procedimientos de recolección de datos……... 30

3.5.1. Preparación de la materia prima……. 30

a) Determinación de masa…… 30

b) Calculo de humedad……. 30

c) Cantidad de materia prima para la cocción…….. 30

d) Reactivos de cocción…….. 31

e) Preparación del Soda Caustica (NaOH)…….. 31

f) Cocción…… 32
g) Tamizado, lavado de la pulpa…… 32
h) Rendimiento de pulpeo……... 33
i) Evaluación física…….. 33
i.1). Área del papel y gramaje…….. 33
i.2). Determinación del espesor o calibre (mm o cm)…….. 34
i.3). Densidad…… 34
i.4). Volumen del papel…… 35
3.6. Tratamientos de datos…….. 35
3.7. Diseño estadístico…… 35
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN…… 36
4.1. Contenido de humedad de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuos*(aguaje)…….. 36
4.2. Propiedades físicas del papel…… 38
4.2.1. Área del papel…… 38
4.2.2. Gramaje del papel…… 39
4.2.3. Calibre del papel…… 41
4.2.4. Volumen del papel…… 43
4.2.5. Densidad del papel…… 45
4.3. Rendimiento……... 47
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……. 50
5.1. CONCLUSIONES…… 50
5.2. RECOMENDACIONES…… 51
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA…….. 52
ANEXOS…… 55

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Márgenes aproximados de gramaje y espesor de papeles Comerciales…… 15

Tabla 2. Métodos semiquímicos para la producción de pulpa…….. 24

Tabla 3. Parámetros estadísticos del contenido de humedad (%) de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)……36

Tabla 4. Análisis de varianza del contenido de humedad de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 37

Tabla 5. Prueba de medias (Tukey) del contenido de humedad de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)… ……. 37

Tabla 6. Parámetros estadísticos del área del papel del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)……. 38

Tabla 7. Análisis de varianza del área del papel endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)……... 39

Tabla 8. Parámetros estadísticos del gramaje del papel del endocarpio delfruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 39

Tabla 9. Análisis de varianza del gramaje del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…… 40

Tabla 10. Prueba de medias (Tukey) del gramaje del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 41

Tabla 11. Parámetros estadísticos del calibre del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 41

Tabla 12. Análisis de varianza del calibre del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)……... 42

Tabla 13. Prueba de medias (Tukey) del calibre del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 43

Tabla 14. Parámetros estadísticos del volumen del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…… 43

Tabla 15. Análisis de varianza del volumen del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 44

Tabla 16. Prueba de medias (Tukey) del volumen del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 45

Tabla 17. Parámetros estadísticos de la densidad del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 45

Tabla 18. Análisis de varianza de la densidad del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 46

Tabla 19. Prueba de medias (Tukey) de la densidad del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…… 47

Tabla 20. Parámetros estadísticos del rendimiento de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)……... 47

Tabla 21. Análisis de varianza del rendimiento de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)……... 48

Tabla 22. Prueba de medias (Tukey) del rendimiento de la

pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…… 49

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Promedio del contenido de humedad (%) de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…… 36

Figura 2. Promedio del área del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 38

Figura 3. Promedio del gramaje del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)……. 40

Figura 4. Promedio del calibre del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…… 42

Figura 5. Promedio del volumen del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 44

Figura 6. Promedio de la densidad del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…… 46

Figura 7. Promedio del rendimiento de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)…….. 48

En Anexo 1: Evidencia fotografias de la investigación del proceso de la obtención y evaluación de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)..... 56

En anexo 2: Muestras fotográficas de papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) en diferentes concentraciones de soda caustica (NaOH)…….. 65

En anexo 3: Datos estadísticos de las muestras del papel..... 70

RESUMEN

La presente investigación titulada: Obtención y evaluación de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje), se realizó en el laboratorio de Transformación Química de la madera de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali. Por estas razones el objetivo general de la tesis fue: Obtener pulpa para papel con cuatro concentraciones de soda caustica del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje), y los objetivos específicos fueron: Determinar el rendimiento del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) en la obtención de pulpa para papel en cuatro concentraciones (0%, 5%, 10% y 15%) de soda caustica, evaluar las propiedades físicas (gramaje, espesor, densidad, factor de sequedad), químicas (pH) y óptica (color) de la pulpa para papel obtenido y determinar la calidad y el tipo de pulpa para papel obtenido de acuerdo a sus propiedades físicas.

Se muestra los resultados de un trabajo experimental para la obtención de pulpa para papel a partir de la parte del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje), con lo que se estaría en la capacidad de industrializar los residuos para la producción de pulpa y papel con menos impacto ambiental. De acuerdo al rendimiento obtenido del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje), donde el mayor rendimiento se obtuvo en el en el testigo (0%) con 49,775% y el menor rendimiento en la cuarta concentración (15%) con 29,137%.

Palabras clave: *Mauritia flexuosa* (aguaje), celulosa, lignina, papel, gramaje y rendimiento.

ABSTRACT

This research entitled: Obtaining and evaluating the pulp for paper of the endocarp of the fruit of *Mauritia flexuosa* (aguaje), it was carried out in the Laboratory of Chemical Transformation of the wood of the Faculty of Science Forestry and Environmental of the National University of Ucayali. For these reasons the general objective of the thesis was: Obtain paper pulp with four concentrations of caustic soda from the endocarp of the fruit of *Mauritia flexuosa* (aguaje), and the specific objectives were: To determine the yield of the endocarp of the fruit of *Mauritia flexuosa* (aguaje) in obtaining pulp for paper in four concentrations (0%, 5%, 10% and 15%) of caustic soda, evaluate the physical properties (weight, thickness, density, dryness factor) , chemical (pH) and optical (color) of the pulp for paper obtained and determine the quality and type of pulp for paper obtained according to its physical properties.

It shows the results of an experimental work to obtaining pulp for paper from the endocarp of the fruit of *Mauritia flexuosa* (water), which would be in the ability to industrialize waste for the production of pulp and paper with Less environmental impact. According to the yield obtained from the tearment of the endocarp of the fruit of *Mauritia flexuosa* (aguaje), where the highest yield was obtained in the control (0%) with 49,775% and the lowest yield in the quarter concentration (15%) with 29,137%.

Keywords: *Mauritia flexuosa* (aguaje), cellulose, lignin, paper, weight and yield.

INTRODUCCIÓN

La industria del papel es una actividad que, si bien ha ido implementando, en las últimas décadas, tecnologías menos contaminantes; la historia y los antecedentes vinculados a los contaminantes que esta actividad industrial podría generar, conlleva a que deba trabajar en un escenario con presiones de grupos ecologistas y/o conflictos ambientales. Por lo cual, es una actividad industrial que en términos ambientales se podría calificar como “conflictiva” (Carrasco, 2005).

La presente investigación se muestra los resultados de un trabajo experimental para la obtención de pulpa para papel a partir del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje), con lo que se estaría en la capacidad de industrializar los residuos para la producción de pulpa y papel con menos impacto ambiental.

Es sin lugar a duda que en todo proyecto de investigación en especial del tipo experimental de cualquier materia prima, en este caso de material de desecho sin aparente valor, representaría una alternativa de mejora en la calidad de vida de los actores directos e indirectos de la industria, porque significaría dar un valor agregado a su cultivo y a su calidad de vida, contribuyendo en el desarrollo socio - económico de la región.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema.

¿Se lograra obtener pulpa para papel con cuatro concentraciones de soda caustica (NaOH) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)?

A nivel mundial existe la creciente demanda de papel y, por consiguiente, la tala indiscriminada de árboles para su fabricación, en tal sentido se están realizando investigaciones que giran alrededor de la industrialización de los subproductos del aguaje, y el aprovechamiento de otras materias primas; estos estudios tienen cierto grado de aceptación, pero continúan siendo visibles resultados frente a su aplicación con miras a fortalecer la cadena productiva del aguaje. La parte fibrosa (celulosa) del fruto del aguaje, es uno de los residuos generados al momento de hacer comestible al mesocarpo del fruto del aguaje. Las posibilidades técnicas de aprovechar los recursos fibrosos de los bosques tropicales como materia prima para la industria de pulpa y papel, ha sido y son motivos de estudios en los centros de investigación a nivel mundial, donde los buenos resultados obtenidos, han determinado la utilización de estos recursos como materia prima para esta industria (Condori, 2010). Por otro lado, el problema de la contaminación en el mundo a causa del alto consumo de plásticos como envases, nos motiva a promover el uso de envases biodegradables a partir de la celulosa para la obtención de diferentes tipos de papel como glassine, tissue, cartones, envases tetrapak utilizados ampliamente en la agroindustria, es una alternativa que contribuirá a la reducción de la contaminación ambiental (Condori, 2010).

En esta presente investigación se aprovechó la parte del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje*)*, que no posee lignina, ya que es un compuesto químico que genera grandes inconvenientes para sacar una buena calidad de papel. Se obtuvo pulpa para ser papel en diferentes concentraciones cada uno de ellas con su respectivo porcentaje en rendimiento.

1.2. Justificación

La actividad de pulpa y papel genera residuos líquidos, produciendo muchas veces gran contaminación en el ambiente; la disminución de estos residuos líquidos y emisiones gaseosas reduciría significativamente la contaminación del ambiente. Uno de los grandes problemas que enfrentan las fábricas de pulpa y papel, es la eliminación de estos residuos líquidos y de las emisiones gaseosas, el cual genera costos importantes en materia ambiental y económica (Rojas, 2001).

Debido a las innumerables aplicaciones del papel su demanda en el mercado ha aumentado de manera progresiva, pero su producción trae consigo un gran impacto ambiental, lo que hace necesario la búsqueda de técnicas e innovaciones que reduzcan la tala indiscriminada de árboles para su fabricación, en tal sentido se están realizando investigaciones que giran alrededor de la industrialización de los subproductos del aguaje, dado a que la parte fibrosa del fruto de aguaje no contiene lignina que es un complejo polímero aromático asociado a los polisacáridos de la pared celular vegetal, su estructura estéreo−irregular y amorfa hacen de ella una molécula muy particular y difícil de degradar Industrialmente es necesario quitar la lignina de la madera para hacer el papel u otros productos derivados(Rojas ,2001). Parte del proceso básico para hacer celulosa y papel consiste en la eliminación de la lignina. Este compuesto, constituyente de la madera y que actúa como cemento en su estructura, es el principal obstáculo para poder obtener celulosa y papel de buena calidad, de tal forma que se contribuya al fortalecimiento de su consolidación como materia

prima alternativa para la producción de papel y en particular su difusión en la disminución del impacto ambiental (Rojas, 2001).

Rojas (2001).- Afirma que actualmente en el contexto internacional las fibras naturales recuperan espacio en el mercado mundial como insumos de gran ventaja en sostenibilidad y protección del ambiente, precisamente los intereses o preferencias ambientales de la sociedad están creando un nuevo concepto de mercadeo global, con énfasis en disminuir el deterioro del planeta, e innovar las tecnologías de cultivo, procesamiento y aplicación. En la actividad del aguaje, no solo se tiene beneficio del fruto o parte comestible sino puede aprovecharse toda la planta, para la extracción de fibras en la elaboración de pulpa para papel, especialmente de la parte del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje). Esta especie es un producto forestal no maderable, que puede generar un valor agregado.

El consumo en Pucallpa es variable, y diferentes estudios (realizados en condiciones diversas y analizando distintas variables, con enfoques disímiles) han arrojado resultados distintos (Rojas, 2001). Por esta razón, para fines del presente estudio se han tomado datos promedio, asumiéndose que el consumo diario en Pucallpa es de 12 toneladas, todos los días del año, o 300 sacos de 40 Kg por día.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

- Obtener pulpa para papel con cuatro concentraciones de soda caustica (NaOH) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el Contenido de humedad en la obtención de la pulpa para papel en cuatro concentraciones (0%, 5%, 10% y 15%) de soda caustica (NaOH).
- Evaluar las propiedades físicas (área, gramaje, densidad, volumen), químicas (pH) y óptica (color) del papel obtenido.
- Determinar el rendimiento de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) en la obtención de papel en cuatro concentraciones (0%, 5%, 10% y 15%) de soda caustica (NaOH).
- Determinar la calidad y el tipo de papel obtenido de acuerdo a sus propiedades físicas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la especie.

2.1.1. Clasificación taxonómica:

Clase: Monocotiledónea.

Orden: Arecales.

Familia: Arecaceae.

Género: Mauritia.

Especie: Flexuosa.

Nombre Científico: ***Mauritia Flexuosa.***

2.1.2. Distribución

Según García (2000) Menciona que se encuentra distribuida en toda América Tropical, es una especie nativa amazónica con alta concentración en la Amazonía Peruana, probablemente sea originaria de las cuencas de los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali, se cultiva y explota en poblaciones naturales en los Departamentos de Loreto, Ucayali, Huánuco y San Martín. Tiene una amplia distribución en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Venezuela y Guyana. Esta palmera se desarrolla en climas tropicales calurosos y húmedos con suelos drenados, suelos inundables.

El hábitat natural del aguaje está formado por pantanos y zonas con mal drenaje en la Amazonía, donde predominan los suelos permanente o temporalmente inundados. Crece en ecosistemas típicos denominados “aguajales”, también se encuentran en terrazas bajas que no son inundadas por el río o en partes altas con suelos

hidromórficos, en estos casos los grupos son más pequeños. Se adapta en terrenos no inundables con buen drenaje o drenaje deficiente, desde arenosos hasta provistos de abundante materia orgánica (García, 2000).

2.1.3. Tecnología de cosecha y pos cosecha

Según Avalos (2006).- Menciona que las áreas donde crece el aguaje se le conocen como aguajales, estos lugares son espacios pantanosos y permanentemente inundados, situados a niveles inferiores a los 500 m.s.n.m. Los aguajales cubren más de seis millones de hectáreas en la amazonía peruana, de las cuales cerca de 3´ 000, 000.00 millones son rodales de aguaje, con una densidad superior a las 250 palmeras por hectáreas.

Rojas, (2001), reportó que en Iquitos se consumen más de 12 toneladas al mes. El precio del saco de aguaje fluctúa entre S/ 10.00 a S/ 60.00 nuevos soles según tamaño y calidad. Los frutos deben ser cosechados antes de completar su maduración porque cuando maduran (color rojo oscuro), caen de la inflorescencia y se deterioran rápidamente, si son cosechados antes de la maduración pueden ser transportados sin deteriorarse. En este caso, la recolección se efectúa cuando los frutos del extremo inferior del racimo empiezan a ponerse oscuro. Cuando el racimo está a baja altura se puede cortar con ganchos filosos, pero conforme la palmera crece se dificulta la cosecha debido a que la inflorescencia está entre las hojas y es difícil de alcanzar. En este caso es frecuente observar la tala del árbol con la consiguiente predominancia de las plantas masculinas en los

aguajales y la facilitación para el ingreso de *Rhynchoporus palmarum* (Mimag, 1974).

2.2. Algunos estudios realizados.

Según FAO (2000).- Menciona que la industria de pulpa y papel en el Perú, este es un país importador neto de este producto, el cual proviene principalmente de Brasil. De manera general, la industria papelera se encuentra en buen auge en todos sus aspectos: ha incrementado el consumo, la producción y la capacidad mundial. Además, destaca el florecimiento del comercio, aunque su distribución se torna diferente entre los continentes, debido fundamentalmente al consumo per cápita que sitúa a EE.UU., Canadá y Europa en los primeros lugares. Debido a todas las razones antes expuestas, es posible introducir la pulpa en el mercado interno y externo y obtener niveles y calidad igual y superior a la de los países de mayor competencia.

En el estudio de “Factibilidad de uso de fibra de raquis de palma aceitera para elaborar papel” presentado por González (2005), tuvo por objetivo reducir la acumulación de desechos que resultan del procesamiento de la palma aceitera. Específicamente el autor del proyecto quiere determinar si la fibra del raquis de la palma aceitera (*Eiaeis guineesis*), es apta para realizar papel mediante el proceso de producción en "frío". Con el afán de gestionar un sistema de reciclaje de la fibra para mitigar el efecto de este material en el ambiente, y desarrollar una fuente de ingreso para las cooperativas y refinadoras de aceite.

Según Suarez (2016).- Afirma que el contenido de humedad de cáscaras de naranja es del 70 %.

Según Ríos (2017).- Afirma que realizo su investigación titulada “Producción de papel artesanal a partir de residuos de cáscaras de naranja de las juguerias del Mercado Tahuantinsuyo - Independencia, 2017” donde determino 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).

En la investigación titulada “Uso de la higuerilla en la obtención de celulosa a la sosa, blanqueada para uso en papel bond" se hace referencia de dicha investigación fue realizada en México-Morelia, donde se utiliza la higuerilla en la obtención de celulosa a la sosa, blanqueada para el uso y obtención de papel bond (Orihuela, 2011).

Según Condori (2010).- Menciona en la tesis titulada “Evaluación de las propiedades físicas químicas y ópticas del papel tipo glassine obtenido a partir de fibras de totora (*Schoenoplectus tatora*)”, determino las principales propiedades físicas, químicas y ópticas del papel tipo glassine, obtenido a partir de fibras de totora fueron: Gramaje 55.31g/m^2, Espesor 0.0028mm, Densidad 19.75g/cm^3, Opacidad 10%, Color blanco gris transparente según comparación con la muestra patrón se aproxima en un noventa por ciento.

2.3. Planteamiento teórico.

Según Casey, J (1990) Menciona:

2.3.1. El papel

El papel es un producto de consumo global que cuenta en la actualidad con una gama muy amplia de diferentes usos finales. Los principales se pueden

agrupar en: papeles de impresión y escritura, papeles para embalajes, y papeles sanitarios (Casey, J 1990).

A) Tipos de papel

A.1. Papeles de escritorio: Son papeles bien encolados y resistentes que deben tener una superficie fina, ser blancos y no deben volverse amarillentos con el tiempo, con amplio gramaje: de 60 g/m^2 a 150 g/m^2. En esta clasificación puede incluirse por ejemplo al papel oficio, secante, vegetal, carbón (Casey, J. 1990)

A.2. Papeles de imprenta: Generalmente no son muy finos; pueden contener cargas minerales y pasta de madera, también pasta del papel reciclado que les dan opacidad a las tintas de imprenta. Para los diarios, que emplean grandes cantidades de este papel, no son necesarias unas características especiales, ya que en este caso el papel se obtiene con porcentajes considerables de pasta de madera mecánica, que es la más económica. También pueden mencionarse los papeles pigmentados, tales como el papel lustre, papel de regalo (Casey, J. 1990).

A.3. Papeles mecano-técnicos: Cubren una amplia gama desde los papeles de embalaje a los papeles higiénicos. Son papeles de producción elevada que se fabrican en máquinas de anchos superiores y gran velocidad. A veces son bastos, sin tratamiento de depuración de pastas y sin blanqueo, ni cola (Casey, J. 1990)

A.4. Papeles para envases y embalajes: Existen diferentes tipos que desde el muy fino (papel seda) hasta el grueso y consistente

papel café (papel kraft), tissue, glassine, envases tetrapak, cartones, etc. (Fernández, 2003).

Según Pérez (2001 citado por Condori). **-** Menciona que existen diversos tipos de papel para envases, estos son los siguientes:

a) Papel kraft.

Es muy resistente, por lo que se utiliza para la elaboración de papel tissue, papel para bolsas, sacos multicapas y papel para envolturas, asimismo, es base de laminaciones con aluminio, plástico y otros materiales (Pérez 2001)

b) Papel pergamino vegetal.

Resistencia a la humedad, así como a las grasas y a los aceites. Es utilizado para envolver mantequilla, margarina, carnes, quesos, etcétera. Así como para envasar aves y pescados. También se utiliza para envolver plata y metales pulidos (Pérez 2001).

c) Papel GLASSINE.

Estos papeles son muy densos y tienen un alto grado de resistencia al paso de las grasas y los aceites. Este papel es translúcido y calandrado logrando una superficie con acabado plano; puede hacerse opaco adicionando pigmentos, también puede encerarse laquearse y laminarse con otros materiales. Son muy utilizados para envolturas, sobres, materiales de barrera y sellos de garantía en tapas. En la industria alimenticia se utilizan con frecuencia (Pérez 2001).

d) Papel tissue.

Son elaborados a partir de pulpas mecánicas o químicas, y en algunos casos de papel reciclado. Pueden ser hechos de pulpas blanqueadas, sin blanquear o coloradas. Este papel se utiliza para proteger algunos productos eléctricos, envases de vidrio, herramientas, utensilios, zapatos y bolsas de mano. Como papeles de grado no corrosivo son utilizados para envolver partes metálicas altamente pulidas (Pérez 2001).

e) Papeles encerados.

Brindan una buena protección a los líquidos y vapores. Se utilizan mucho para envases de alimentos, especialmente repostería y cereales secos, también para la industria de los congelados y para varios tipos de envases industriales (Pérez 2001).

B) Descripción de las principales propiedades

Según Casey (1991).- Menciona que las principales propiedades son:

B.1 Gramaje.

El peso es uno de los detalles más comunes relativos al papel. Debido a que éste se usa en forma de hoja y su área tiene más importancia que su volumen Casey (1991).

El peso del papel se expresa como gramos por metro cuadrado (gr/m^2) en el sistema métrico y se denomina gramaje". El peso del papel puede medirse en una balanza especialmente graduada. Esta debe tener una sensibilidad por lo menos de 0,1gramos; se requerirá

una sensibilidad mayor (0,01g ó 0,001) si las muestras por pesar miden menos de un metro cuadrado. El peso afecta principalmente las propiedades físicas y muchas de las propiedades ópticas del papel. La práctica comercial permite una variación del ± 5 por ciento del peso especificado" (Casey, 1991).

El contenido de humedad afecta relativamente en el peso base de un papel a otro, mucho depende de la humedad relativa del aire con el que está en contacto. Debido a que el gramaje o el peso base se expresa siempre como el peso total del papel incluyendo la humedad. Según los estudios debe determinarse el peso en condiciones estándar si se requiere que sea comercial. La condición estándar utilizada en Estados Unidos es de una humedad relativa del 50%, con temperatura de 23 ºC. El procedimiento acerca de la medición del gramaje se describe con todo detalle en el método estándar ISO 536.

B.2. Espesor.

El espesor es la distancia perpendicular entre dos superficies planas bajo una presión constante y uniforme" (Espinoza, et al 2003). Se mide con un instrumento denominado micrómetro y las unidades de medida se expresa en micras, puntos o mm.

El espesor del papel depende de su peso base, sin embargo, papeles del mismo gramaje pueden tener diferente espesor, dependiendo de su composición fibrosa, la refinación que se le haya dado a la pasta, la compresión a la que haya sido sometida la hoja

durante el proceso de fabricación, tanto en el prensado como en el calandrado y la porosidad". (Fernández, 2005).

El procedimiento se describe con todo detalle en el método estándar TAPPI T411. Así como en la norma ISO 534.

Tabla 01. Márgenes aprox. de gramaje y espesor de papeles comerciales

Tipo de papel	Gramaje (g)	Espesor (µm)
Papel glassine	30 a 75	25 a 70
Bond, para escribir	50 a 115	65 a 150
Sacos para cemento	120 a 195	230 a 635

Fuente: Casey, 1991

B.3. Densidad.

La densidad se expresa en gramos por centímetro cubico, y se calcula dividiendo el peso en gramos por metro cuadrado entre el espesor en micras. Con frecuencia se le denomina densidad aparente, porque incluye los espacios de aire del papel, y se calcula con base en el espesor medido, el cual es ligeramente superior al espesor real". (Casey, 1991). Algunos autores concuerdan que la densidad de la hoja final, le afectan muchos factores como la cantidad de unión de fibras, la presencia de materiales (cargas y aditivos) que llenan los huecos de la hoja y el calandrado. El efecto de las diferentes pulpas en la densidad de la hoja tiene relación con la finura y la flexibilidad de la fibra. En general, las pulpas tratadas al sulfato producen hojas con una densidad superior a la de las pulpas tratadas al sulfito y señalan también que las pulpas tratadas con

hidróxido de sodio (sosa cáustica) producen hojas de muy baja densidad (Casey, J. 1990).

2.4. Utilización de materia prima fibrosa para la elaboración de pulpa y papel

Según Abraham, E. (2011).- Menciona que la nanocelulosa (también conocida como celulosa microfibrilada (MFC), celulosa nanocristalina (NCC), celulosa nanofibrilada o celulosa nanofibrilar) es un material que se compone de fibrillas de celulosa a escala nanométrica. Sus dimensiones más típicas van desde los 5 a los 20 nanómetros de ancho y su longitud puede variar hasta los 2000 nanómetros.

Abraham, E. (2011) afirma que la producción de papel: debido a las propiedades de refuerzo de la nanocelulosa, ésta se emplea en la masa de pasta de papel; además gracias al uso combinado de las propiedades espesantes, de refuerzo y filmogénicas de la misma, se puede emplear en el recubrimiento de ciertos papeles especiales.

Según Peña (1998).- Menciona que el medio para obtener materia prima fibrosa es muy variada. En la actualidad la mayoría, proviene de vegetales, el origen de las mismas son diferentes, así como, fibras procedentes de: tallos, frutos, hojas. Clasifica a las fibras de la siguiente forma:

- Fibras de frutos: Pelos de semillas, algodón.
- Fibras de Tallos:
    - Fibras de Madera (Coníferas y latifoliadas)
- Fibras liberianas:

- Plantas maderables: Tejidos, corteza interior de los árboles.
- Herbáceos: Dicotiledóneas: linaza, cáñamo, yute
- Haces Vasculares de monocotiledóneas; paja de cereales, bagazo y bambú.

➢ Fibras de hojas: Sisal, Piña, Abacá

Dentro de los estándares industriales se considera que un material vegetal es apto para producir papel cuando presenta un porcentaje mínimo del 33 % de celulosa, componente básico en la elaboración del papel (Santiago, 1999). Las fibras de celulosa son un constituyente esencial de los tejidos vegetales, cuya función es la de dar resistencia a los mismos. La celulosa para la fabricación de papel se obtiene principalmente de madera (55%), de otras fibras vegetales denominadas no madereras (9%) y de papel recuperado (16%) (Smook, 1990).

Según Smook (1990).- Asevera que las fibras vegetales desde el punto de vista papelero son clasificadas en fibras cortas y fibras largas. Las fibras cortas miden de 0,5 mm a 1,5 mm. de longitud, mientras que las fibras largas tienen una longitud media de 2 mm a 5 mm. La longitud de las fibras es probablemente el único factor responsable de la resistencia al rasgado. La fibra larga produce una hoja con mayor resistencia al rasgado, mayor volumen específico, mayor porosidad, pero menor uniformidad; también se presenta un pequeño mejoramiento en propiedades tales como longitud de ruptura y doblez.

La fabricación de los diversos tipos de papeles existentes en el mundo, requieren de una gran variedad de materias primas fibrosas que van desde pulpas vírgenes obtenidas a partir de la madera hasta los diferentes

tipos de fibras secundarias dentro de las que se incluyen las fibras no madereras y las fibras procedentes de papel reciclado (García, 1988).

2.4.1. Materias primas no maderables

Según García (1988).- Menciona que los principales tipos de materias primas vegetales no madereras utilizadas en la industria papelera se clasifican en tres grupos:

- **Plantas de crecimiento natural**

Son plantas silvestres, de recolección difícil, costosa con utilización de maquinarias, se incluyen en este grupo: bambúes, esparto, cañas, papiro (García, 1988).

- **Residuos Agrícolas**

Es el grupo más importante y de uso más extendido, presentan el problema de que su disponibilidad es estacional, limitada a una época del año, por lo que se precisa un almacenado adecuado que garantice una adecuada disponibilidad de materia prima y evite su deterioro. A este grupo pertenecen: pajas de cereales, bagazo de caña de azúcar, sorbo, tallos de maíz, tallos de algodón (García, 1988).

Los mayores productores de pasta de bagazo son México, China y Perú, mientras que en la producción de pasta de paja son: China, India y España. China es el líder en la producción de pastas de caña, cuyo uso se ha incrementado en detrimento del bambú (García, 1988).

- **Plantas Cultivadas**

Se caracterizan por su contenido en fibras o semillas. Las pastas obtenidas son de buena calidad, aunque su elevado costo limita su uso

en papeles muy especiales pertenecen a este grupo: Fibras liberianas, fibras de hojas y fibras de pelos de semilla (García, 1988).

En la actualidad existe un renovado interés por la utilización de las plantas no madereras, habiéndose incrementado su utilización en los últimos años del 6.7% en 1 970 a 9.1% en 1990. El incremento medio anual de la capacidad de producción de pastas a partir de materiales no madereros es en la actualidad más del doble del correspondiente a todas las pastas madereras. Los países con economías de mercado en desarrollo y centralmente planificados son los mayores dependientes de materias primas diferentes a la madera (García, 1988).

Entre las principales razones que apoyan el uso de materias primas diferentes a la madera se encuentra, su fácil disponibilidad como residuo agrícola, dado que existe en la actualidad una sobreproducción de materiales tales como paja, bagazo, etc., que constituyen una fuente abundante de fibras de bajo costo (García, 1988).

Una característica importante de las plantas no maderables es la extensa diferencia entre longitudes de las fibras de las distintas especies, muchas de estas fibras tienen longitudes similares a las fibras cortas de frondosas, por otra parte, otras son tan largas que deben ser cortadas para optimizar su valor papelero (García, 1988).

Con la utilización de materiales no madereros se tiende a una disminución de la tala masiva e indiscriminada de árboles. Es indudable que las fibras de plantas no madereras jugaran un papel creciente en la industria de pulpa y papel a nivel mundial. Se ha demostrado que seleccionando la mezcla apropiada de fibras no madereras y el proceso

de pasteado adecuado, se puede producir cualquier calidad de papel y cartón, sin la adición de pasta maderera alguna (García, 1988).

2.5. Procesos de fabricación de pulpa para papel.

2.5.1. Pulpa

Según Lombardo (1996). Menciona que el proceso en la cual la materia prima se convierte en una masa fibrosa denominada pulpa, que se obtiene por rompimiento de la estructura de las fibras. La pulpa es definida entonces como una masa fibrosa de naturaleza celulósica, de origen vegetal, resultante de la separación de las fibras de la madera u otros recursos lignocelulósicos. El producto fibroso obtenido es el resultado de la separación de las fibras originalmente cementadas entre sí por la lignina. La producción de pulpa consiste en eliminar la lignina de la materia prima, es decir, la liberación de las fibras celulósicas.

Según Aguilera (2000).- Afirma que las propiedades de los productos acabados de papeles y cartones, estas pueden variar a su vez con las especies de fibras en diferentes maderas o de plantas no lignificadas utilizadas, así como del proceso utilizado para la obtención de la pulpa. Existe un gran número de procesos diferentes aplicables a la producción de pulpa. En los siguientes párrafos se presenta un resumen de los procesos de obtención de pulpa: mecánicos, químicos y semiquímicos.

2.5.1.1. Pulpa mecánica

Se caracterizan por tener un alto rendimiento. Normalmente entre 85 y 95%, es decir convierten hasta el 95% del peso seco de la madera

en pulpa, ya que no hay otra perdida de los extraíbles en agua y la separación de las fibras se produce por ruptura mecánica (Rodríguez, 1978).

Según Smook (1990).- Asevera que se requieren considerables cantidades de energía para lograr el objetivo. La pulpa obtenida a través de este proceso forma un papel poco resistente y amarillea fácilmente cuando se expone a la luz. Durante este proceso se origina el fibrilado en las fibras, el cual se refiere a la rotura de la superficie de estas, de fibrillas y micro fibrillas obteniéndose fibras impuras, débiles e inestables. Para lograr una hoja con propiedades físico - mecánicas adecuadas se necesita añadir pulpa química de fibra larga a la pulpa mecánica.

El proceso mecánico va encaminado a producir una separación de las fibras, manteniendo inalterados los integrantes químicos originales del material fibroso. Esta operación se realiza en equipos de molida como son los refinadores. Las propiedades del papel hecho con pulpa mecánica son aceptables en muchos tipos de papel en los cuales su permanencia no es esencial como el papel periódico, los papeles tisúes, papeles para toallas y los de impresión (Aguilera, 2000).

2.5.2. Pulpa química

Según Palenius (1998).- Menciona que la pulpa química tiene como objetivo principal la eliminación selectiva de la lignina que une las fibras con la menor degradación posible de los polisacáridos estructurales; hemicelulosa y celulosa, para obtener rendimientos adecuados y pulpas

con altas propiedades físico-mecánicas. El pulpeo químico consiste en romper las uniones entre las fibras a través de la acción de productos químicos que logran solubilizar la lignina al formar otros compuestos. Dichas especies químicas activas potenciadas por efecto de altas temperatura y presión permiten obtener la pulpa. Este procedimiento se realiza en equipos de cocción o digestores diseñados para estos fines. El tratamiento químico proporciona una pulpa de mayor calidad ya que permite una completa liberación de las fibras celulósicas. Si el papel que va a producirse es blanco continúa la purificación durante la etapa de blanqueo. La pulpa química puede obtenerse mediante varios procesos: al sulfito, Kraft, soda etc., con rendimientos que varían de 35% a 50 %. El proceso empleado dependerá del uso final del producto (Palenius, 1998).

2.5.3. Pulpa Semiquímica

Es un proceso multi etapa que comprende un tratamiento químico al material fibroso para obtener una remoción parcial de la lignina, seguido del tratamiento mecánico para completar la separación de las fibras, con una consecuente disminución del consumo de energía. Por ser procesos intermedios entre los mecánicos y los químicos constan de dos etapas; una química y otra mecánica. El tratamiento químico comprende la impregnación del material fibroso con el reactivo químico para producir un debilitamiento de los enlaces interfibrilares. La etapa mecánica o desfibración permite la separación de las fibras por acción físico – mecánica (Rodríguez, 1978).

Según Casey (1990).- Afirma que los procesos semiquímicos comprenden las etapas siguientes: impregnación de astillas con el reactivo de cocción,

tratamiento térmico o cocción y tratamiento mecánico o desfibrado. Por existir una separación parcial de los materiales que causan la unión entre las fibras, estos procesos en dos etapas producen rendimientos de pulpas que se encuentran comprendidos entre 55% y 75%, similares a los rendimientos habituales en la producción totalmente mecánica, con lo que se logra aprovechar completamente la materia prima y reducir los costos.

2.5.4. Pulpa semiquímica a la soda

Uno de los procesos semiquímicos más utilizados en la industria papelera es la denominada pulpa a la soda, que consiste en tratar la materia prima con una solución de hidróxido de sodio o sosa cáustica comúnmente denominado licor de cocción. Los rangos de concentración del reactivo pueden variar según el rendimiento requerido en la pulpa. Luego del cocimiento las astillas ablandadas se colocan en un refinador de disco el cual cumple la parte mecánica del proceso es decir desintegración y desfibrado. La pulpa a la sosa difiere del proceso al sulfato o Kraft porque en este último el licor de cocción consiste en sulfuro de sodio junto con hidróxido de sodio. A la presencia de sulfuro se debe la mayor resistencia de la pulpa y la cocción más rápida del proceso al sulfato, en comparación con la pulpa a la sosa (Libby, 1 967).

Tabla 2. Métodos semiquímicos para la producción de pulpa.

Nombre del método	Reactivos	Tratamiento mecánico	Rendimiento en pulpa(%)
Kraft (Sulfato)	Na_2S + NaOH	Suave o ninguno	40 - 55%
A la soda	NaOH	Suave o ninguno	40 - 55%
Soda AQ	NaOH + Antraquinona	Suave o ninguno	45 - 55%
Sulfito ácido	Sulfito de Ca, Mg o NH_3	Suave o ninguno	45 - 55%
Bisulfito	Bisulfito de Na, Mg, o NH_3	Suave o ninguno	45 – 60%

Fuente: Casey, 1990

Según Santiago (1999).- Menciona que el proceso a la sosa es utilizado para el pulpeo de plantas anuales como el Kenaf, Sisal, Yute, Cañamo y algodón, materiales crudos valorables para la producción de pulpas especiales, puesto que las plantas anuales son fácilmente impregnadas, tienen bajos niveles de lignina y requieren menos químicos que la madera. En este proceso a la sosa se usa de 10% - 15 % de hidróxido de sodio y normalmente se utiliza una temperatura de cocción de 160 °C a 170 °C (Santiago, 1999).

Los rendimientos obtenidos son del 40% a 55 % influenciadas por el tipo y calidad de la materia prima pulpeada, especialmente por el contenido de lignina y la proporción de células parenquimatosas. Un alto contenido de lignina y de parénquima no solo reduce el rendimiento, sino que incrementa el consumo de álcali y disminuye las propiedades de la pulpa obtenida por el incremento en la formación de finos. El hidróxido de sodio reacciona con

el complejo lignina-carbohidratos y los carbohidratos se solubilizan por hidrólisis (Santiago, 1999).

2.5.5. Preparación de la pulpa para la elaboración del papel

Según Libby (1967).- Menciona que la pulpa para papel se logra a través de la acción mecánica, la cual le proporciona las características adecuadas para la fabricación de papel; es así como la pulpa proveniente del proceso de pulpeo debe ser sometida a un proceso de desfibrado, tamizado, lavado y refino.

A. Desfibrado

En dicha etapa el material proveniente del proceso químico es parcialmente desintegrado y desfibrado con respecto a su forma original. Este proceso consiste en desagregar, dispersar o transformar el material fibroso de aspecto sólido, en suficiente agua para formar una suspensión fibrosa. La operación puede realizarse de manera continua o discontinua. El equipo más utilizado para esta operación es el hidrapulper o tina. Las acciones mecánicas de la etapa de desfibración son principalmente las de fricción entre fibras y haces de fibra contra las placas del molino y las de compresión del material fibroso en suspensión a medida que esta es forzada entre las placas por efecto de la fuerza centrífuga del disco o discos rotatorios.

Como resultado de las fuerzas fricciónales, una gran parte de la energía que se aplica a una o ambas placas del molino se transforma en calor, además de servir para desintegrar las uniones entre las fibras ya debilitadas química y caloríficamente (Libby, 1967).

B. Lavado y tamizado

El lavado se realiza con la finalidad de eliminar el licor negro en la pulpa y a través del tamizado se logran separar los haces de fibras más gruesos lo cual corresponde a la pulpa rechazada. De esta manera se logra determinar el porcentaje de rendimiento de la pulpa, es decir mediante la sumatoria de la pulpa rechazada y la pulpa aceptada (Libby, 1967).

C. Batido o Refino

Según Smook, (1990).- Afirma que el tratamiento mecánico aplicado a la suspensión fibrosa, para desarrollar propiedades en las fibras capaces de generar una buena formación de la hoja en la maquina papelera. La operación es llevada a cabo en presencia de agua, en la cual la fricción de las fibras entre barras metálicas o discos, permiten la uniformidad de ciertas características requeridas para la buena formación de papel.

El objetivo del refinado es acondicionar mecánicamente a las fibras para la fabricación del papel modificando algunas propiedades físicas con el fin de darle las características necesarias. Sirve esencialmente para aumentar la superficie especifica de las fibras y hacerlas más flexibles, de modo que aumente la superficie de contacto entre estas cuando vayan a formar la hoja (Smook, 1990).

El mayor o menor grado de refino influye notablemente en todas las propiedades de la pasta y del papel obtenido. En la pasta hace disminuir el escurrimiento y aumenta el poder de retención y la resistencia inicial de la hoja húmeda. En el papel hace disminuir su volumen específico y la porosidad y aumenta la resistencia a la tracción, la rigidez y la dureza (Smook, 1990).

Durante la refinación las fibras se separan e hidratan, se fibrilan y cortan aprovechando que en este paso las fibras se encuentran hinchadas por la absorción de humedad lo que las haces flexibles y manejables. Con una pulpa sin refinar se obtiene un papel con baja resistencia mecánica con volumen específico alto y con deficientes características de superficie. Por el contrario, una pulpa excesivamente refinada produce un papel muy denso y muy resistente de baja porosidad y opacidad (Smook, 1990).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Lugar de ejecución.

La investigación se realizó en Universidad Nacional de Ucayali ubicado en el km 6.200 Carretera Federico Basadre, en el Distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali. En los ambientes del laboratorio de Transformación química de la madera.

3.2. Método de investigación.

El método empleado fue experimental: ya que en este método los tratamientos de la variable independiente fueron manipulados por el investigador, y teniendo un mayor control y evidencia de la causa-efecto. Se tomó las normas de seguridad: INDECOPI, ASTM, manual de Laboratorio para obtención de pulpa química.

3.3. Población y muestra.

Población.

Estuvo representada por el fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) del endocarpio del fruto.

Muestra.

4 kg del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) para cada concentración (0%, 5% ,10% y 15%) de soda caustica (NaOH).

3.4. Instrumentos de recolección de datos.

Fue la observación directa en el laboratorio

3.4.1. Material y equipo experimental.

- Equipo de protección personal
- Laptop con software

- Bolsa de tela y plástico
- Baldes
- Densimetro(1a 1,5)
- Crisoles de vidrio
- Varillas de vidrio
- Probetas graduadas de 500ml
- Vasos de plástico
- Estufa a 105ºC
- Balanza de 0,1g de precisión
- Olla de acero quirúrgico

3.4.2. Material y equipo de gabinete.

- Computadora
- Lapiz
- Boligrafo
- Camara fotográfica
- Tinta para impresora(color negro y colores)
- Papel Bond A4

3.4.3. Reactivos y Aditivo.

- Solución preparada de licor blanco: conformada por NaOH
  - (R1) álcali activo = hidróxido de sodio
    - Pureza %: mayor a 80 %

3.4.4. Materia prima.

Endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje): 1000 g.

Nombre científico	***Mauritia flexuosa*** *(aguaje)*
Familia	Arecaceae.

3.5. Procedimientos de recolección de datos.

3.5.1 Preparación de la materia prima.

a. Determinación de la masa: La parte del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje)* en el laboratorio fue humedecida previamente al pulpeo; se determinó la humedad; donde se estimó la masa seca de 1000 g (MS). Ver Anexo 1, Fig 9.

b. Cálculo de humedad: Se tomó una parte del endocarpio del fruto de ***Mauritia flexuosa (aguaje)***, aproximadamente 2 gr. (mh) y se colocó dentro de la estufa, a 105 °C, hasta obtener una masa constante; se retiró la muestra y determinamos el valor de masa seca (ms), y después se determinó el porcentaje de la humedad (%h). Ver Anexo 1, Fig 10 y 11

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

c. Cantidad de materia prima para la cocción: con la humedad conocida (%h), se determinó la masa húmeda (MH_{sa}) que equivale a la masa seca (MS), en la fórmula siguiente:

$$MH_{sa} = \frac{MS}{100 - \%h} * 100$$

Dónde:

MH_{sa}: masa húmeda de la materia prima.

MS: masa seca o anhidra, definida según capacidad del digestor (MS=1000 g)

% h: humedad, expresada en porcentaje.

d. Reactivos de cocción

Los reactivos fueron diluidos en agua. Simultáneamente fue necesario conocer los siguientes valores del reactivo:

- Concentración del álcali activo, (g/L)
- Pureza %
- Densidad de la solución del álcali activo (g/ml)

e. Preparación de la Soda Caustica (NaOH):

Este reactivo se utilizó en estado líquido, por lo que se diluyo en agua. La preparación se realizó de manera lenta, la dilución de la soda caustica (NaOH) en el agua es una reacción exotérmica. Se utilizó la soda caustica (NaOH) comercial con al menos 85% de pureza, NaOH p. Análisis (98 % pureza). Ver Anexos 1, Fig 14, 15, 16, 17

La cantidad de reactivo se consideró tomando como referencia 1kg de materia prima (componente principal) realizando la siguiente formula:

NaOH= 1000 gr. x 24% x 1.29= 309.6 gr. NaOH.

NaOH= 309.6 gr./98% pureza

NaOH= 316 gr. peso real al 24%.

Antraquinona (AQ)= 1000 gr. x 0.05%= 0.5 gr. de AQ.

f. Cocción

Durante este proceso se realizó cuatro cocciones: Ver Anexos, Fotos 12, 13

- **Primera cocción (testigo (0%) sin soda causticase).-** La cocción se realizó durante 3 horas hasta que el endocarpio sea muy suave.
- **Segunda cocción (5% con soda caustica).-** La cocción se realizó durante 30 minutos hasta obtener el endocarpio muy suave.
- **Tercera cocción (10% con soda caustica).-** La cocción se realizó durante 20 minutos hasta obtener el endocarpio muy suave.
- **Cuarta cocción (15% con soda caustica).-** La cocción se realizó durante 10 minutos hasta obtener el endocarpio muy suave.

g.- Tamizado, lavado de la pulpa

La pulpa se colocó sobre un tamiz, malla número 30, para separar incocidos; se utilizó agua común para esta operación. Ver Anexos 1, Fig 23, 24. Se colocó la pulpa tamizada en bolsa de tela; los incocidos del tamiz fueron separados y colocados en un recipiente para poder determinar la masa seca, en la estufa, masa seca (mi). Durante el proceso del lavado, se agregó agua por cada concentración, previo antes se recolecto el primer líquido de las cocciones de acuerdo a los porcentajes de cada concentración de soda caustica (NaOH) antes de ser lavados para sacar el valor del pH. Continúanos el lavado hasta eliminar el licor residual también llamado licor negro (comprobamos al observar el agua transparente). Ver Anexos 1, Fig 25.

La pulpa lavada fue centrifugada, por 3 minutos aproximadamente y estrujada en forma manual. Se determinó la masa de la pulpa húmeda

(PH); se cogió una muestra y colocamos en un crisol, anticipadamente pesado y llevado a la estufa a 105 ^{o}C ± 2 ^{o}C, hasta obtener una masa constante (24 h), fue pesado en la balanza con 0,1 g de precisión.

Se estimó la humedad de la pulpa (%hp) y luego se cuantifico la masa de la pulpa seca (PS).

$$PS = \frac{PH}{100} * (100 - \%hp)$$

h. Rendimiento de Pulpeo

El rendimiento neto (Rn). Ver Anexos 1, Fig 26, se cuantifico por la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Rn = \frac{PS}{MS} * 100}$$

Rn: Rendimiento neto de pulpa.

MS:1000 gr. del endocarpio

PS: Peso seco de pulpa.

i. Evaluación física.

i.1). Área del papel y gramaje.

$$\textbf{Área del papel} = \pi r^2$$

El gramaje del papel obtenido se calculó con el método físico citado por Casey (1991). Para ello se tomó una muestra del papel obtenido, se procedió a calcular el área de la superficie y después fue pesada en una balanza de precisión. Para lo cual se utilizó la siguiente formula:

Gramaje (g/cm^2) = peso del papel (gr.) /área (cm^2).

i.2. Determinación del espesor o calibre (mm o cm).

Se realizó con la finalidad de conocer el espesor de la superficie del papel obtenido. El método fue el sugerido por Casey (1991), que consistió en realizar una lectura directa del espesor del papel a través del instrumento denominado micrómetro. En Primer lugar, se colocó el papel en posición vertical al pie del micrómetro, girando hasta que esta presione ligeramente. De inmediato, se anotó los datos que mostraban las líneas del tambor micrométrico (la primera línea lectura 0,001 mm, si es la segunda línea, suman 0,002 mm y así sucesivamente).

El gramaje es quizá una de las características más conocidas del papel. Se define como el peso por metro cuadrado y se expresa en gramos. Los papeles con gramajes de hasta 200 gr suelen ser considerados papeles y los que tienen más de 200 gr son considerados cartones o cartones finos. El grosor del papel, medido en micras es una propiedad significativa relacionada con el gramaje. Este parámetro define si el papel es un papel compacto con muchos rellenos o un papel de gran volumen. Normalmente se asocia el gramaje con el grosor del papel y aunque están bastante relacionados, no son exactamente lo mismo. (Casey 1991),

i.3. Densidad.

Para poder determinar la densidad se utilizó el método físico citado por Casey (1990), que consistió en pesar el papel en una balanza de precisión y luego calcular el volumen, que se obtuvo multiplicando el

espesor del papel (medido con un micrómetro) por el área de la superficie.

Se reemplazó en la siguiente formula:

Densidad: Masa/Volumen

i.4. Volumen del papel.

Volumen = Área x calibre

3.6. Tratamientos de los datos.

Para verificar y validar los objetivos del trabajo de investigación fue determinado los parámetros estadísticos como el promedio y coeficiente de variación.

3.7. Diseño estadístico.

En el trabajo se utilizó un análisis de varianza de un solo factor (AV_1), considerando como objetivo determinar el rendimiento de la pulpa en las cuatro concentraciones de soda caustica (0%, 5%, 10% y 15%) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje), realizando tres repeticiones por cada concentración de soda caustica.

Siendo la unidad experimental 50 ml(vaso de precipitación) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) por cada hoja obtenida para las cuatro concentraciones y la variable de estudio el rendimiento de pulpa obtenida.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de humedad de la pulpa para papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje)*

Tabla 3. Parámetros estadísticos del contenido de humedad (%).

Contenido de humedad (%)			
Concentraciones	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
C1 (testigo 0%)	50,225	0,106	0,21
C2 (5%)	60,325	0,566	0,94
C3 (10%)	64,558	0,239	0,37
C4 (15%)	70,863	1,760	2,49

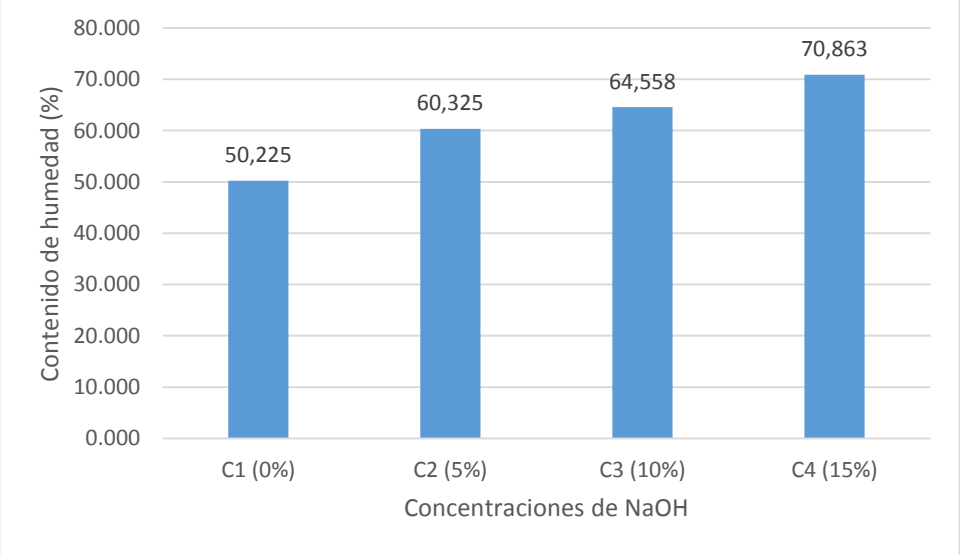


Figura 1. Promedio del contenido de humedad (%)

En la tabla 3 y figura 1 se aprecia el promedio del contenido de humedad de la pulpa para papel con cuatro concentraciones de soda caustica (C1 (testigo 0%): 50,225 %, C2 (5%): 60.325%, C3 (10%): 64.558%, C4 (15%): 70.863%) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Tabla 4. Análisis de varianza del contenido de humedad

F. V	GL	SC	CM	Fc	P valor	Significancia
Concentraciones	3	676,580	225,527	258,46	0.000	**
Error	8	6,981	0,873			
Total	11	683,561				

**: Altamente significativo, P valor < 0,01

Tabla 5. Prueba de medias (Tukey) del contenido de humedad

Concentraciones	C4 (15%)	C3 (10%)	C2 (5%)	C1 (0%)
Promedios	70,863	64,558	60,325	50,225
	A			
		B		
			C	
				D

En la tabla 4 se muestra que existe diferencia altamente significativa en el contenido de humedad de la pulpa para papel con cuatro concentraciones de soda caustica del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) y en la tabla 5 con la prueba de medias se confirma que la significancia está dada en las cuatro concentraciones. Donde el mayor contenido de humedad alcanzo en la cuarta concentración (15%) con 70,863% llegando a reducir en el C1 (testigo 0%) con 50,225%. Los contenidos de humedad en la mayoría se encuentran por encima de los 60% esto se debe que se utilizó endocarpios frescos; pero altos contenidos de humedad indican alta presencia de agua y menos fibras.

Suarez (2016) afirma que el contenido de humedad de cáscaras de naranja es del 70 %. Siendo similar el contenido de humedad de nuestra especie estudiada *Mauritia flexuosa (guaje).*

4.2. Propiedades físicas del papel.

4.2.1. Área del papel

Tabla 6. Parámetros estadísticos del área del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje)*.

Concentraciones	Área del papel (cm^2)		
	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
C1 (testigo 0%)	308,948	1,80	0,68
C2 (5%)	303,901	1,90	0,62
C3 (10%)	308,028	5,47	1,77
C4 (15%)	303,880	1,60	0,53

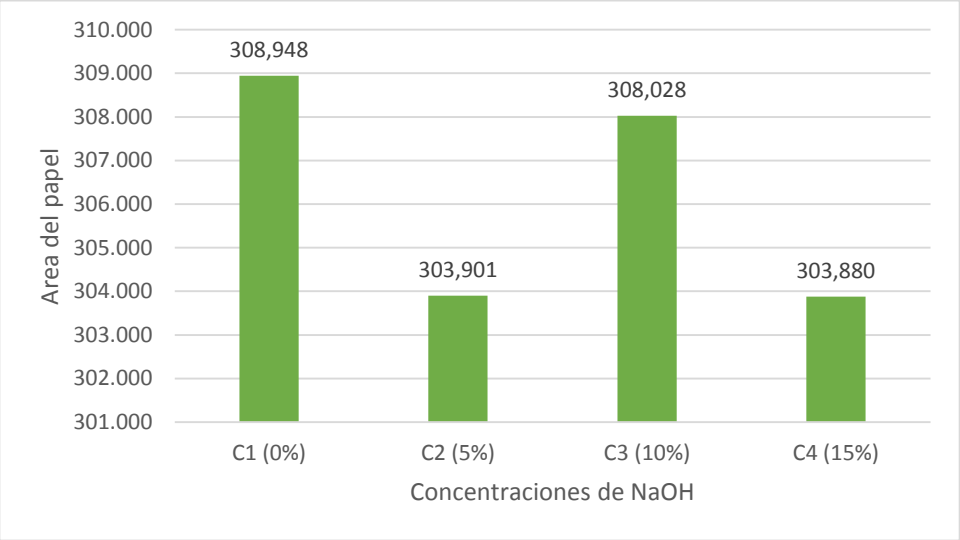


Figura 2. Promedio del área del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)

En la tabla 6 y figura 2 se aprecia el promedio del área del papel con cuatro concentraciones de soda caustica (C1 (testigo 0%): 308.948 cm^2, C2 (5%): 303.901 cm^2, C3 (10%): 308.028 cm^2, C4 (15%): 303.880 cm^2) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Tabla 7. Análisis de varianza del área del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

F. V	GL	SC	CM	Fc	P valor	Significancia
Concentraciones	3	64,68	21,56	2,19	0,166	N.S.
Error	8	78,59	9,82			
Total	11	143,27				

N.S.: No Significativo, P valor > 0,05

En el análisis de varianza se muestra que no existe diferencia significativa en las cuatro concentraciones de soda caustica (NaOH). Donde la mayor área del papel fue obtenida en C1 (testigo 0%) con 308,948 cm^2 hasta llegar a disminuir en la C4 (15%) con 303,880 cm^2.

4.2.2. Gramaje del papel.

Tabla 8. Parámetros estadísticos del gramaje del papel.

Concentraciones	Gramaje del papel (gr/cm^2)		
	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
C1 (testigo 0%)	109,476	0,855	0,78
C2 (5%)	78,675	2,27	2,88
C3 (10%)	78,931	2,84	3,60
C4 (15%)	51,193	1,28	2,51

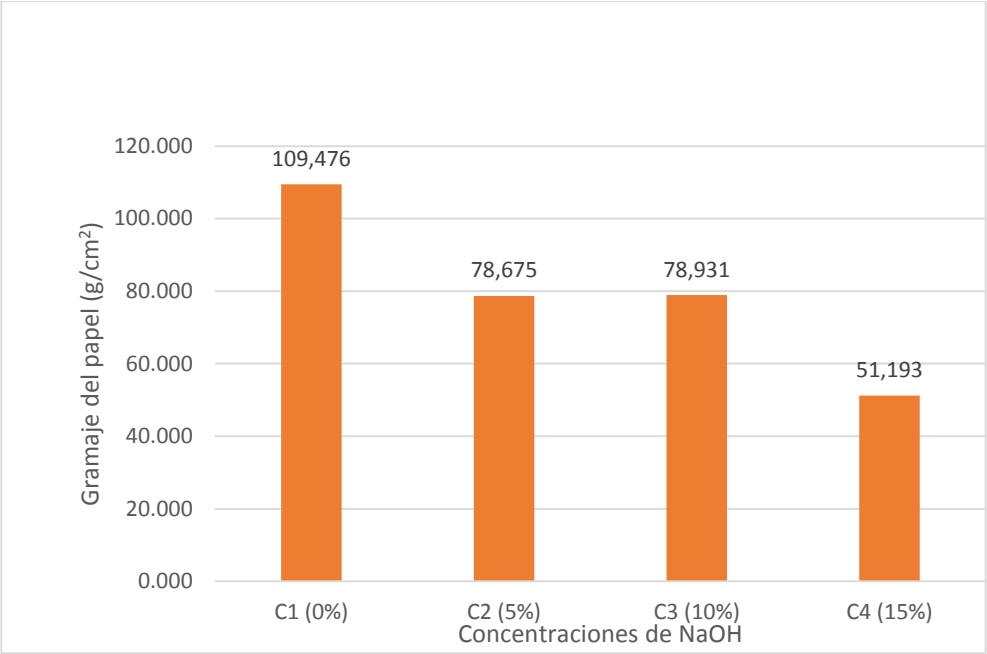


Figura 3. Promedio gramaje del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)

En la tabla 8 y figura 3 se aprecia el promedio del gramaje del papel con cuatro concentraciones de soda caustica (C1 (testigo 0%): 109.476 gr/cm^2, C2 (5%): 78.675 gr/cm^2, C3 (10%): 78.931 gr/cm^2, C4 (15%): 51.193 gr/cm^2) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Tabla 9. Análisis de varianza del gramaje del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

F. V	GL	SC	CM	Fc	P valor	Significancia
Concentraciones	3	5069,61	1689,67	433,41	0,000	**
Error	8	31,19	3,90			
Total	11	5100,80				

**: Altamente significativo, P valor < 0,01

Tabla 10. Prueba de medias (Tukey) del gramaje del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**C1 (0%)**	**C3 (10%)**	**C2 (5%)**	**C4 (15%)**
Promedios	109,292	78,931	78,675	51,193
	A			
		B	B	
				C

La tabla 9 se muestra que existe diferencia altamente significativa en el gramaje del papel con cuatro concentraciones de soda caustica del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) y en la tabla 10 con la prueba de medias se confirma que no existe diferencia significativa entre la C2 (5%) y la C3 (10%).Siendo el C1 (testigo 0%) con mayor promedio de gramaje de 109,476 gr/cm^2. El gramaje de las hojas de papel elaboradas con fibras de mesocarpo de cascaras de naranja obtenidas por Ríos (2017) varía entre 80.17 g/m^2 y 176.37 g/m^2; sin embrago Condori (2010) obtuvo un gramaje 55.31g/m^2 a partir de fibras de totora (*Schoenoplectus tatora*).

4.2.3. Calibre del papel.

Tabla 11. Parámetros estadísticos del calibre del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**Calibre del papel (cm)**		
	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
C1 (testigo 0%)	0,051	0,0002	0,69
C2 (5%)	0,040	0,0014	3,45
C3 (10%)	0,033	0,0004	1,26
C4 (15%)	0,021	0,0004	1,72

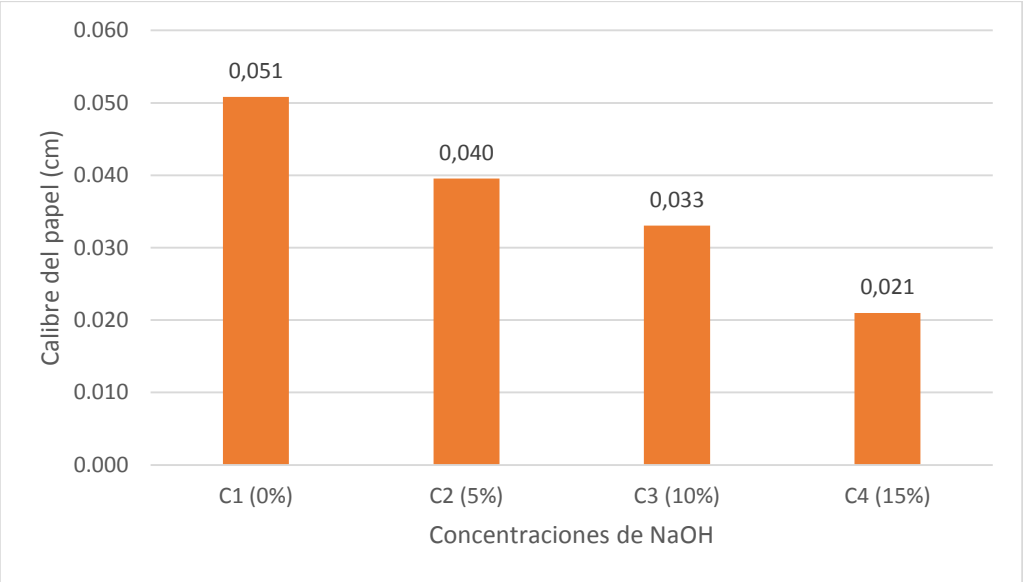


Figura 4. Promedio del calibre del papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)

En la tabla 11 y figura 4 se aprecia el promedio de calibre del papel con cuatro concentraciones de soda caustica (C1 (testigo 0%): 0.051 cm, C2 (5%): 0.040 cm, C3 (10%): 0.033 cm, C4 (15%): 0.021 cm) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Tabla 12. Análisis de varianza del calibre del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

F. V	GL	SC	CM	Fc	P valor	Significancia
Concentraciones	3	0,0014	0,0004	814,85	0,000	**
Error	8	0,000004	0,0000006			
Total	11	0,001404				

**: Altamente significativo, P valor < 0,01

Tabla 13. Prueba de medias (Tukey) del calibre del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**C1 (0%)**	**C2 (5%)**	**C3 (10%)**	**C4 (15%)**
Promedios	0,051	0,040	0,033	0,021
	A			
		B		
			C	
				D

La tabla 12 muestra que hay diferencia altamente significativa en el calibre del papel con cuatro concentraciones de soda caustica del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) y en la tabla 13 con la prueba de medias se confirma que existe diferencia altamente significativo entre los cuatro tratamientos. Donde el promedio mayor de calibre fue obtenido en C1 (testigo 0%) con 0,051 cm y hasta llegar a disminuir en C2 (15%) con 0,021cm.

4.2.4. Volumen del papel.

Tabla 14. Parámetros estadísticos del volumen del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**Volumen del papel (cm^3)**		
	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
C1 (testigo 0%)	15,704	0,0616	0,39
C2 (5%)	12,023	0,354	2,95
C3 (10%)	10,176	0,246	2,42
C4 (15%)	6,381	0,1069	1,68

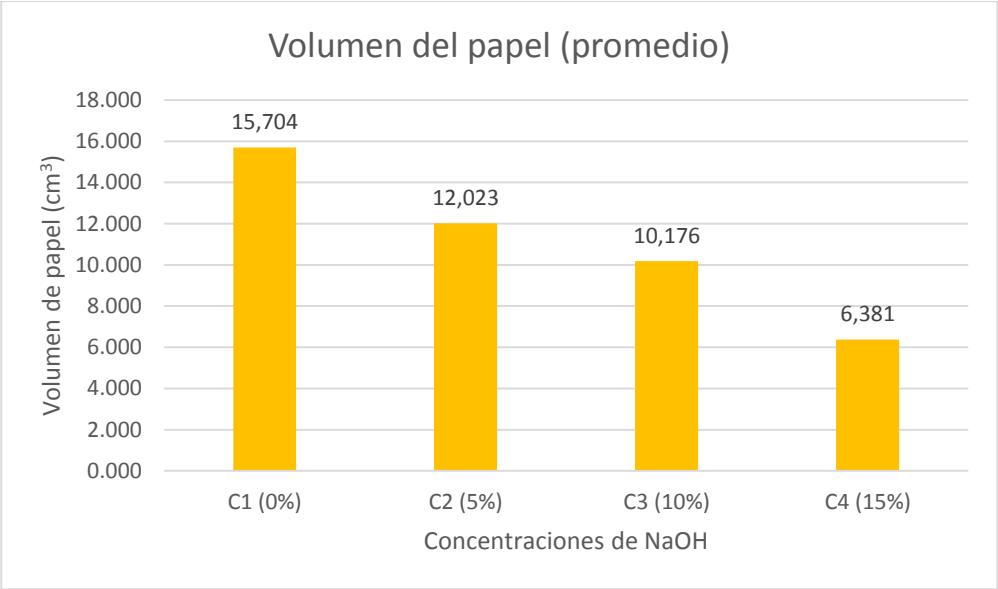


Figura 5. Promedio del volumen del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)

En la tabla14 y figura 5 se aprecia el volumen del papel en promedio con cuatro concentraciones de soda caustica (C1 (testigo 0 %): 15.704 cm^3, C2 (5%): 12.023 cm^3, C3 (10%): 10.176 cm^3, C4 (15%): 6.381 cm^3) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Tabla 15. Análisis de varianza del volumen del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

F. V	GL	SC	CM	Fc	P valor	Significancia
Concentraciones	3	135,509	45,1696	897,27	0,000	**
Error	8	0,402	0,0503			
Total	11	135,911				

**: Altamente significativo, P valor < 0,01

Tabla 16. Prueba de medias (Tukey) del volumen del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**C1 (0%)**	**C2 (5%)**	**C3 (10%)**	**C4 (15%)**
Promedios	15,704	12,023	10,176	6,381
	A			
		B		
			C	
				D

La tabla 15 muestra que hay diferencia altamente significativa en el volumen del papel con cuatro concentraciones de soda caustica del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) y en la tabla 16 con la prueba de medias se confirma que existe significancia entre las cuatro concentraciones (testigo 0%, 5%, 10% y 15%). Siendo el C1 (testigo 0%) con mayor volumen en promedio de 15,704 cm^3.

2.2.5. Densidad del papel.

Tabla 17. Parámetros estadísticos de la densidad del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**Densidad del papel (gr/cm^3)**		
	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
C1 (testigo0%)	0,215	0,00303	1,41
C2 (5%)	0,199	0,01192	5,99
C3 (10%)	0,239	0,01136	4,75
C4 (15%)	0,244	0,00247	1,01

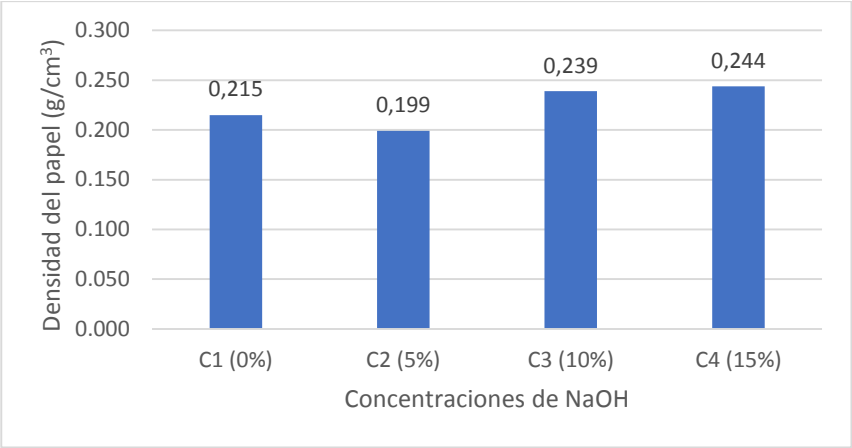


Figura 6. Promedio de la densidad del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)

En la tabla 17 y figura 6 se aprecia el promedio de la densidad del papel con cuatro concentraciones de soda caustica (C1 (testigo 0%): 0.215 gr/cm^3, C2 (5%): 0.199 gr/cm^3, C3 (10%): 0.239 gr/cm^3, C4 (15%): 0.244 gr/cm^3) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Tabla 18. Análisis de varianza de la densidad del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

F. V	GL	SC	CM	Fc	P valor	Significancia
Concentraciones	3	0,004	0,001	18,38	0,001	**
Error	8	0,0005	0,00007			
Total	11	0,0045				

**: Altamente significativo, P valor < 0,01

Tabla 19. Prueba de medias (Tukey) de la densidad del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**C4 (15%)**	**C3 (10%)**	**C1 (0%)**	**C2 (5%)**
Promedios	0,244	0,239	0,215	0,199
	A	A		
			B	B

La tabla 18 muestra que hay diferencia altamente significativa en la densidad del papel con cuatro concentraciones de soda caustica del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) y en la tabla 19 con la prueba de medias se confirma que C4 (15%) y C3 (10%) estadísticamente son iguales y la C2 (5%) con la C1 (testigo 0%) estadísticamente son iguales.

4.3. Rendimiento del papel.

Tabla 20. Parámetros estadísticos del rendimiento del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**Rendimiento del papel (%)**		
	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
C1 (testigo 0%)	49,775	0,106	0,21
C2 (5%)	39,675	0,566	1,43
C3 (10%)	35,442	0,239	0,67
C4 (15%)	29,137	1,76	6,04

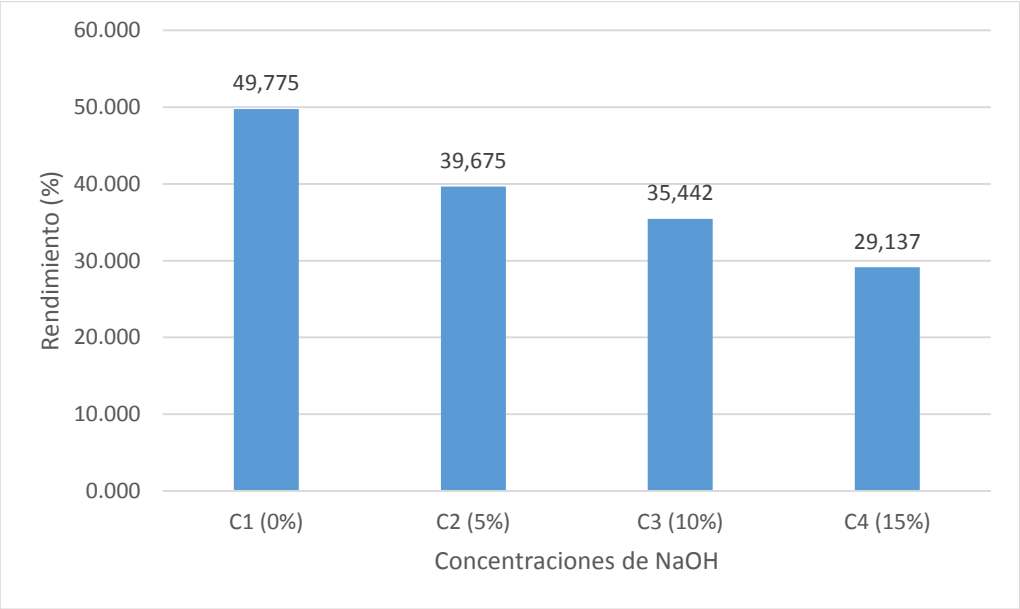


Figura 7. Promedio del rendimiento de la pulpa para papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje)

En la tabla 20 y figura 7 se aprecia el promedio del rendimiento de la pulpa para papel con cuatro concentraciones de soda caustica (C1 (testigo 0%): 49.775%, C2 (5%): 39.675%, C3 (10%): 35.442%, C4 (15%): 29.137%) del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Tabla 21. Análisis de varianza del rendimiento del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

F. V	GL	SC	CM	Fc	P valor	Significancia
Concentraciones	3	676,580	225,527	258,46	0,001	**
Error	8	6,981	0,873			
Total	11	683,561				

**: Altamente significativo, P valor < 0,01

Tabla 22. Prueba de medias (Tukey) del rendimiento del papel en el endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje).

Concentraciones	**Testigo (0%)**	**C1 (5%)**	**C2 (10%)**	**C3 (15%)**
Promedios	49,775	39,675	35,442	29,137
	A			
		B		
			C	
				D

La tabla 21 muestra que hay diferencia altamente significativa en el rendimiento del papel con cuatro concentraciones de soda caustica del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) y en la tabla 22 con la prueba de medias se confirma que la significancia está dada en los cuatro tratamientos (testigo 0%, 5%, 10% y 15%). Siendo C1 (testigo 0%) con 49,775% el mayor promedio de rendimiento. Ríos (2017) determino el rendimiento promedio de pulpa seca fue de 11.32%, en residuos de cáscaras de naranja es menor al obtenido por esta investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El contenido de humedad en la obtención de la pulpa para papel en cuatro concentraciones C1 (Testigo 0%): 50.225%, C2 (5%): 60.325%, C3 (10%): 64.558% y C4 (15%): 70.863%) de soda caustica (NaOH).

- Las propiedades físicas del papel son:
  - Área: (C1 (testigo 0 %): 308.948 cm^2, C2 (5%): 303.901 cm^2, C3 (10%): 308.028 cm^2, C4 (15%): 303.880 cm^2).
  - Gramaje: C1 (testigo 0 %): 109.476 gr/cm^2, C2 (5%): 78.675 gr/cm^2, C3 (10%): 78.931 gr/cm^2, C4 (15%): 51.193 gr/cm^2)
  - Volumen: C1 (testigo 0%): 15.704 cm^3, C2 (5%): 12.023 cm^3, C3 (10%): 10.176 cm^3, C4 (15%): 6.381 cm^3)
  - Calibre: C1 (testigo 0%): 0.051 cm, C2 (5%): 0.040 cm, C3 (10%): 0.033 cm, C4 (15%): 0.021 cm)
  - Densidad: C1(testigo 0%): 0.215 gr/cm^3, C2 (5%): 0.199 gr/cm^3, C3 (10%): 0.239 gr/cm^3, C4 (15%): 0.244 gr/cm^3)

- El rendimiento de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) en la obtención de papel en cuatro concentraciones: C1 (Testigo 0%): 49.775%, C2 (5%): 39.675%, C3 (10%): 35.442% y C4 (15%): 29.137%) de soda caustica (NaOH).
- Se determinó la calidad y el tipo de papel obtenido de acuerdo a sus propiedades físicas de acuerdo al gramaje, más del 50% resulto siendo cartulina según la NTP 272.128 (2010).
- Para obtener una mejor calidad de papel en diferentes concentraciones debe pasar por una evaluación de propiedades mecánicas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Crear una máquina que permita facilitar el desprendimiento del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) ya que para obtener el endocarpio toma tiempo al momento de desprenderlo de la pepa.

- Realizar estudios más profundos de la especie *Mauritia flexuosa* (aguaje) ya que puede ser fuente de investigación para otras tesis como hacer platos descartables biodegradables.

- El papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje)* obtenido puede ser una alternativa para sustituir algún tipo de papel que tienen uso determinado.

- Para obtener mayor rendimiento de la pulpa para papel del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa* (aguaje) no es necesario utilizar concentraciones de soda caustica (NaOH).

- De acuerdo al amplio gramaje: de 60 g/m^2 a 150 g/m^2. En esta clasificación puede incluirse por ejemplo al papel oficio, secante, vegetal, carbón (CASEY, J. 1991)

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRAHAM, E. 2011.Extraction of nanocellulose fibrils from lignocellulosic fibres: A novel approach. Carbohydrate Polymers 86, 1468– 1475.

ADAMS, R. Y RUIZ, S. 1997. Caracterización papelera de la especie Shizolobiumparahybum y su influencia en la evaluación de mezcla con *Gmelina arbórea*. Trabajo de Grado. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

AGUILERA, A., GÓMEZ, L., Y GUTIÉRREZ, I. 2000. Curso técnico pulpa y papel. Procesos de pulpificación. Editorial Grupo Proveeduría, Venezuela.

AVALOS, C. 2006. Aguaje: Árbol de salud y misticismo. Iquitos-Perú.

CARRASCO, L., 2005. Estudio de los efluentes de blanqueo de fábricas de celulosa Tesis de Posgrado. Programa de Diplomado en Análisis y Gestión Ambiental. Centro EULA-CHILE, Universidad de Concepción, Chile.

CASEY, J. 1991. Pulpa y Papel, Química y tecnología química. Volumen 2.Ed. Limusa. México. Pg. 197- 380

CASEY, J. 1991. Pulpa y Papel, Química y tecnología química. Volumen 3.Ed. Limusa. México. Pg. 321- 484

CONDORI, D. 2010. Evaluación de las propiedades físicas químicas y ópticas del papel tipo glassine obtenido a partir de fibras de totora (*Schoenoplectus tatora*). Tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial. Puno-Perú. Pág. 109.

ESPINOZA, ELÍ. FONSECA, JOSÉ. Y SOTO, DEYSI. 2003. Control de calidad de envases y embalajes de alimentos. 1ra edición Tacna – Perú.Pag.37

FAO (2000). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.Modele de l'offre mondiale de fibres. FAO, Sección Montes. URL: www.fao.org

FERNÁNDEZ, L. 2003. Industria de la Pulpa Papel y Cartones. Ed. UNA-PUNO. Perú. Pg. 10-60

FERNANDEZ, L. 2005. “Elaboración de cartones a partir de brozas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y paja de Cebada (Hordeum vulgare L.)” Tesis. Ed. UNA-PUNO. Perú.

García, A. (2000). Diagnóstico de la demanda del Aguaje en Iquitos. IIAP. Iquitos. Perú.

GARCÍA, J. (1988). Constituyentes fibrosos de pastas y papeles. Editorial Departamento de Ingeniería Textil y Papelera. España.

GONZALES, A (2005). Factibilidad de uso de fibra de raquis de palma aceitera para elaborar papel Guácimo, Costa Rica.

LIBBY, E. (1967). Ciencia y tecnología en pulpa y papel. Editorial Continental. México.

LOMBARDO, C. (1996). Procesos de alto rendimiento guía de conversión químicade la madera. Universidad de Los Andes. Facultad de ciencias forestales yambientales (Mimiografiado). Mérida, Venezuela.

LUZAR J. 2007 The Political Ecology of a “Forest Transition”: Eucalyptus forestryin the Southern Peruvian Disponible en:http.www.wikipedia%eucalipto1.mht.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1974. *Mauritia flexuosa* L. Simposio sobre plantas de interés económico en la flora amazónica. Iquitos. Perú.

ORIHUELA, R. 2011. Uso de la higuerilla en la obtención de celulosa a la sosa, blanqueada para uso en papel bond". México- Morelia- 2011.

PALENIUS, I. (1998). Technology Programme Reviewed: New Pulping ReserchResult. 88 (4), 233 – 234.

PEÑA, A. (1998). Efectos de la intensidad de la luz, del nitrógeno y del incremento en la disponibilidad de agua sobre el cam de Agave Cocui. Trabajo de grado, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, Venezuela.

RIOS, D (2017). Producción de papel artesanal a partir de residuos de cáscaras de naranja

de las juguerias del Mercado Tahuantinsuyo - Independencia, 2017. Tesis para ob-

tener el Título Profesional de Ingeniera Ambiental. Lima-Perú. Pág. 74.

RODRÍGUEZ, L. (1978). Métodos de análisis empleados en la industria papelera. Centro de Investigaciones en Celulosa y Papel. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

ROJAS, P. 2001. Industrialización primaria del Aguaje. (Mauritia flexuosa L.) IIAP. Iquitos. Perú.

SANTIAGO, D. 1999. Evaluación del potencial papelero de la fibra de sisal (Agavesisalana). Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Maracay,Venezuela.

SMOOK, G. 1990. Manual para técnicos de pulpa y papel. Editorial Tappi Press.Atlanta.

SUÁREZ, E. (2016) Obtención de pulpa de papel a partir de residuos de la naranja común y limón ponderoso. Tesis de Titulación (Ingeniería Química) [en línea] Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador, 2016. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6856/1/T-UCE-0017-00142016.pdf

ZOBEL, B y TALBERT, J 1988 Técnicas de Mejoramiento Genético de árbolesforestales México, D.F. Limusa 545 p Disponible en:http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0017S/A0017S11.PDF

ANEXOS

ANEXO 1

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

1. **Recolección del Endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje).***

- Se procedió a limpiar todos los restos de exocarpio y mesocarpio y otros residuos que queda en el endocarpio después de consumir.



Figura 8. Recolección del endocarpio

2.- Pesado del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje).*

- Después del proceso del lavado del endocarpio se procedió a pesar de acuerdo a la cantidad requerida (1 kg) para cada concentración.



Figura 9. Pesado del endocarpio

3.- determinar el contenido de humedad del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje).*

- Se tomó una parte del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje)* aproximadamente 2gr se pesó. Después se colocó dentro de la estufa para determinar el valor de la masa seca.



Figura 10. Pesado



Figura 11. Secado

4.- Cocción del endocarpio de fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje).*

- En este proceso se realizó cuatro cocciones de acuerdo al porcentaje de cada concentración de soda caustica (NaOH) de acuerdo a su orden.

  Cocción sin soda caustica (NaOH)



Figura 12. Colocar en una olla el endocarpio



Figura 13. Cocinando el endocarpio

5.- Preparacion de soda caustica (NaOH)

- Pesar el reactivo utilizado: soda caustica (NaOH).



Figura 14. Pesar la soda caustica



Figura 15. Preparación de la solución

- Disolución de soda caustica (NaOH) con agua



Figura 16. Mesclar la muestra



Figura 17. Disolución con agua

- Cocción del endocarpio con soda caustica (NaOH)



Figura 18. Agregar el endocarpio (NaOH)



Figura 19. Agregar la solucion

6.- Determinación del licor negro.

- Terminado la cocción de la pulpa del endocarpio se procedió a recolectar muestra de licor negro para determinar el Ph de cada concentración con su determinado porcentaje de soda caustica (NaOH).



Figura 20. Batir la pulpa



Figura 21. Pulpa cocinada

- Determinación del licor negro con el phchimetro después de la cocción del endocarpio.



Figura 22. Utilizando el phchimetro

6.- Lavado y tamizado de la pulpa del endocarpio de fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje).*

- Después de la cocción se procedió a lavar y tamizar en una bolsa de rafia haciendo varias repetición ya que teníamos que sacar los residuos de soda caustica (NaOH) y obtener una pulpa de color claro.

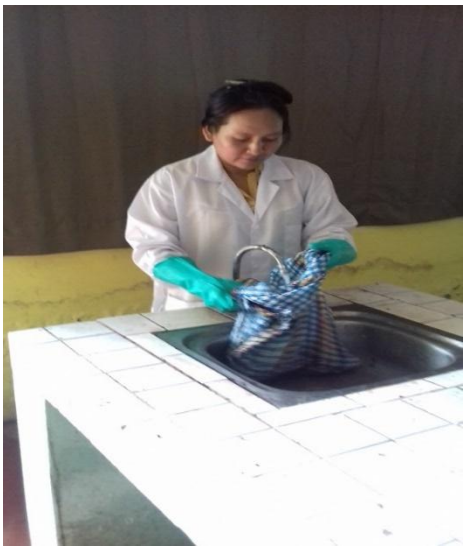


Figura 23. Lavando la pulpa



Figura 24. Exprimiendo la pulpa

7.- Pesado de la pulpa del endocarpio de fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje).*

- Después del tamizado de la pulpa del endocarpio se procedió a pesar. Se determinó el rendimiento del pulpeo en cada concentración obtenida de acurdo a su porcentaje.



Figura 25. Pulpa lavada



Figura 26. Pulpa pesada

8.- Licuado de la pulpa del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje).*

- Una vez obtenido la pulpa y lavado se procedió a licuarlo con agua (3 litros) durante unos minutos hasta obtener un líquido uniforme.



Figura 27. Pulpa para licuar



Figura 28. Licuando la pulpa

9.- Formación del papel de la pulpa del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje).*

- Se colocó en el recipiente del formador del papel 50 ml de la muestra licuada del endocarpio, después se procedió a decantar que duro unos 10 minutos.



Figura 29. Decanteo del líquido



Figura 30. Uniformizar la pulpa

- Luego se procedió a refinar cuidadosamente sin apresurarse para evitar que se nos pegue en el formador (tamiz metálico) de papel.



Figura 31. Abriendo el formador del papel



Figura 32. Refinado de la pulpa

- Con una tela fina se procedió a colocar encima de la muestra y con un rodillo de metal se refino hasta que pegue en la tela la muestra papel(esta es la forma de obtener papel)



Figura 33. Extraendo el papel



Figura 34. Refinando el papel

- Después de obtener las muestras de papel se procedió a secar cada una de ellas con sus respectivas porcentaje en soda caustica(NaOH)

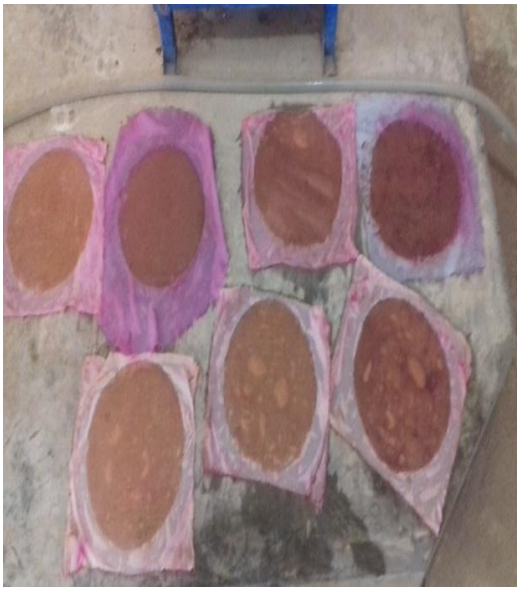


Figura 35. Secado del papel sin NaOH



Figura 36. Secado del papel con NaOH

10.- Evaluación de las propiedades físicas del papel de la pulpa del endocarpio del fruto de *Mauritia flexuosa (aguaje)*

- Muestras obtenidas de los papeles de acuerdo a sus porcentajes de cada concentración.
- Evaluación del área, calibre, densidad de cada muestra de papel obtenido.
- La evaluación del calibre se realizó con un micrómetro digital se mide en cuatro partes o puntos del papel y se saca un promedio y eso es el resultado, en caso que tu formador de papel es redondo.



Figura 37. Evaluando los papeles



Figura 38. Evaluando el calibre

- Evaluación del gramaje de las muestras de los papeles obtenidos



Figura 39. Evaluando el peso del papel

ANEXO 2

MUESTRAS FOTOGRÁFICAS DE PAPEL DEL ENDOCARPIO DEL FRUTO DE *Mauritia flexuosa* (AGUAJE) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SODA CAUSTICA (NaOH).

CONCENTRACIÓN Nº 1(TESTIGO 0% NaOH)



CONCENTRACIÓN Nº 1

(TESTIGO 0 %)

- ***C H: 50,225%***
- ***Área: 308,948 cm^2***
- ***Gramaje: 109,476 gr/cm^2***
- ***Calibre: 0,051 cm***
- ***Volumen: 15,704 cm^3***
- ***Densidad: 0,215 gr/cm^3***
- ***Rendimiento: 49,775%***

PROPIEDADES FISICAS DEL PAPEL

DEL ENDOCARPIO DEL FRUTO DEL AGUAJE

CONCENTRACION Nº 2 (5% NaOH)



CONCENTRACION Nº 2

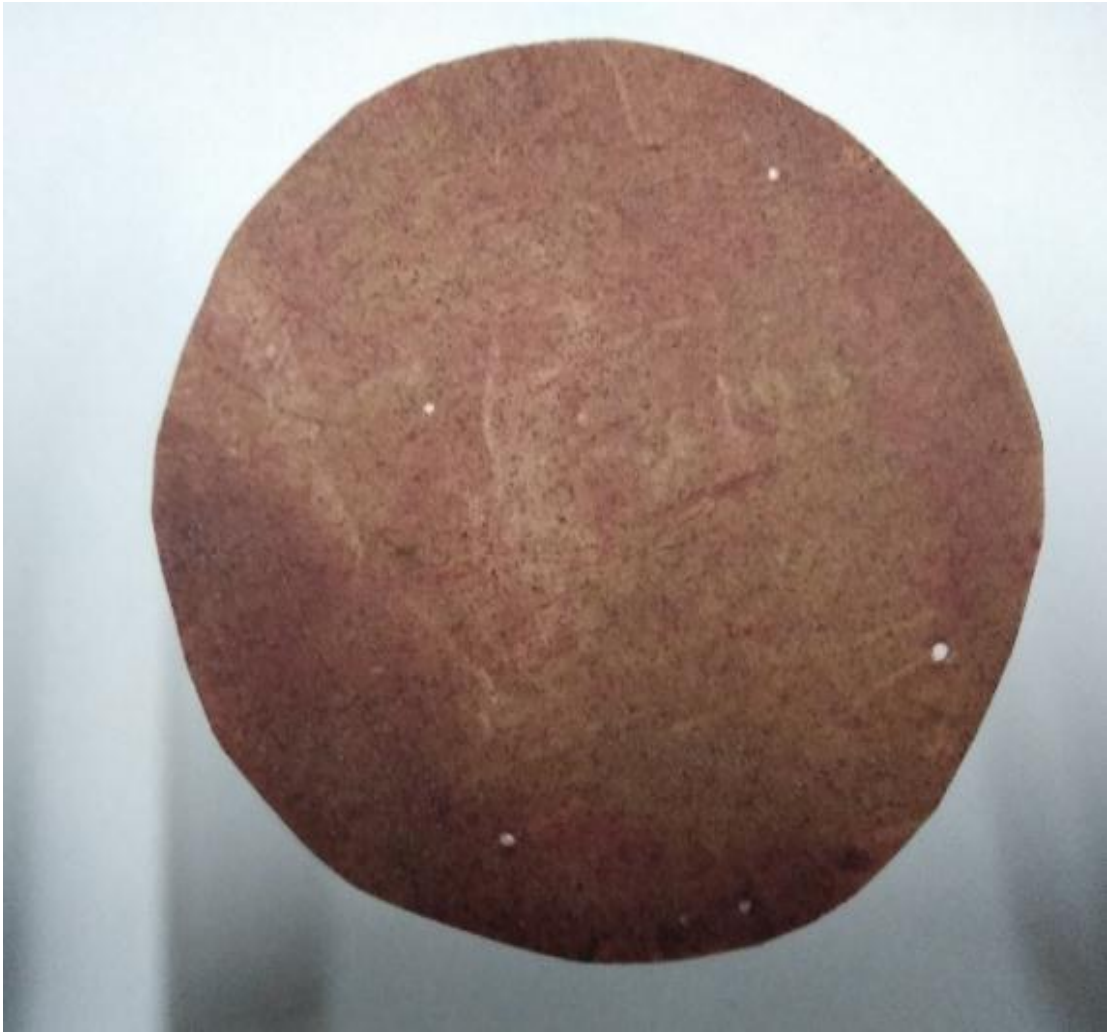
(5% NaOH)

- *C H: 60,325 %*
- *Área: 303,901 cm^2*
- *Gramaje: 78,675 gr/cm^2*
- *Calibre: 0,040 cm*
- *Volumen: 12,023cm^3*
- *Densidad: 0,199 gr/cm^3*
- *Rendimiento: 39,675 %*

PROPIEDADES FISICAS DEL PAPEL

DEL ENDOCARPIO FRUTO DEL AGUAJE

CONCENTRACION Nº 3 (10% NaOH)



CONCENTRACION Nº3

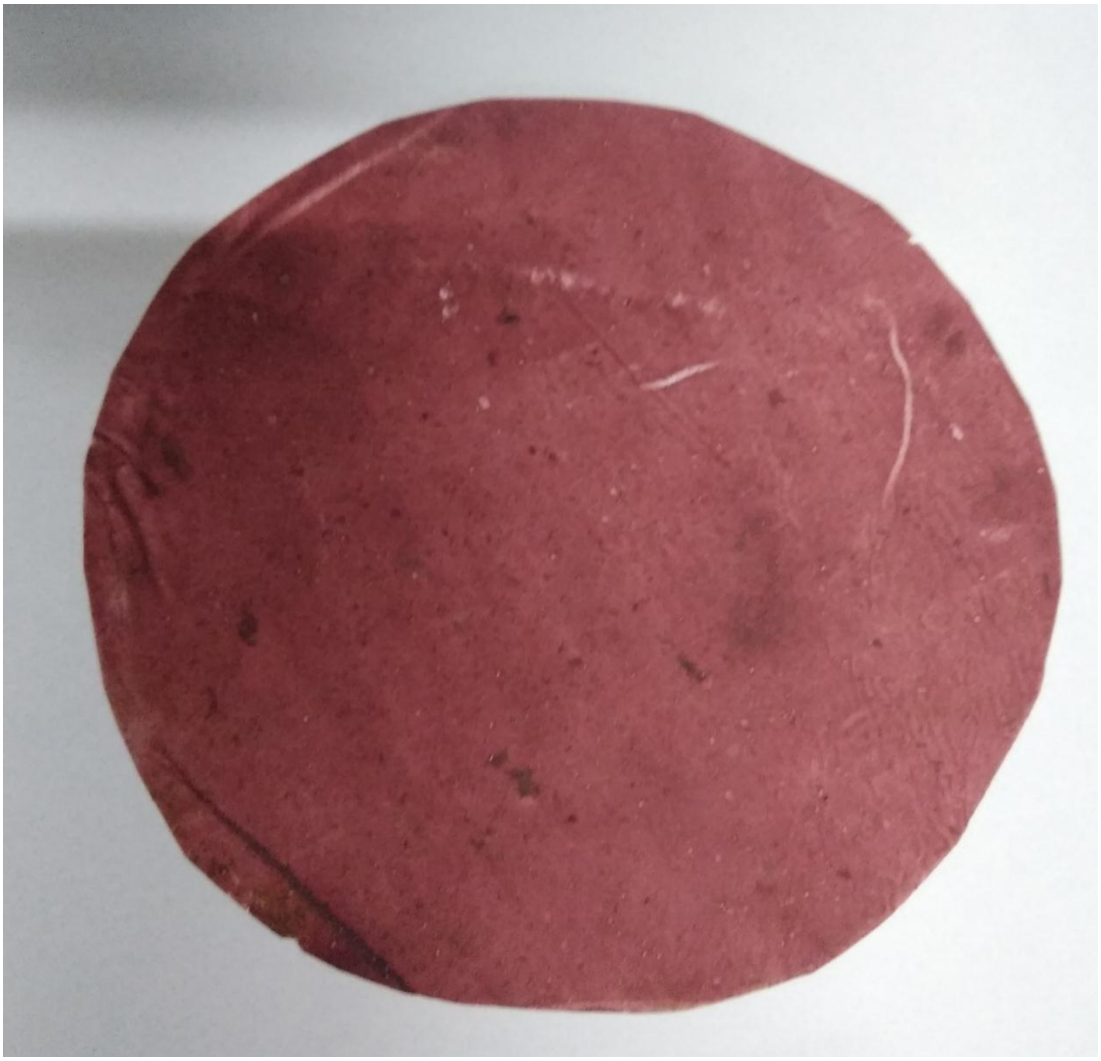
(10% NaOH)

- ***C H: 64,558 %***
- ***Área: 308,028 cm^2***
- ***Gramaje: 78, 931 gr/cm^2***
- ***Calibre: 0,033 cm***
- ***Volumen: 10,176 cm^3***
- ***Densidad: 0,239 gr/cm^3***
- ***Rendimiento: 35,442%***

PROPIEDADES FISICAS DEL PAPEL

DEL ENDOCARPIO DEL FRUTO DEL AGUAJE

CONCENTRACION Nº 4 (15% NaOH)



CONCENTRACION Nº 4

(15% NaOH)

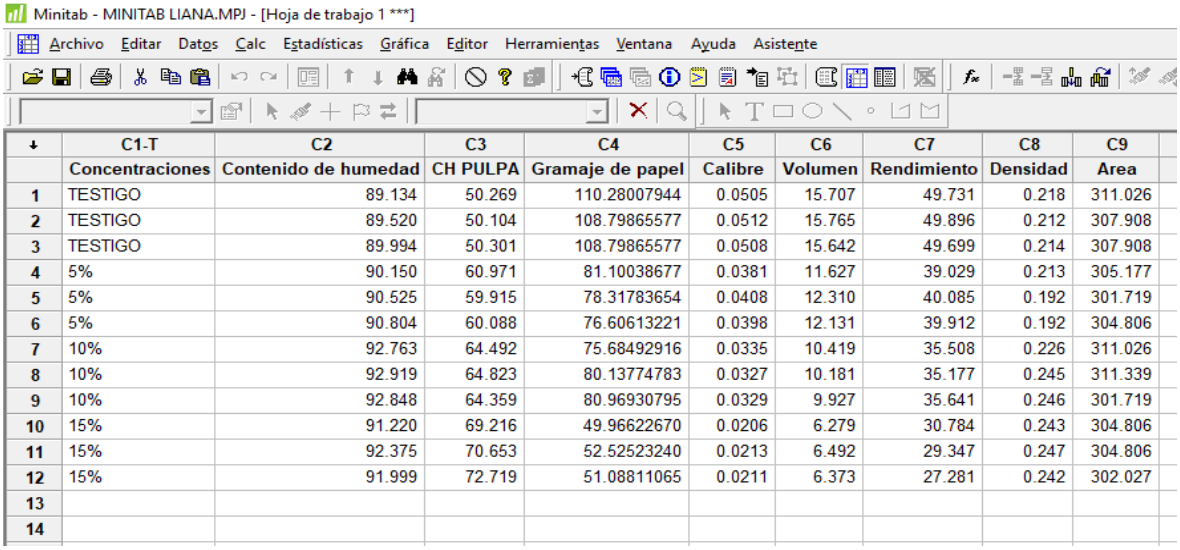
- ***C H: 70,863 %***
- ***Área: 303,880 cm^2***
- ***Gramaje: 51,193 gr/cm^2***
- ***Calibre: 0,021 cm***
- ***Volumen: 6,381 cm^3***
- ***Densidad: 0,244 gr/cm^{3JK}***
- ***Rendimiento: 29,137 %***

PROPIEDADES FISICAS DEL PAPEL

DEL ENDOCARPIO DEL FRUTO DEL AGUAJE

ANEXO 3
DATOS ESTADÍSTICOS

1.- Evaluación Físicas de las muestras de los papeles obtenidos de acuerdo a las concentraciones según el porcentaje en soda caustica (NaOH)



	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Concentraciones	Contenido de humedad	CH PULPA	Gramaje de papel	Calibre	Volumen	Rendimiento	Densidad	Area
1	TESTIGO	89.134	50.269	110.28007944	0.0505	15.707	49.731	0.218	311.026
2	TESTIGO	89.520	50.104	108.79865577	0.0512	15.765	49.896	0.212	307.908
3	TESTIGO	89.994	50.301	108.79865577	0.0508	15.642	49.699	0.214	307.908
4	5%	90.150	60.971	81.10038677	0.0381	11.627	39.029	0.213	305.177
5	5%	90.525	59.915	78.31783654	0.0408	12.310	40.085	0.192	301.719
6	5%	90.804	60.088	76.60613221	0.0398	12.131	39.912	0.192	304.806
7	10%	92.763	64.492	75.68492916	0.0335	10.419	35.508	0.226	311.026
8	10%	92.919	64.823	80.13774783	0.0327	10.181	35.177	0.245	311.339
9	10%	92.848	64.359	80.96930795	0.0329	9.927	35.641	0.246	301.719
10	15%	91.220	69.216	49.96622670	0.0206	6.279	30.784	0.243	304.806
11	15%	92.375	70.653	52.52523240	0.0213	6.492	29.347	0.247	304.806
12	15%	91.999	72.719	51.08811065	0.0211	6.373	27.281	0.242	302.027
13									
14									

Estadísticas descriptivas: CH PULPA

Variable	Concentraciones	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
CH PULPA	10%	3	0	64.558	0.138	0.239	0.057
	15%	3	0	70.86	1.02	1.76	3.10
	5%	3	0	60.325	0.327	0.566	0.321
	TESTIGO	3	0	50.225	0.0611	0.106	0.0112

Variable	Concentraciones	CoefVar	Q1	Mediana	Q3
CH PULPA	10%	0.37	64.359	64.492	64.823
	15%	2.49	69.22	70.65	72.72
	5%	0.94	59.915	60.088	60.971
	TESTIGO	0.21	50.104	50.269	50.301

ANOVA unidireccional: CH PULPA vs. Concentraciones

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Concentraciones	3	676.580	225.527	258.46	0.000
Error	8	6.981	0.873		
Total	11	683.561			

S = 0.9341 R-cuad. = 98.98% R-cuad.(ajustado) = 98.60%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada --------+---------+---------+---------+-
10%	3	64.558	0.239	(-*-)

```
15%      3  70.863      1.761                          (-*-)
5%       3  60.325      0.566               (--*-)
TESTIGO  3  50.225      0.106  (-*-)
                      --------+---------+---------+---------+-
                         54.0      60.0      66.0      72.0
```

Desv.Est. agrupada = 0.934

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Concentraciones	N	Media	Agrupación
15%	3	70.863	A
10%	3	64.558	B
5%	3	60.325	C
TESTIGO	3	50.225	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Concentraciones

Nivel de confianza individual = 98.74%

Concentraciones = 10% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
15%	3.862	6.305	8.748
5%	-6.676	-4.233	-1.790
TESTIGO	-16.776	-14.333	-11.890

```
Concentraciones  ---------+---------+---------+---------+
15%                               (-*-)
5%                      (-*--)
TESTIGO               (-*-)
               ---------+---------+---------+---------+
                    -12        0       12        24
```

Concentraciones = 15% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
5%	-12.981	-10.538	-8.095
TESTIGO	-23.081	-20.638	-18.195

```
Concentraciones  ---------+---------+---------+---------+
5%                    (-*-)
TESTIGO             (-*-)
               ---------+---------+---------+---------+
                    -12        0       12        24
```

Concentraciones = 5% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
TESTIGO	-12.543	-10.100	-7.657

```
Concentraciones  ---------+---------+---------+---------+
TESTIGO                 (-*-)
               ---------+---------+---------+---------+
                    -12        0       12        24
```

Estadísticas descriptivas: Gramaje de papel

Variable	Concentraciones	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Gramaje de papel	10%	3	0	78.93	1.64	2.84	8.07
	15%	3	0	51.193	0.741	1.283	1.645
	5%	3	0	78.67	1.31	2.27	5.15
	TESTIGO	3	0	109.29	0.494	0.855	0.732

Variable	Concentraciones	CoefVar	Q1	Mediana	Q3
Gramaje de papel	10%	3.60	75.68	80.14	80.97
	15%	2.51	49.966	51.088	52.525
	5%	2.88	76.61	78.32	81.10
	TESTIGO	0.78	108.80	108.80	110.28

ANOVA unidireccional: Gramaje de papel vs. Concentraciones

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Concentraciones	3	5069.61	1689.87	433.41	0.000
Error	8	31.19	3.90		
Total	11	5100.80			

S = 1.975 R-cuad. = 99.39% R-cuad.(ajustado) = 99.16%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	+---------+---------+---------+---------
10%	3	78.93	2.84	(*-)
15%	3	51.19	1.28	(-*-)
5%	3	78.67	2.27	(*-)
TESTIGO	3	109.29	0.86	(*-)
				+---------+---------+---------+---------
				48 64 80 96

Desv.Est. agrupada = 1.97

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Concentraciones	N	Media	Agrupación
TESTIGO	3	109.292	A
10%	3	78.931	B
5%	3	78.675	B
15%	3	51.193	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Concentraciones

Nivel de confianza individual = 98.74%

Concentraciones = 10% restado de:

```
Concentraciones  Inferior   Centro  Superior
15%             -32.902  -27.737   -22.573
5%              -5.420   -0.256     4.908
TESTIGO          25.197   30.362    35.526

Concentraciones  --------+---------+---------+---------+-
15%                  (*-)
5%                       (-*)
TESTIGO                          (-*)
             --------+---------+---------+---------+-
                 -35        0       35       70
```

Concentraciones = 15% restado de:

```
Concentraciones  Inferior  Centro  Superior
5%              22.317  27.482    32.646
TESTIGO          52.935  58.099    63.264

Concentraciones  --------+---------+---------+---------+-
5%                               (-*)
TESTIGO                                   (-*)
             --------+---------+---------+---------+-
                 -35        0       35       70
```

Concentraciones = 5% restado de:

```
Concentraciones  Inferior  Centro  Superior
TESTIGO          25.453  30.618    35.782

Concentraciones  --------+---------+---------+---------+-
TESTIGO                          (-*)
             --------+---------+---------+---------+-
                 -35        0       35       70
```

Estadísticas descriptivas: Calibre

```
                                    Error
                                estándar de
Variable  Concentraciones  N  N*    Media     la media  Desv.Est.  Varianza
Calibre   10%              3   0  0.033033     0.000240   0.000416  0.000000
          15%              3   0  0.021000     0.000208   0.000361  0.000000
          5%               3   0  0.039567     0.000788   0.001365  0.000002
          TESTIGO          3   0  0.050833     0.000203   0.000351  0.000000


Variable  Concentraciones  CoefVar       Q1   Mediana       Q3
Calibre   10%               1.26  0.032700  0.032900  0.033500
          15%               1.72  0.020600  0.021100  0.021300
          5%                3.45  0.038100  0.039800  0.040800
          TESTIGO           0.69  0.050500  0.050800  0.051200
```

ANOVA unidireccional: Calibre vs. Concentraciones

```
Fuente          GL        SC        CM       F      P
Concentraciones  3  0.0013995  0.0004665  814.85  0.000
Error            8  0.0000046  0.0000006
Total           11  0.0014041

S = 0.0007566   R-cuad. = 99.67%   R-cuad.(ajustado) = 99.55%


                          ICs de 95% individuales para la media
                          basados en Desv.Est. agrupada
Nivel    N     Media  Desv.Est.  -----+---------+---------+---------+----
10%      3  0.033033   0.000416               (*-)
15%      3  0.021000   0.000361  (*-)
5%       3  0.039567   0.001365                    (*-)
TESTIGO  3  0.050833   0.000351                              (-*)
                        -----+---------+---------+---------+----
                           0.0240    0.0320    0.0400    0.0480

Desv.Est. agrupada = 0.000757


Agrupar información utilizando el método de Tukey

Concentraciones  N     Media  Agrupación
TESTIGO          3  0.050833  A
5%               3  0.039567    B
10%              3  0.033033      C
15%              3  0.021000       D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.


Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Concentraciones

Nivel de confianza individual = 98.74%


Concentraciones = 10% restado de:

Concentraciones   Inferior     Centro   Superior
15%              -0.014012  -0.012033  -0.010054
5%                0.004554   0.006533   0.008512
TESTIGO           0.015821   0.017800   0.019779

Concentraciones     +---------+---------+---------+---------
15%                       (*-)
5%                              (*)
TESTIGO                                 (*)
                  +---------+---------+---------+---------
                -0.032    -0.016     0.000     0.016


Concentraciones = 15% restado de:

Concentraciones  Inferior    Centro  Superior
5%               0.016588  0.018567  0.020546
TESTIGO          0.027854  0.029833  0.031812
```

```
Concentraciones     +---------+---------+---------+---------
5%                                  (-*)
TESTIGO                                         (-*)
                +---------+---------+---------+---------
              -0.032    -0.016     0.000     0.016
```

Concentraciones = 5% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
TESTIGO	0.009288	0.011267	0.013246

```
Concentraciones     +---------+---------+---------+---------
TESTIGO                                 (*)
                +---------+---------+---------+---------
              -0.032    -0.016     0.000     0.016
```

Estadísticas descriptivas: Volumen

Variable	Concentraciones	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Volumen	10%	3	0	10.176	0.142	0.246	0.061
	15%	3	0	6.3814	0.0617	0.1069	0.0114
	5%	3	0	12.023	0.204	0.354	0.125
	TESTIGO	3	0	15.704	0.0356	0.0616	0.0038

Variable	Concentraciones	CoefVar	Q1	Mediana	Q3
Volumen	10%	2.42	9.927	10.181	10.419
	15%	1.68	6.2790	6.3728	6.4924
	5%	2.95	11.627	12.131	12.310
	TESTIGO	0.39	15.642	15.707	15.765

ANOVA unidireccional: Volumen vs. Concentraciones

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Concentraciones	3	135.5089	45.1696	897.27	0.000
Error	8	0.4027	0.0503		
Total	11	135.9116			

S = 0.2244 R-cuad. = 99.70% R-cuad.(ajustado) = 99.59%

```
                        ICs de 95% individuales para la media
                        basados en Desv.Est. agrupada
Nivel    N   Media  Desv.Est.  ------+---------+---------+---------+---
10%      3  10.176      0.246                (*)
15%      3   6.381      0.107  (-*)
5%       3  12.023      0.354                    (*)
TESTIGO  3  15.704      0.062                                 (*)
                      ------+---------+---------+---------+---
                         7.5      10.0      12.5      15.0
```

Desv.Est. agrupada = 0.224

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Concentraciones	N	Media	Agrupación
TESTIGO	3	15.704	A
5%	3	12.023	B
10%	3	10.176	C
15%	3	6.381	D

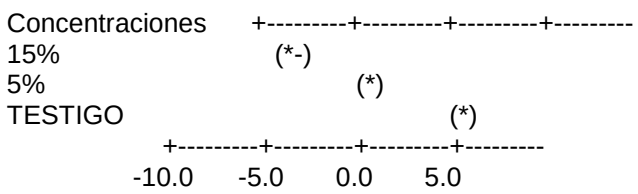
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Concentraciones

Nivel de confianza individual = 98.74%

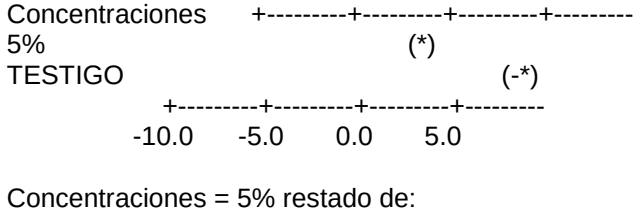
Concentraciones = 10% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
15%	-4.381	-3.794	-3.207
5%	1.261	1.847	2.434
TESTIGO	4.942	5.529	6.116



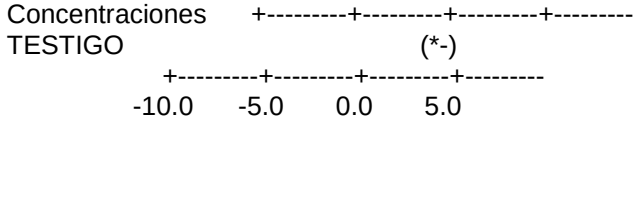
Concentraciones = 15% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
5%	5.055	5.642	6.228
TESTIGO	8.736	9.323	9.910



Concentraciones = 5% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
TESTIGO	3.095	3.682	4.268



Estadísticas descriptivas: Densidad

Variable	Concentraciones	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Densidad	10%	3	0	0.23903	0.00656	0.01136	0.00013
	15%	3	0	0.24376	0.00142	0.00247	0.00001
	5%	3	0	0.19910	0.00688	0.01192	0.00014
	TESTIGO	3	0	0.21501	0.00175	0.00303	0.00001

Variable	Concentraciones	CoefVar	Q1	Mediana	Q3
Densidad	10%	4.75	0.22593	0.24507	0.24611
	15%	1.01	0.24212	0.24255	0.24660
	5%	5.99	0.19196	0.19248	0.21286
	TESTIGO	1.41	0.21250	0.21417	0.21838

ANOVA unidireccional: Densidad vs. Concentraciones

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Concentraciones	3	0.0039511	0.0013170	18.38	0.001
Error	8	0.0005731	0.0000716		
Total	11	0.0045242			

S = 0.008464 R-cuad. = 87.33% R-cuad.(ajustado) = 82.58%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	------+---------+---------+---------+---
10%	3	0.23903	0.01136	(-----*----)
15%	3	0.24376	0.00247	(-----*-----)
5%	3	0.19910	0.01192	(-----*----)
TESTIGO	3	0.21501	0.00303	(-----*----)

------+---------+---------+---------+---
0.200 0.220 0.240 0.260

Desv.Est. agrupada = 0.00846

Agrupar información utilizando el método de Tukey

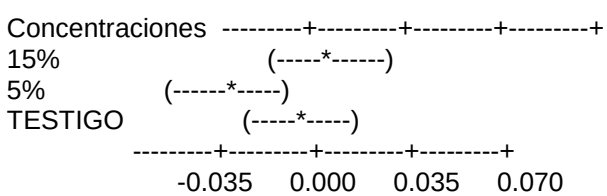
Concentraciones	N	Media	Agrupación
15%	3	0.243759	A
10%	3	0.239034	A
TESTIGO	3	0.215015	B
5%	3	0.199098	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Concentraciones
Nivel de confianza individual = 98.74%

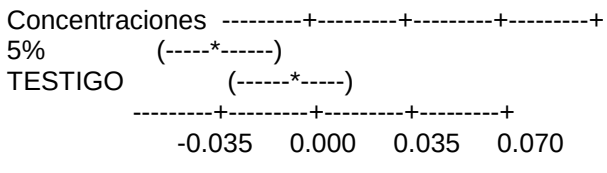
Concentraciones = 10% restado de:

Concentraciones Inferior Centro Superior
15% -0.017412 0.004725 0.026861
5% -0.062073 -0.039936 -0.017799
TESTIGO -0.046156 -0.024019 -0.001882



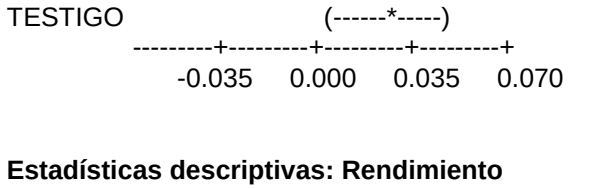
Concentraciones = 15% restado de:

Concentraciones Inferior Centro Superior
5% -0.066797 -0.044660 -0.022523
TESTIGO -0.050881 -0.028744 -0.006607



Concentraciones = 5% restado de:

Concentraciones Inferior Centro Superior
TESTIGO -0.006220 0.015916 0.038053



Estadísticas descriptivas: Rendimiento

Variable	Concentraciones	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza
Rendimiento	10%	3	0	35.442	0.138	0.239	0.057
	15%	3	0	29.14	1.02	1.76	3.10
	5%	3	0	39.675	0.327	0.566	0.321
	TESTIGO	3	0	49.775	0.0611	0.106	0.0112

Variable	Concentraciones	CoefVar	Q1	Mediana	Q3
Rendimiento	10%	0.67	35.177	35.508	35.641
	15%	6.04	27.28	29.35	30.78
	5%	1.43	39.029	39.912	40.085
	TESTIGO	0.21	49.699	49.731	49.896

ANOVA unidireccional: Rendimiento vs. Concentraciones

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Concentraciones	3	676.580	225.527	258.46	0.000
Error	8	6.981	0.873		
Total	11	683.561			

S = 0.9341 R-cuad. = 98.98% R-cuad.(ajustado) = 98.60%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	----+---------+---------+---------+-----
10%	3	35.442	0.239	(-*-)
15%	3	29.137	1.761	(--*-)
5%	3	39.675	0.566	(-*-)
TESTIGO	3	49.775	0.106	(-*-)
				----+---------+---------+---------+-----
				30.0 36.0 42.0 48.0

Desv.Est. agrupada = 0.934

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Concentraciones	N	Media	Agrupación
TESTIGO	3	49.775	A
5%	3	39.675	B
10%	3	35.442	C
15%	3	29.137	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Concentraciones

Nivel de confianza individual = 98.74%

Concentraciones = 10% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
15%	-8.748	-6.305	-3.862
5%	1.790	4.233	6.676
TESTIGO	11.890	14.333	16.776

Concentraciones	---------+---------+---------+---------+
15%	(-*-)
5%	(--*-)
TESTIGO	(-*-)
	---------+---------+---------+---------+
	-12 0 12 24

Concentraciones = 15% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
5%	8.095	10.538	12.981
TESTIGO	18.195	20.638	23.081

```
Concentraciones  ---------+---------+---------+---------+
5%                                (-*-)
TESTIGO                                     (-*-)
                 ---------+---------+---------+---------+
                     -12        0        12        24
```

Concentraciones = 5% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
TESTIGO	7.657	10.100	12.543

```
Concentraciones  ---------+---------+---------+---------+
TESTIGO                           (-*-)
                 ---------+---------+---------+---------+
                     -12        0        12        24
```

——————— 31/07 10:51:42 ———————————————————————————

Bienvenido a Minitab, presione F1 para obtener ayuda.
Recuperando proyecto desde el archivo: 'C:\USERS\LENOVO\DESKTOP\DOCUMENTOS PABLIN\PRACTICA LIANA\TESIS LIANA GREYS\MINITAB LIANA.MPJ'

Estadísticas descriptivas: Area

Variable	Concentraciones	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	CoefVar	Q1
Area	10%	3	0	308.03	3.16	5.47	1.77	301.72
	15%	3	0	303.88	0.926	1.60	0.53	302.03
	5%	3	0	303.90	1.10	1.90	0.62	301.72
	TESTIGO	3	0	308.95	1.04	1.80	0.58	307.91

Variable	Concentraciones	Mediana	Q3
Area	10%	311.03	311.34
	15%	304.81	304.81
	5%	304.81	305.18
	TESTIGO	307.91	311.03

ANOVA unidireccional: Area vs. Concentraciones

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Concentraciones	3	64.68	21.56	2.19	0.166
Error	8	78.59	9.82		
Total	11	143.27			

S = 3.134 R-cuad. = 45.15% R-cuad.(ajustado) = 24.58%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
10%	3	308.03	5.47	(----------*----------)
15%	3	303.88	1.60	(----------*----------)

```
5%       3  303.90       1.90  (-----------*-----------)
TESTIGO  3  308.95       1.80               (-----------*-----------)
                        ----+---------+---------+---------+-----
                        301.0     304.5     308.0     311.5
```

Desv.Est. agrupada = 3.13

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Concentraciones	N	Media	Agrupación
TESTIGO	3	308.948	A
10%	3	308.028	A
5%	3	303.901	A
15%	3	303.880	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Concentraciones

Nivel de confianza individual = 98.74%

Concentraciones = 10% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
15%	-12.346	-4.148	4.049
5%	-12.325	-4.127	4.070
TESTIGO	-7.278	0.919	9.117

```
Concentraciones  ---------+---------+---------+---------+
15%                (-----------*-----------)
5%                 (-----------*-----------)
TESTIGO                    (----------*-----------)
                 ---------+---------+---------+---------+
                     -7.0       0.0       7.0      14.0
```

Concentraciones = 15% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
5%	-8.176	0.021	8.218
TESTIGO	-3.129	5.068	13.265

```
Concentraciones  ---------+---------+---------+---------+
5%                       (-----------*-----------)
TESTIGO                        (----------*-----------)
                 ---------+---------+---------+---------+
                     -7.0       0.0       7.0      14.0
```

Concentraciones = 5% restado de:

Concentraciones	Inferior	Centro	Superior
TESTIGO	-3.151	5.047	13.244

```
Concentraciones  ---------+---------+---------+---------+
TESTIGO                        (-----------*-----------)
                 ---------+---------+---------+---------+
            -7.0       0.0       7.0      14.0-jjkj
```