UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACION DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN LA OBTENCIÓN DE PULPA A LA SODA A DIFERENTES CONCENTRACIONES A PARTIR DEL PSEUDOTALLO DE PLÁTANO (*Musa spp*) PROVENIENTE DE LA PROVINCIA DE PADRE ABAD, REGIÓN UCAYALI, EN LOS MESES DE MARZO-AGOSTO DEL 2016.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AMELIA SABINA ARENALES RIOS

PUCALLPA – PERÚ

2018

"Año del Dialogo y la Reconciliación Nacional"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 065/2018-CGyT-FCFyA-UNU

A las 11:15 am de día 04 de mayo del 2018 se reunieron los miembros del jurado calificador en el laboratorio de Informática de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, conformado por los docentes: **Dr. Héctor José Quispe Serna, Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez, M.Sc. Melchor Herbert Dolmos Castro,** para proceder a la evaluación de la tesis denominada **"Evaluación de la contaminación del agua en la obtención de pulpa a la soda a diferentes concentraciones a partir del pseudotallo de plátano (Musa spp), proveniente de la provincia de Padre Abad, Región Ucayali, en los meses de marzo-agosto del 2016"** presentado por la **Bach. Amelia Sabina Arenales Ríos,** finalizada la sustentación de la tesis, se procedió a la formulación de las preguntas, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia la tesis fue **APROBADA** por mayoría, quedando expedido para el otorgamiento del título de Ingeniero Ambiental. A las 12:50 am se dio concluido el acto académico, firmando en conformidad los miembros del jurado. Siendo el asesor el **Dr. Carlos Panduro Carbajal.**

.....
Dr. Héctor José Quispe Serna
Presidente

.....
Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez
Miembro

.....
M.Sc. Melchor Herbert Dolmos Castro
Miembro

ACTA DE APROBACION

La presente tesis ha sido aprobada por los miembros del jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Héctor José Quispe Serna

Presidente

Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez

Miembro

Ing. M.Sc. Melchor Herbert Dolmos Castro

Miembro

Dr. Carlos Panduro Carbajal

Asesor

Bach. Amelia Sabina Arenales Rios

Tesista

DEDICATORIA

A Dios nuestro creador por su infinito amor, por permitirme alcanzar mis metas y rodearme de esta familia tan maravillosa.

A mi hijo George Luigino Adrián Castillo Arenales, por hacerme mamá fuerte y valiente para lograr mis objetivos y metas, ser un ejemplo a seguir en él así mismo me siento muy feliz por su existencia y por su gran amor que representa cada día en nuestras vidas.

A mis querido y amado esposo Jorge Luis Castillo Mendoza, por su incomparable amor y dedicación que nos muestra cada momento.

A mi hermosa madre Liz Lorena Ríos García por el amor, sacrificio de una gran madre, confianza y por su invalorable apoyo total e incondicional a lo largo de toda mi vida.

A mi amada hermana Magali Rocio Cuicapuza Ríos, por estar en momentos difíciles de mi vida apoyándome en todo aspecto, y darme su amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, por haber permitido desarrollar la presente tesis en el Laboratorio de Transformación Química Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

A mis padres, hermana y familiares que estuvieron presentes en toda la finalización de carrera profesional y siempre fueron un gran apoyo.

A mi esposo Jorge Luis Castillo Mendoza por el constante apoyo en todo momento de mi carrera profesional estando siempre a mi lado en los malos y buenos momentos.

A mi asesor el Dr. Carlos Panduro Carbajal por haberme brindado el apoyo oportuno en su conocimiento científico, y guiarme en todo el desarrollo de la tesis.

Al Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez por su apoyo y orientaciones oportunas para la realización del presente trabajo de investigación.

Al sr. Arimuya laboratorista, por sus conocimientos, experiencia y consejos en el desarrollo como guía del proyecto.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA iv

AGRADECIMIENTO..... v

RESUMEN… xi

ABSTRACT xii

INTRODUCCIÓN…..... 1

CAPÍTULO I 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. Planteamiento del problema..... 3

1.2. Formulación del problema..... 4

CAPÍTULO II…..... 5

MARCO TEÓRICO 5

2.1. Antecedentes del problema..... 5

2.2. Planteamiento del problema 7

2.2.1. Hidróxido de sodio..... 7

2.2.2 Licor negro 8

2.2.3. Los efluentes del licor negro 10

2.2.4. Procesos de pulpeo..... 11

2.2.5. Características generales y propiedades de las fibras no leñosas… 12

2.2.6. Fibras no maderables… 15

2.2.7. Tendencias y mejoras en la industria papelera… 16

2.2.8. Pulpaje de la madera 16

2.2.9. Principales impactos ambientales… 17

2.2.10. Impactos ambientales en la obtención de fibras vegetales…..... 20

2.2.11. Métodos para el tratamiento del licor negro…..... 21

2.2.12. Límites máximos permisibles…..... 22

2.3. Definición de términos básicos… 26

CAPÍTULO III 32

METODOLOGÍA 32

3.1. Localización 32

3.2. Método 33

3.2.1. Tipo de investigación..... 33

3.3 Instrumento de recolección de datos.....34

3.4. Procedimiento de recolección de datos..... 34

CAPÍTULO IV.....40

RESULTADO Y DISCUSIÓN… 40

4.1. Calculo del pseudotallo para la obtención de pulpa 40

V.- CONCLUSIONES.....51

VI.- RECOMENDACIONES.....52

VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 53

ANEXOS 57

Anexo 1.- Iconografías…..... 57

Anexo 2.- Cálculos del proceso de obtención de pulpa..... 59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición del licor negro….....9

Tabla 2. Características del licor negro… 9

Tabla 3. Límites máximos permisibles de parámetros contaminantes de la industria papelera, según el Decreto Supremo N° 003 – 2002 – PRODUCE…..... 22

Tabla 4. Calculo: Base 1000 g de MS… 39

Tabla 5. Humedad del pseudotallo de las cuatro concentraciones…..... 40

Tabla 6. Humedad de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH… 42

Tabla 7. Rendimiento de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH… 43

Tabla 8. Peso de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH…..... 45

Tabla 9. Peso seco de la pulpa obtenida de las cuatro concentraciones de NaOH… 46

Tabla 10. pH promedio obtenido del licor negro de las cuatro concentraciones de NaOH…..... 49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1. Humedad del pseudotallo de las cuatro concentraciones de NaOH… 41

Grafico 2. Humedad de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH… 42

Grafico 3. Rendimiento de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH… 43

Grafico 4. Agua utilizada en la obtención de pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH…..... 44

Grafico 5. Peso humedo de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH… 45

Grafico 6. Licor negro generado en la obtencion de pulpa del pseudotallo de platano 47

Grafico 7. Promedio de pH obtenido del licor negro de las cuatro concentraciones de NaOH 49

ANEXOS

Anexo 01

Iconografía 57

Fotografía 1. Proceso del picado del pseudotallo y cocción 57

Fotografía 2. Proceso de escurrimiento del pseudotallo y análisis de agua 57

Fotografía 3. Resultados del proceso - el licor negro y la pulpa del pseudotallo de plátano 58

Fotografía 4. Resultados del proceso - pulpa del pseudotallo de plátano de las diferentes concentraciones… 58

Anexo 02 Cálculos del pseudotallo de plátano 59

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la contaminación del agua en la obtención de pulpa a la soda a diferentes concentraciones a partir del pseudotallo de plátano (Musa spp).

El licor negro (licor blanco y lignina) que se obtuvo del pulpeo, es contaminante principalmente por su baja biodegradabilidad, esto hace que se produzca impactos ambientales si no es tratado adecuadamente, por esta razón, esta investigación evaluó la cantidad de agua que se utilizó en el lavado de la pulpa por el método a la soda a partir del pseudotallo de plátano. Obteniéndose como resultado que la cantidad del licor negro que se obtuvo en total fue de 48 litros de todas las cuatro concentraciones de NaOH.

Se determinó que a mayor concentración de NaOH (10%) se tuvo mayor licor negro que fue de 14lt en comparación de la menor concentración de NaOH donde se obtuvo 11, 43lt de licor negro. Además, se obtuvo un pH de licor negro promedio entre (13-14). Si se vertiera este licor negro directamente al río o cauce natural produciría un impacto ambiental considerable puesto que el pH de (12-13) afecta el equilibrio biológico, generando una alta contaminación al agua.

Palabras Claves: Celulosa, papel, residuos orgánicos, contaminación de aguas del proceso

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the contamination of water in obtaining soda pulp at different concentrations from the pseudo plantain stem (Musa spp)

The black liquor (white liquor and lignin) that was obtained from pulping, is contaminant mainly due to its low biodegradability, this causes environmental impacts if it is not treated properly, for this reason, this investigation evaluated the amount of water that was used in the washing of the pulp by the soda method from the banana pseudostem. Obtaining as a result that the amount of black liquor that was obtained in total was 48 liters of all four concentrations of NaOH.

The amount of black liquor obtained in the process by the soda method to obtain pulp from the banana pseudostem indicates that with a higher concentration of NaOH was 10%, there was a greater black liquor that was 14 liters in comparison of the lowest concentration of NaOH that was 11, 43lt of black liquor. A pH was obtained in the black liquor of average (13-14), if this black liquor were spilled directly into the river or natural channel it would produce a considerable environmental impact since the pH of (12-13) affects the biological equilibrium, generating a high water pollution

Key Words: Cellulose, paper, organic waste, water contamination of the process

INTRODUCCIÓN

En el estudio se evaluó la contaminación del agua producida en la obtención de pulpa a la soda a diferentes concentraciones a partir del pseudotallo de plátano (Musa spp). La materia prima fue el pseudotallo de plátano proveniente de la provincia de Padre Abad – Región de Ucayali.

Dentro de las actividades humanas que están afectando negativamente el ambiente, una de las principales es la asociada al manejo y disposición de residuos sólidos. El papel ha desempeñado un destacado lugar dentro de la evolución de la raza humana de igual forma ha sido importante dentro de la evolución de las diferentes culturas y civilizaciones. (Calle, et, al.,2014).

Actualmente, la industria papelera representa el 2% del comercio mundial, y la demanda de papel sigue en aumento. Este material todavía constituye el principal medio de comunicación para la mayoría de las personas, especialmente en el ámbito educativo, además de tener numerosos usos comerciales entre los que se destacan aquellos relacionados con el empaque y el cuidado de la salud. La celulosa es la materia prima para la fabricación de papel y se puede extraer de todas las plantas en general. (Peña J. y., et, al., 2002.).

Los desechos sólidos son los residuos que se generan debido a las actividades humanas, los que generalmente se desechan como inútiles. Se obtienen como un subproducto de las actividades comerciales, industriales o agrícolas, y por lo general son una gran fuente de contaminación, por lo que actualmente se buscan alternativas de usos de estos residuos (kadirvelu, et,al.,2003.). La industria agrícola es una de las principales fuentes de

generación de residuos sólidos, los que están constituidos principalmente por los tallos, raíces, hojas u otras partes de las plantas que no son utilizadas en estos procesos (Shah, et, al.,2005.).

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo, es considerado un producto básico y de exportación, fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. Hace parte fundamental de la dieta de las personas de zonas tropicales. (Manrrique, et,al., 2012).

La industria platanera produce una gran cantidad de residuos vegetales, ya que de la planta solamente se aprovecha el fruto, teniendo que disponer de las demás partes de la planta: pseudotallo, hojas y pinzote o raquis (parte de la planta que sostiene los manojos de frutos). (Cordeiro, et, al.,2004).

Objetivos.

Objetivo general:

- Evaluar la contaminación del agua en la obtención de pulpa para papel a la soda a diferentes concentraciones a partir del pseudotallo de plátano (Musa spp).

Objetivos específicos:

- Obtener el licor negro de las diferentes concentraciones que se genera en la producción de pulpa a la soda a partir del pseudotallo de plátano.
- Obtener la cantidad de agua que se utilizará en el lavado de pulpa del pseudotallo de plátano.
- Definir la contaminación del agua que se utilizara en el proceso a la soda para la obtención de pulpa a partir del pseudotallo de plátano.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Según (Jungle, 1990). La contaminación hídrica producida por el licor negro, que es el producto líquido del pulpeo, puede representar un problema si no se realiza una recuperación; sin embargo, actualmente la mayor parte de las plantas nuevas de pulpeo cuentan con un ciclo de recuperación, que minimiza el impacto ambiental de este efluente.

Según (Ortiz A. , 2009). El licor negro es muy contaminante principalmente por su baja biodegradabilidad, esto hace que produzca impactos ambientales si no es tratado adecuadamente.

(Velasquez, et, al.,1999). Cuando una planta de pulpa vierte el licor negro directamente al río se produce un impacto ambiental considerable puesto que el pH (12-13) afecta el equilibrio biológico matando la fauna acuícola, además la gran carga de materia orgánica se convierte en alimento para los microorganismos que se proliferan a escala exponencial, dejando sin oxígeno el río e impidiendo el proceso de biodegradación.

Según (Mussatto et al, 2007). El licor negro es un desecho generado por las fábricas de pulpa, es una sustancia muy contaminante debido a su alto pH (12 a 13 unidades), a la gran carga del material orgánico e inorgánico que contiene y a su alta DQO, lo cual hace que sea poco biodegradable en condiciones normales como las encontradas en ríos.

“El color oscuro del licor negro se debe a la presencia de quinonas, grupos carboxílicos, radicales de hidroperóxido y grupos fenólicos”.

Los residuos agrícolas son aquellas partes derivadas del cultivo de diferentes especies vegetales, particularmente durante la cosecha, que no son destinadas al consumo. Se incluyen en esta categoría materiales como tallos, hojas, cáscaras, cortezas, vainas, semillas, rastrojos, etc., que provienen de cereales (arroz, maíz, trigo, cebada), café, cacao, té, frutas (banano, mango, coco, piña), legumbres (tomate, soya, fréjol), algodón, y palma aceitera entre otros. (Singh, N, et, al., 2009).

(Elvers, et, al., 2008). El comportamiento en el ambiente del NaOH; en el suelo, el hidróxido de sodio liberado en el suelo se separa en sus iones por acción de la humedad y reacciona rápidamente con sustancias ácidas presentes en el suelo; y en el agua, esta sustancia puede ingresar a vías de agua por acción de desagües industriales que no cumplen con las normas de control ambiental, es especialmente peligrosa para todos los organismos acuáticos por sus propiedades irritantes esta sustancia es una base fuerte y en agua, ésta se separa en sus iones constitutivos na+ y oh-

1.2. Formulación del problema

Una interrogante que se plantea es saber: ¿Qué cantidad de agua se contamina en el proceso de lavado de la pulpa a diferentes concentraciones del NaOH en la producción de pulpa a partir del pseudotallo de plátano?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

(Peña G. y., et, al., 2002). Realizaron un estudio de prefactibilidad para la producción de pulpa para papel aprovechando los desechos del cultivo del plátano en la región del viejo caldas; concluyendo que el flujo de caja si es rentable, por los beneficios sociales que representa, incremento de empleo, etc.

(Canche, et, al., 2005). Realizaron la obtención de Celulosa a partir de los residuos agrícolas del banano (pseudotallo y raquis), usando un procedimiento desarrollado en el Centro de Investigación Científica de Yucatan-Mexico. El proceso consistió en cuatro etapas: hidrólisis ácida, cloración extracción alcalina y blanqueo. Se obtuvieron mejores rendimientos con las fibras de plátano. La celulosa obtenida del pseudotallo presentó aglomeración de fibras debido a residuos de lignina y hemicelulosa.

(Manrrique, et,al., 2012). Aprovecharon los residuos de pseudotallo del plátano comun (Musa sp) para la extracción de fibras textiles; en el estudio obtuvieron fibras a partir del pseudotallo de plátano comun (Musa sp) teniendo un mejor desempeño que la de bocadillo (Musa sp). Finalizado el proceso de extracción de las fibras a partir del pseudotallo de banano y bocadillo se obtiene un rendimiento cercano

al 50%. Con concentración de NaOH al 8%, 10%, 12% y 14 siendo al 12% y con 2h de digestión que tuvieron un mejor rendimiento.

(Sosa, et, al.,2011). Determinaron la cocción del pseudotallo de plátano a una concentración de álcali activo de 12%, con el fin de evaluar el rendimiento de la pulpa llegando a una conclusión que la pulpa obtenida del pseudotallo de *Musa paradisiaca* comparada con otras especies de plátano, se comprobó que está compuesta por fibras muy largas, y de paredes muy finas; lo que le confiere a la pulpa una buena unión entre fibras, su rendimiento promedio de la pulpa de *M. paradisiaca* fue de 38.83 %.

Según (Chiluiza, 2011). La elaboración de papel a partir de la caña, se hizo necesario llevar a cabo pruebas a escala de laboratorio, con la finalidad de validar la idoneidad de la materia prima como un material vegetal apto para la obtención de pulpa de celulosa y posterior elaboración de papel.

(Ortiz A. , 2009). Sostiene que en el proceso de pulpeo en la fabricación de papel por medio de bagazo de caña de azúcar y madera, genera una serie de residuos contaminantes, encontrándose entre ellos, el licor negro, que es un residuo de color oscuro con un pH superior a 11 y una Demanda Química de Oxigeno entre 70.000 y 90.000 ppm, además contiene lignina disuelta. Sostiene también que este licor es muy contaminante principalmente por su baja biodegradabilidad, esto hace que produzca impactos ambientales si no es tratado adecuadamente.

2.2. Planteamiento teórico del problema

2.2.1. Hidróxido de sodio

El hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido sódico, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química) en la fabricación de papel, tejidos, y detergentes. Además, se utiliza en la industria petrolera en la elaboración de lodos de perforación base agua. A nivel doméstico, son reconocidas sus utilidades para desbloquear tuberías de desagües de cocinas y baños, entre otros.

A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe la humedad del aire (higroscópico). Es una sustancia manufacturada. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo. Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50%. (Calle, et, al.,2014)

2.2.1.1. Usos

El hidróxido de sodio se usa para fabricar jabones, crayón, papel, explosivos, pinturas y productos de petróleo. También se usa en el procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado, revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica. Se encuentra comúnmente en limpiadores de desagües y hornos. También

se usa como removedor de pintura y por los ebanistas para quitar pintura vieja de muebles de madera. (Calle, et, al.,2014)

$$Ca(OH)_2\ (aq) + Na_2\ CO_3\ (aq) \rightarrow 2\ NaOH + CaCO_3\ (s)$$

2.2.2. Licor Negro

En el proceso de pulpaje kraft queda un licor residual llamado licor negro, el cual está compuesto principalmente de agua, materia orgánica proveniente de la degradación de la holocelulosa, lignina solubilizada, extraíbles y materiales inorgánicos provenientes de los reactivos químicos utilizados en el proceso de cocción; en resumen, el licor negro está compuesto principalmente de C, H, S, Na y N_2+O_2. (Melo, 1988).

Dentro de las propiedades del licor negro, dos de las más importantes son la viscosidad y la conductividad térmica, ya que son cruciales en el proceso de recuperación kraft y ambas se ven directamente afectadas por el contenido de sólidos del licor. (Kubes et al, 1993).

La viscosidad del licor negro influye fuertemente en los requerimientos de energía de las bombas, el coeficiente de transferencia de calor en los evaporadores y el atomizado y tamaño de gota que ingresa a la caldera recuperadora. (Kubes et, al., 1993).

Respecto a la conductividad térmica del licor negro, esta se ve disminuida al aumentar el contenido de sólidos en el licor. (Harvin, 1956).

Tabla1. Composición del licor negro

Componentes	Peso seco (%)
Órganicos	
Lignina	38
Ácidos sacarínicos (hemicelulosas)	23
Ácidos alifáticos (lignina y carbohidratos)	14
Ácidos grasos y resínicos (extractivos)	0,5
Polisacáridos (celulosa y hemicelulosas)	3,0
Total	79
Inorgánicos	
NaOH	2,4
NaHS	3,6
Na_2CO_3 y K_2CO_3	9,2
$NaSO_4$	4,8
Na_2S_2O y Na_2S	0,5
NaCl	0,5
Total	22

Fuente: Knowpulp. (2014).

Tabla2. Características del licor negro

Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura	ºC	32
pH		11
CE	mho/cm	32,6
DQO	mg/L	28000
DBO	mg/L	9000
ST	mg/L	35000
SDT	mg/L	22500
SST	mg/L	12500
NTK	mg/L	310
Sulfato (SO_4^{-2})	mg/L	130
Fosfato (PO_4^{-2})	mg/L	80,2
Cloruro (Cl^-)	mg/L	1533
AT (como $CaCO_3$)	mg/L	8000
AGV	mg/L	975
Grasas y aceites	mg/L	3250

CE: Conductividad Eléctrica, DQO: Demanda Química de Oxígeno, DBO: Demanda Biológica de Oxígeno, ST: Sólidos Totales, SDT: Sólidos Disueltos Totales, SST: Sólidos Suspendidos Totales, NTK: Nitrógeno Total Kjeldahl, AT: Alcalinidad Total, AGV: Ácidos Grasos Volátiles. Fuente:Bishnoi *et al*. (2006).

2.2.3. Los efluentes del licor negro

Los efluentes líquidos son en potencia la mayor causa de polución, ya que en estado bruto contienen lignina (que resulta en una alta demanda biológica de oxígeno), así como alcoholes, cloratos y metales pesados. (Canche, et, al., 2005)

Dentro de los efluentes que se producen se encuentra el licor negro. Este es un subproducto del proceso Kraft, también conocido como pulpaje Kraft durante la producción de la pulpa de papel. La madera es transformada en fibra de celulosa con lo que posteriormente se hace el papel. El licor negro es una solución acuosa de residuos de la lignina. (Cortez, 2014).

Un desastre ambiental ocurrido en el verano del 2003 en Finlandia, donde “unos 7.500 metros cúbicos de licor negro escaparon de la fábrica de celulosa de UPM en Lappeenranta, contaminaron gravemente un área importante del lago Saimaa. La prensa continúo diciendo que “el licor negro consume el oxígeno del agua, causando una elevada mortandad de peces y también oscurece el agua y contamina las orillas. Además, tiene un olor sumamente desagradable. La mitad de la población de peces resultó erradicada en un radio de tres kilómetros de la planta”. (Garcia, et, al., 2001).

2.2.4. Procesos de pulpeo

El papel se fabrica a través de la separación de fibras celulósicas de origen vegetal. Para elaborar la suspensión, que se conoce como pulpa, es necesario liberar las fibras de los materiales lignocelulósicos con un tratamiento químico, mecánico o con una combinación de ambos; el tratamiento que se le da a los materiales fibrosos se conoce como pulpeo. (Mardones, 2003).

Para elaborar la pulpa se conocen diferentes procesos:

-Pulpeo mecánico: consiste en la desfibración y separación de las fibras, a través de la utilización de una piedra o muela, produciendo la ruptura de las paredes de la fibra. Una de las ventajas que presenta, es que la pulpa conserva toda la lignina presente en la madera, obteniendo mayores rendimientos (entre 90 y 95%), en contraste con el casi 50% de las pulpas químicas (Sjöström, 1993).

-**Pulpeo semiquímico o químico- mecánico:** la desfibración química no llega al punto de liberación de la fibra, por lo que es necesario un tratamiento mecánico posterior, sus rendimientos varían entre 70 y 85% (Sjöström, 1993).

-**Pulpeo químico:** disuelve la lignina desde las fibras de celulosa y hemicelulosas. El más utilizado es el proceso Kraft. Debido a ventajas tanto técnicas como económicas, siendo las más importantes, la gran flexibilidad con relación a las materias primas que pueden ser utilizadas; la producción de pulpas con alta resistencia físico-

mecánica y la recuperación de los reactivos utilizados durante la cocción. Sin embargo, también presenta algunas desventajas como bajo rendimiento y principalmente pulpas más oscuras. (Mardones, 2003).

-**Pulpeo a la soda**: Es el más antiguo y el más simple de los procesos químicos y continúa utilizándose a escala reducida. Produce fibras cortas y fácilmente blanqueables pero abundantes en pentosas.

También se emplea el método a la sosa tradicional en especies fácilmente deslignificables; (por esta razón es el de mayor interés para este caso porque es utilizado en las plantas no maderables como es el pseudotallo de plátano, debido a que este tipo de plantas se impregnan con facilidad y la cantidad de reactivos necesaria es menor que para el proceso de pulpeo con maderas, el proceso a la soda requiere de 10 a 15% de NaOH y una temperatura de 160 a 170ºC, el rendimiento es de 40 a 55%. (Dueñas, 2003).

2.2.5. Características generales y propiedades de las fibras no leñosas (fibras vegetales)

2.2.5.1. Fibras

El proceso de fabricación del papel se inicia con la obtención de fibras. La fibra es cada uno de los filamentos que entran en la composición de los tejidos orgánicos vegetales o animales, de ciertos

minerales y de algunos productos químicos. Se clasifican en función de su origen, de su estructura química o de ambos factores.

./ Longitud: Es el largo de la fibra antes de hilar. Puede ser: largo, mediano, corto o continuo.

./ Diámetro: Es la medida de la fibra en un corte transversal.

./ Resistencia: se denomina resistencia a la fuerza que opone la fibra a la rotura.

Color: El color natural de una fibra lo determinan las materias colorantes que hay en su estructura celular. Puede ser: blanco, amarillento, gris, pardo, teñido o blanqueado.

./ Brillo: Es la capacidad de reflejar la luz .

./ Elasticidad: Capacidad de una fibra de volver a su estado primario después de sufrir un estiramiento o alargamiento forzoso .

./ Forma de la sección transversal: redondas, de hueso, triangulares, lobulares, en forma de frijol, planas o semejantes a pajillas huecas .

./ Composición química: La composición química sirve como base para clasificar las fibras en núcleos genéricos como celulósicas, proteicas y acrílicas.

2.2.5.2. Clasificación de fibras

Las fibras vegetales se clasifican principalmente teniendo en cuenta la parte de la planta de la cual es extraída, y a partir de ella se relacionan con base en la longitud, la conformación y la textura. Es así como se dividen en duras, suaves, cortas, de palmeras y diversas.

- **Fibras duras**

Son las que provienen de las hojas en la que se encuentra gran variedad de especies pertenecientes a la familia del Agave, como el fique, el sisal y la cabuya. La base de sus descripciones permitirá la inclusión de la fibra de plátano bajo esta clasificación.

- **Fibras suaves**

Son fibras extraídas en gran parte de la corteza de las plantas. Se incluye en este grupo el cáñamo, el yute, el lino y el ramio.

- **Fibras cortas**

A este tipo de fibras pertenecen las extraídas de los frutos. Su principal representante es el algodón.

- **Fibras de palmas**

Extraídas en su mayoría de los pecíolos o de las hojas de este tipo de plantas.

- **Fibras diversas:**

Los tamos de cereales, el amero, el zacatón y la barba de palo se pueden incluir dentro de este grupo.

Holten (2004), describe a una fibra como un filamento blando que es muy parecido a un cabello, cuyo diámetro es muy pequeño en relación a su longitud. Las fibras son unidades fundamentales que se utilizan en la fabricación de papel y sus propiedades están determinadas por la naturaleza de la estructura externa e interna y su composición química.

Meeuse (1988), describió a las fibras que se originan de las hojas, en los géneros *Agave* y *Mussa,* él descubrió que se desarrollan por una modificación del parénquima fundamental y que son altamente esclerenquimatosas. Por lo que plantea la siguiente clasificación basada en la parte de la planta de la cual se obtiene la fibra:

a) Fibras obtenidas de Semillas.

b) Fibras del tallo o de corteza.

e) Fibras foliares.

d) Fibras del fruto.

Barrera (1981), comenta que las fibras vegetales procedentes directamente de la planta son usadas en diversos productos industriales, para hacer una diferencia general se clasifican en "duras y blandas", según el grado de finura de la fibra y la rigidez en el estado natural. Las fibras duras son el abacá, los agaves (henequén y sisal) y el ixtle principalmente. Las fibras blandas son el lino, el yute y el ramio.

Maiti (1995), menciona que después de las plantas alimenticias, las plantas productoras de fibras son de mucha importancia económica y social, ya que se han usado desde tiempos remotos obteniéndose a partir de raíces, tallos, hojas, frutos y semillas; éstas se pueden explotar en forma silvestre o natural, en diversos ambientes, pero su producción e importancia varía también a las situaciones políticas, calidad.

2.2.6. Fibras no maderables

Provienen de diferentes especies de arbustos y plantas herbáceas. En los países industrializados se utilizan para producir papeles especiales, sin embargo, en otros países son la principal materia prima para la fabricación de papel, así, en China suponen el 60% de las fibras utilizadas para la producción de papel. Estas fibras presentan un gran potencial de desarrollo para sustituir a las fibras madereras. Las especies más utilizadas son: Algodón, Cáñamo y Fibra de plátano. (Peña G. y., et,al., 2002).

2.2.7. Tendencias y Mejoras en la Industria Papelera

Las mejoras tecnológicas registradas en las industrias se han desarrollado en el área de aumento de eficiencias en los procesos productivos y de cuidado del medio ambiente. Las mejoras en los procesos de blanqueo han significado en la mayoría de los países de Europa la total eliminación del tradicional proceso de blanqueo basado en cloro elemental, reemplazándose con el sistema de blanqueo ECF (Elemental Chlorine Free) ó TCF (Totally Chlorine Free). El proceso ECF ha significado una reducción de residuos de compuestos clorados en más de un 90% respecto del proceso tradicional. (Tejedor, 2017).

2.2.8. Pulpaje de la madera

La elaboración de la pulpa de celulosa blanqueada se puede dividir en dos etapas: el pulpaje y el blanqueo de la pulpa. Industrialmente existen diversos tipos de pulpaje, con diferentes rendimientos y propiedades de la pulpa que generan. Así tenemos: pulpajes mecánicos, pulpajes semiquímicos, método sulfito y método sulfato, o también llamado Kraft, (Knight, 1994; Kringstad, 1984).

El tipo de pulpaje influye mucho sobre la calidad y características de la pulpa que se obtiene. En general, los procesamientos de pulpaje se pueden agrupar en 2 tipos de procesos: el pulpaje mecánico, que produce una pulpa con una gran cantidad de madera residual (celulosa, hemicelulosa, lignina y extraíbles); y el pulpaje químico, en el que se remueven casi totalmente todos los compuestos no-celulósicos, alcanzándose remociones de 90 - 95 % de la lignina. Esto es muy importante, ya que la pulpa de celulosa puede presentar una mayor o menor coloración marrón oscura dependiendo del porcentaje de lignina presente (Kringstad, 1984).

Según, (Junge, 1990). La contaminación hídrica: el licor negro, producto líquido del pulpaje, puede representar un problema si no se realiza una recuperación de éste; sin embargo, actualmente la mayor parte de las plantas nuevas de pulpaje cuentan con un ciclo de recuperación, que minimiza el impacto ambiental de este efluente (Junge, 1990).

2.2.9. Principales impactos ambientales

Los principales impactos ambientales ligados a la producción de pulpa de papel son:

A. Consumo de energía

La industria papelera es el quinto sector industrial en consumo de energía, con un 5% del uso mundial de energía. No obstante, este sector tiene un gran potencial para cubrir internamente su demanda.

B. Consumo de agua

La elaboración de pulpa de papel requiere grandes cantidades de agua, que varían en función de las materias primas y de las tecnologías.

Las plantas de producción de pulpa más modernas están reduciendo en gran medida su consumo de agua recirculando el agua de sus efluentes.

El consumo de agua en los procesos productivos ha disminuido en forma importante como producto de las mejoras tecnológicas. Así mismo, la eficiencia alcanzada ha permitido cerrar el circuito, es decir, reutilizar en mayor grado el agua consumida. Esto significa que hoy cerca de un 95% del agua usada en los procesos, son purificados y vueltos a usar, así también son limpiados antes de devolverlos a los cursos fluviales. Sólo un 5% se pierde por evaporación.

C. Emisiones gaseosas

La fabricación de papel puede emitir a la atmosfera contaminantes como compuestos orgánicos volátiles, óxidos nitrosos y de azufre, acetona, metanol, organoclorados, ácido clorhídrico y sulfúrico, partículas y monóxido de carbono. A demás, con frecuencia produce olores nauseabundos como a huevo podrido de los compuestos del azufre.

Debido al elevado consumo energético, también origina indirectamente, emisiones de dióxido de carbono, responsables del efecto invernadero.

D. Efluentes líquidos

Los efluentes de las fábricas de papel contienen una gran cantidad y diversidad de contaminantes que varían en función de las materias - primas y las tecnologías empleadas.

Una parte importante de la carga contaminante consiste en fibras de celulosa disueltas, que si no son depuradas ocasionan graves problemas en los cauces receptores de los vertidos.

Los vertidos de las fábricas de pulpa química contienen restos de los productos químicos utilizados para cocer la madera, sustancias resultantes de la eliminación de la lignina (licor negro) y sustancias organocloradas provenientes del blanqueo, cuando se utilizan compuestos clorados y muchos compuestos sin identificar resultantes de las interacciones entre ellos.

Los efluentes de las fábricas de pasta mecánica contienen compuestos orgánicos de azufre, resinas acidas y otros desechos de la madera. Estos vertidos tienen una elevada toxicidad, que incluye a las dioxinas y requieren complejos y costosos sistemas de depuración para reducir su impacto sobre los cauces receptores.

El uso de compuestos de cloro para blanquear la pasta da lugar a la formación de compuestos órgano clorado, una familia de sustancias de elevada toxicidad, que incluye a dioxina. La industria papelera ha sido tradicionalmente una de las más principales fuentes de generación y emisión al medio ambiente de estas sustancias.

El desarrollo de tecnologías de blanqueo alternativas, como la utilización de compuestos oxigenados, ha solucionado por completo estos problemas en las fábricas que las han implementado.

2.2.10. Impactos ambientales en la obtención de fibras vegetales

El consumo de fibras vegetales, en particular de madera, para fabricar papel es uno de los temas más señalados a la hora de hablar de los impactos ambientales generados por la industria papelera. (Peña G. y., et,al., 2002), y que cada año se pierden en el mundo 11 millones de hectáreas de superficie forestal, lo que equivale a la desaparición de un campo de fútbol cada 2 segundos.

La utilización de fibra de plátano como materia prima en la elaboración de papeles, resulta en las condiciones actuales una alternativa no solo viable y sostenible por su rapidez de generación y por los volúmenes producidos a nivel mundial como por el valor económico y financiero, es una solución a la conservación de la diversidad biológica. (Peña J. y., et, al., 2002.).

Según datos de la FAO (1998), el 55% de las fibras para la producción de papel procedían de madera virgen. Actualmente la mayoría de la madera procede de plantaciones forestales de especies de crecimiento rápido, aunque aún se siguen explotando los últimos bosques vírgenes boreales y tropicales que existen en el planeta.

Las plantaciones forestales pueden ser una alternativa a la extracción de madera de los bosques, siempre que se gestionen con criterios sostenibles. Así, cualquier nueva plantación debería establecerse en terrenos realmente degradados, que no se puedan regenerar de forma natural, ni se cultiven y nunca deben sustituir a bosques autóctonos.

Las plantaciones forestales realizadas a lo largo de este siglo han sustituido bosques autóctonos mediterráneos y atlánticos por especies de crecimiento rápido, como pino y eucalipto. Estos monocultivos forestales, con árboles de la misma edad, pierden la enorme diversidad biológica y riqueza de los bosques, reducen la calidad del suelo y del paisaje, y, además, son más propensos a incendios, plagas y enfermedades. (Calle, et, al.,2014).

2.2.11. Métodos para el tratamiento del licor negro

- **Como Fuente de energía**

  En Canadá, el Instituto de investigación de pulpa y papel, recupera la lignina por medio de precipitación con CO2 para posteriormente ser usada como materia prima de otras industrias y en otra proporción como combustible reduciendo los consumos energéticos. (Loutfi et, al., 1991).

  La lignina, que contiene el licor negro, es un biocombustible que se separa de la celulosa para la fabricación de pulpa de papel, se puede utilizar en diferentes tecnologías (como combustible). En Suecia en el departamento de ingeniería química y ciencias del medio ambiente en la Universidad de Tecnología Chalmes, se analizó la tecnología del Power House de molino y la tecnología convencional de una planta papelera en donde recuperan energía para el funcionamiento de la caldera, obteniéndose un 50% más de energía recuperada por medio del Power House. (Eriksson y Harvey, 2004).

2.2.12. Límites Máximos Permisibles

Los Límites Máximos Permisibles para Actividades en Curso o que se inician. Los Límites Máximos Permisibles aprobados son de cumplimiento obligatorio a inmediato para el caso de las actividades o instalaciones industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

Tabla 3.- Límites máximos permisibles de parámetros contaminantes de la industria papelera, según el Decreto Supremo N° 003 – 2002 – PRODUCE

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EFLUENTES	
	Para alcantarillado	Para aguas superficiales
pH	6,5 – 9,5	5,0 – 8,5
Temperatura °C	35	35
Solidos Suspendidos totales (mg/L)	1000	50
Aceites y Grasas (mg/L)	100	25
DBO_5(mg/L)	1000	250
DQO(mg/L)	3000	1000
Sulfuros(mg/L)	10	1

2.2.13. Descripción de la planta de plátano

a) HOJAS

Muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m. de largo y hasta de medio metro de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado.

b) TALLO

El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo.

c) RAIZ

Son superficiales distribuidas en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayoría a los 15 a 20cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente son duras, amarillentas. Pueden alcanzar los 3 m de crecimiento lateral y 1,5 m de profundidad.

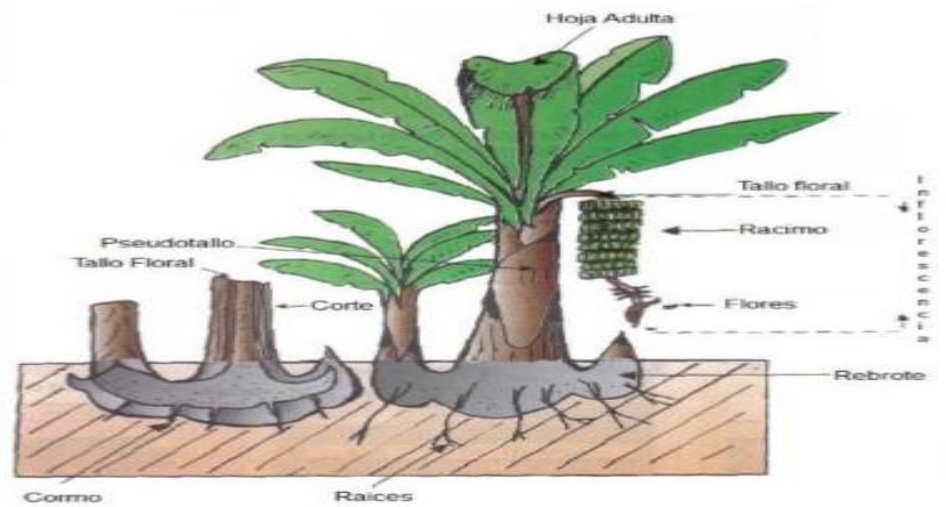


Figura 1.- Estructura a de una planta de plátano. (Fernández A., 2006; citado en Noblecilla E., 2008).

d) PSEUDOTALLO PLÁTANO

Es el tallo aparentemente formado por las vainas foliares superpuestas demasiadamente, también se le denomina también pseudocaule.

El terminal del tallo produce hojas que poseen una parte basal bien determinada (vaina foliar). Sucesivamente, van apareciendo hojas que junto con las vainas forman lo que comúnmente se llama tronco, aunque en realidad es un tronco falso o pseudotallo. (Blasco, et, al.,2014).

2.2.14. Historia de la industria papelera en el Perú

No se tienen datos históricos exactos de la historia de esta industria, pero podemos llegar a la conclusión que en sus inicios estuvo muy vinculada al ingenio y a la capacidad empresarial de los inmigrantes italianos o de sus descendientes, los cuales ya a mediados de 1918 comenzaron sus operaciones de manufactura de cartones a partir de fibra secundaria (desechos de papel) mediante una fábrica muy rudimentaria y casi artesanal de propiedad de Antonio Mazzini. La segunda fábrica de cartón que se instaló en el Perú fue la de "Piedra Liza" que también a base de desperdicio o fibra secundaria comenzó a operar a partir de 1921 y que siguió produciendo ininterrumpidamente hasta 1987, año en que tuvo una producción de 1375 toneladas entre papel de envolver y cartón de paja.

El inicio de la fabricación de papel en forma de hoja continua empezó con la edificación de la *"Papelera Peruana"* en 1933, en el área de Chosica, usando como insumos fibrosos pulpa importada a base de madera y fibra secundaria.

En 1940 la fábrica papelera fabricó algo más de 3000 toneladas de papel para envolver, casi exclusivamente a partir de pulpa química de bagazo, concediendo al Perú el honroso mérito de ser la primera nación en el mundo en haber iniciado la fabricación del papel en base a un nuevo insumo fibroso: el bagazo de la caña de azúcar.

De 1950 a 1968 se crean 5 empresas papeleras más: La industria de papel en 1958, Administradora Industrial en 1960, Industria Papelera Atlas S.A. en 1966, La Papelera Zárate en 1966, Industria del Papel en Vitarte en 1966. INDUPERU en 1977 puso en operación una moderna máquina papelera marca "Valmet" de doble tela diseñada para la producción de 11000 toneladas por año de papel periódico en el área de Trupal en posición paralela a la ubicación de la PPX-7 de Sociedad Paramonga Ltda. S.A.

25

2.3. Definición de términos básicos

- **Contaminación:**

La contaminación ambiental es la incorporación a los recursos naturales (aire, agua y suelo), de sustancias nocivas y molestas, en calidad y cantidad que puedan provocar un daño sanitario, económico, ecológico, social o estético. Esta contaminación no es exclusiva de la acción del hombre, si bien es una de sus principales causas. (Area, et, al. , 2008).

- **Celulosa:**

Es el nombre genérico para definir un amplio rango de productos compuestos de fibras naturales, contenida principalmente en árboles y otras plantas. (Peña J. y., et, al., 2002.)

- **Hemicelulosa:**

La hemicelulosa de la madera es un heteropolímero ramificado compuesto por unidades de carbohidratos diferentes a las de la celulosa; con una masa molecular relativa mucho menor que la celulosa, y también con grado de polimerización inferior (aproximadamente de 200) (Kringstad, 1984).

- **Lignina:**

La lignina está formada por la extracción irreversible del agua de los azúcares, creando compuestos aromáticos. Los polímeros de lignina son estructuras transconectadas con un peso molecular de 10.000 una. Se caracteriza por ser un complejo aromático (no carbohidrato) del que existen muchos polímeros estructurales (ligninas). Resulta conveniente utilizar el término lignina en un sentido colectivo para señalar la fracción lignina de la fibra. Después de los polisacáridos, la lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal. Es importante destacar que es la única fibra no polisacárido que se conoce. (Kringstad, 1984).

- **Plátano:**

Es una planta herbácea que crece hasta seis metros de altura, de tronco fuerte, cilíndrico, suculento, que sale de un tallo bulboso pulposo y grande, proviene de Asia, pero su cultivo se ha extendido por muchas regiones del planeta, como ser América central, América del sur, y África.

- **Residuo:**

El concepto de residuo viene definido de diversas formas: Según la O.C.D.E. (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) se define residuo como “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no tienen, en el contexto en el que son producidas, ningún valor económico”.

Según Boada (2004), el residuo es un material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño. Desde el punto de vista legislativo lo más complicado es que se trata intrínsecamente de un término subjetivo que depende esencialmente del generador y fiscalizador.

Según Monge (2008), la minimización de estos residuos son actividades que reducen la cantidad o peligrosidad de los residuos generados por las actividades domésticas, hospitalarias o industriales. Se entiende por residuo sólido cualquier material pueda o no tener utilidad alguna. El término de residuo no corresponde con la acepción de la palabra desecho, pues esta trae implícita la no utilidad de la materia (Jiménez, 2001).

- **Proceso de pulpeo:**

El papel se fabrica a través de la separación de fibras celulósicas de origen vegetal. Para elaborar la suspensión, que se conoce como pulpa, es necesario liberar las fibras de los materiales lignocelulósicos con un tratamiento químico, mecánico o con una combinación de ambos; el tratamiento que se le da a los materiales fibrosos se conoce como pulpeo. (Mardones, Pulpaje BioKraft de Eucalyptus nitens con el Hongo de Pudrición Blanca Ceriporiopsis subvermispora., 2003).

- **Licor negro:**

Es un desecho generado por las fábricas de pulpa, es una sustancia muy contaminante debido a su alto pH (12 a 13 unidades), a la gran carga del material orgánico e inorgánico que contiene y a su alta DQO, lo cual hace que sea poco biodegradable en condiciones normales como las encontradas en ríos. “El color oscuro del licor negro se debe a la presencia de quinonas, grupos carboxílicos, radicales de hidroperóxido y grupos fenólicos”. (Mussatto, et, al.,2007).

Es una solución acuosa, compleja, constituida por componentes orgánicos (lignina, polisacáridos y compuestos resinosos de baja masa molar) e inorgánicos (iones de sales solventes). (Cardoso et al, 2006); el licor negro es un subproducto del proceso de pulpeo que se realiza a altas temperaturas y en digestores con adición de sustancias químicas.

- **Residuos orgánicos:**

Según (Jaramillo, et,al.,2008). Cuando se habla de residuos orgánicos se hace referencia aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, y se pueden degradar o desintegrar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica, como los restos de comida, frutas, verduras, huevos, entre otros.

- **Producción de pulpa:**

Consiste en liberar las fibras celulósicas contenidas en el segmento vegetal que es la lignina; por lo tanto, el objetivo en la producción papelera es eliminar la lignina de los tejidos de las plantas. (Ortiz A. , 2009).

- **Población:**

Es un grupo de entidades que tienen alguna característica cuantificable en común. Las unidades de una población pueden ser personas, árboles, bacterias, compuestos químicos entre otros. La característica cuantificable puede ser una variable continua o discreta. (Ortiz L. , 2014).

- **Licor de cocción:**

Licor de digestión (LD) o licor blanco, conjunto de reactivos químicos, solubles en agua, que se utilizan como agente de delignificación, es un método de obtención de pulpa celulósica. La cantidad de licor utilizada es proporcional a la cantidad de materia seca (MS); la relación LD/MS varía de 4/1 a 5/1. (Calle, et, al.,2014).

- **Delignificación:**

La deslignificación involucra la degradación y solubilidad de la lignina de la lámina media. (Figueroa, et,al., 1971).

- **Soda caustica:**

El hidróxido de sodio, que se conoce comúnmente como soda caustica, se produce comercialmente por dos métodos básicos: celdas electrolíticas y proceso químico. (Flores, et,al., 2011).

- **Rendimiento:**

Refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue. El beneficio o el provecho que brinda algo o alguien también se conoce como rendimiento. (Garcia, et, al., 2001).

- **Pulpa a la sosa:**

Es la pulpa obtenida de cualquier recurso fibroso sometido a cocimiento con soda cáustica y vapor de agua, a altas temperaturas y presiones. (Canche, et, al., 2005)

- **Pulpa al sulfato o kraft (SulphatePulp):**

Es la pulpa de madera cocida bajo presión en solución de soda cáustica y sulfuro de sodio. Es conocido como proceso kraft. (Canche, et, al., 2005).

- **Pulpa al sulfito (SulphitePulp):**

Es la pulpa de papel hecha de astillas de madera cocidas bajo presión en una solución de bisulfito de calcio. (Canche, et, al., 2005).

- **Pulpa mecánica (MechanicalPulp):**

En fabricación de papel, es la pulpa producida por trituración mecánica de trozos o astillas de madera. Se utiliza en la fabricación de papel periódico y papeles de publicación. Es conocida también como pulpa de madera (groundwoodpulp). En este proceso lignina e impurezas permanecen en el papel resultando en un producto de menos brillantez y mayor opacidad. (Canche, et, al., 2005)**.**

- **Pulpa química (ChemicalPulp):**

En fabricación de papel, es el proceso de hacer pulpa donde se cocinan las astillas en un digestor presurizado, tratando estas con agentes químicos para quitar impurezas tales como lignina, resinas y gomas. (Canche, et, al., 2005).

- **Hidróxido de sodio:**

También conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química) en la fabricación de papel, tejidos, y detergentes. (Area, et, al. , 2008).

32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Localización

La colecta de la materia prima se realizó en la localidad del caserío Manco Capac que está ubicado en el distrito de Irazola provincia de Padre Abab región Ucayali, aproximadamente en el km 106 de la carretera Federico Basadre entrando a por la margen izquierda saliendo de la ciudad de Pucallpa.

La parte experimental del estudio se desarrolló en el Laboratorio de Transformación Química Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, Departamento de Ucayali.

3.1.2. Características de las zonas de muestreo:



Figura 2: Caserío Manco Capac, Distrito de Irazola, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali. **Fuente: google map**

Caserío Manco Capac: Es una zona natural. El clima es húmedo con abundantes precipitaciones. La temperatura mínima es de 16ºC y máxima es de30ºC. El suelo es humífero (tierra negra) porque tiene abundante materia orgánica en descomposición. La flora se caracteriza por tener abundantes especies forestales como platas de la zona ya que existen sembríos de plantaciones de plátano.

El proceso de obtención de pulpa utilizando el pseudotallo de plátano se realizó en el laboratorio de Transformación Química Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, Departamento de Ucayali, porque dispone con los materiales adecuados para el proceso de pulpaje. También porque contó con personal especializado para realizar el estudio.

3.2. Método

3.2.1 Tipo de investigación

El tipo de Investigación que se utilizó en el estudio fue: experimental, sobre la evaluación de la contaminación del agua a diferentes concentraciones para obtener pulpa a partir del pseudotallo de plátano.

34

3.2.2 Población y Muestra

Población:

La población estuvo conformada por todos los pseudotallos de plátano que crecen en el caserío Manco Capac km106 del distrito de Irazola provincia de Padre Abad. Los pseudotallos fueron elegidos indistintamente sin considerar si son de crecimiento natural o plantación, solo se tuvo en cuenta el grosor de la planta de plátano.

Muestra:

Para la muestra se tomó 15000 gramos de pseudotallo aproximadamente para las tres muestras en cada concentración de NaOH, utilizando 5000 gramos aproximadamente para cada uno de las pruebas por cada concentración de NaOH (3%, 5%, 8%, 10%).

3.3. Instrumento de recolección de datos

Balanza analítica, vaso precipitado, machete, tamiz, olla de acero, cocina industrial, laptop, calculadora, impresora.

3.4. Procedimiento de recolección de datos

3.4.1. En el campo:

Se ubicó los pseudotallos de la planta de plátano en el caserío Manco Capac, distrito de Irazola, provincia de Padre Abad, región de Ucayali, se recolecto los pseudotallos de las plantas más adultas, seguidamente se colocó los pseudotallos en costales y siendo

rotulados para ser trasladados a la ciudad de Pucallpa para luego ser llevado las muestras al laboratorio de Transformación Química Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU).

3.4.2. En el laboratorio:

El estudio se realizó en el Laboratorio de Transformación Química Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU).

El trabajo de investigación se desarrolló de la siguiente manera con la siguiente metodología para la producción de pulpa para papel a partir del pseudotallo de plátano.

El trabajo consistió en obtener pulpa para papel a partir del pseudotallo del plátano a diferentes concentraciones de NaOH, para ello se realizó lo siguiente:

Se determinó como humedad el porcentaje de agua a muestra húmeda, por diferencia de peso entre material húmedo y seco a 105°C

3.4.2.1. Recepción y preparación de la muestra

- Materia prima (pseudotallo plátano)

Se procedió a escoger los pseudotallos de plátano para las diferentes concentraciones de NaOH (al 3%, 5%,8% y 10%).

36

- **Determinación de la masa:** Las partes de pseudotallo de plátano en el laboratorio deben estar humedecidas antes del pulpeo; determinar la humedad; luego estimar una masa de pseudotallo equivalente que contenga una masa seca de 1000g (MS).
-

- **Pesado del pseudotallo de plátano**

Se procedió a pesar los pseudotallos de plátano para saber su peso real, luego se determinó la humedad del pseudotallo y así saber cuánto se necesitará para trabajar con 1000gr de pseudotallo en peso seco para cada uno de las concentraciones de NaOH.

Para el cálculo de humedad de pseudotallo se utilizó la siguiente formula:

- **Calculo de humedad:** se tomó una muestra de pseudotallo, aprox. 5 g (mh) y se colocó dentro de la estufa, a 105°C, durante 24 horas; se retiró la muestra de pupa de pseudotallo de plátano, posteriormente se determinó el valor de masa seca (ms), y luego se estimó la humedad (%h):

$$\frac{}{} 100 \ldots \ldots\ldots\ldots \textit{(Ec. 01)}$$

- **Cantidad de materia prima para la cocción:**

  Con humedad conocida (%h), se determina la masa húmeda (MH) equivalente a la masa seca (MS), por la formula siguiente:

  ——— …… *(Ec. 02)*

  Dónde:
  MH_{sa}: masa húmeda de la materia
  MS: masa seca (MS=1000g)
  %h: humedad, expresada en porcentaje

- **Preparación de soluciones**

  - Hidróxido de sodio:

  Este reactivo se utilizó en líquido, con concentraciones de hidróxido de sodio al 3%, 5%, 8% y 10%.

- **Pelado del pseudotallo de plátano:**

  Se eliminó la segunda capa del pseudotallo de plátano.

- **Corte del pseudotallo del plátano:**

  Se cortó en pedazos pequeños la materia prima húmeda que es el pseudotallo de plátano, de 1cm x 2cm, en forma de cuadrados.

3.4.2.2. Proceso de obtención de pulpa

- Cocción del pseudotallo del plátano:

La cocción del pseudotallo fue manual utilizando una olla industrial de aluminio y no en el digestor, hirvió el pseudotallo de plátano por

38

aproximadamente 3 horas en cada una de las concentraciones (al 3%, 5%,8% y 10%) del hidróxido de sodio.

- Se recogió en un recipiente el líquido del proceso de cocción (licor negro)

Una vez que paso por el proceso del método a la soda el pseudotallo de plátano, para la obtención de pulpa se procede al separar el licor negro de la pulpa escurriendo el líquido que es el licor negro en un recipiente que posteriormente fue medido en litros.

- Lavado de la pulpa: El lavado de la pulpa se realizó sobre un tamiz de malla 15, para el mejor lavado de la pulpa y de esa manera no se tuviera pérdidas de pulpa de pseudotallo de plátano, en todas las diferentes concentraciones se realizó con este tipo de tamiz hasta que el agua este totalmente clara.

- Se midió el líquido obtenido por el método a la soda de las diferentes concentraciones para la obtención de la pulpa.

Se procedió a medir el líquido obtenido que está en el recipiente.

3.4.2.3. Determinación de rendimiento

- **Determinación del rendimiento de la pulpa de plátano**

r% ——————— *(Ec.03.)*

Tabla 4.- CÁLCULOS: base 1000 g de MS

	% bms	Masa requerida	Concentración(g/L)	Densidad (g/mL)	Volumen (mL)		Masa (g)
MS							**1000**
Muestra 01: 3% Agua de pseudotallo (Am)		4,634-1000		1		**(*Am*)**	3,634g
Muestra 0 2: 5% Agua de pseudotallo (Am)		4,627 -1000		1		**(*Am*)**	3,627 g
Muestra 03: 8% Agua de pseudotallo (Am)		4,615 -1000		1		**(*Am*)**	3,615g
Muestra 04: 10% Agua de pseudotallo (Am)		4,633-1000		1		**(*Am*)**	3,633g
Alcali activo (AA)	3%	38.7 g	31.5	1,0345	=(38.7/31.5) x 1000 = 1228 mL	**(*AA*)**	= 1228x1,0345 = 1270 g
	5%	64.15 g	52.8	1,0536	=(64.15/52.8) x 1000 = 1215 mL	**(AA)**	= 1215x1,0536 = 1280 g
	8%	103.2 g	87.0	1,0869	=(103.2/87.0) x 1000 = 1186 mL	**(AA)**	= 1186x1,0869 = 1289 g
	10%	129 g	110.9	1,1089	=(129/110.9) x 1000 = 1163 mL	**(AA)**	= 1163x1,1089 = 1290g
Agua a agregar(Ag)		Ag = LD – AA - Am				**(*Ag*)** **(Ag)** **(Ag)** **(Ag)**	3% =1096g 5% =1093 g 8% = 1096g 10% = 1077 g
Peso del licor	6	LD = MS * 6 = **(*Am*)** + **(*AA*)** + **(*Ag*)**				**(LD)**	6000 g

E**laboración propia**

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Cálculos del pseudotallo para la obtención de pulpa

Tabla 5. Humedad del pseudotallo de las cuatro concentraciones

Concentraciones de NaOH	% Humedad del pseudotallo			Promedio
3% *m1*	73%	71%	74%	73%
5% *m2*	72%	73%	77%	74%
8% *m3*	81%	81%	70%	77%
10% *m4*	75%	72%	71%	73%

En la tabla 5 y grafico 1. Se muestra los resultados de la humedad del pseudotallo de plátano de las cuatro concentraciones (3%(*m1)*, 5%(*m2)*, 8%(*m3)* y 10%(*m*4)) NaOH; donde (*m1, m2, m3,m4),* son las muestras respectivas de cada concentración respectivamente. Teniendo como resultado los porcentajes de humedad de 73% , 74% , 77% y 73% respectivamente. Obteniendo en la concentración de 8% NaOH una mayor humedad al resto de ellos con un 77% de humedad en el pseudotallo de plátano.

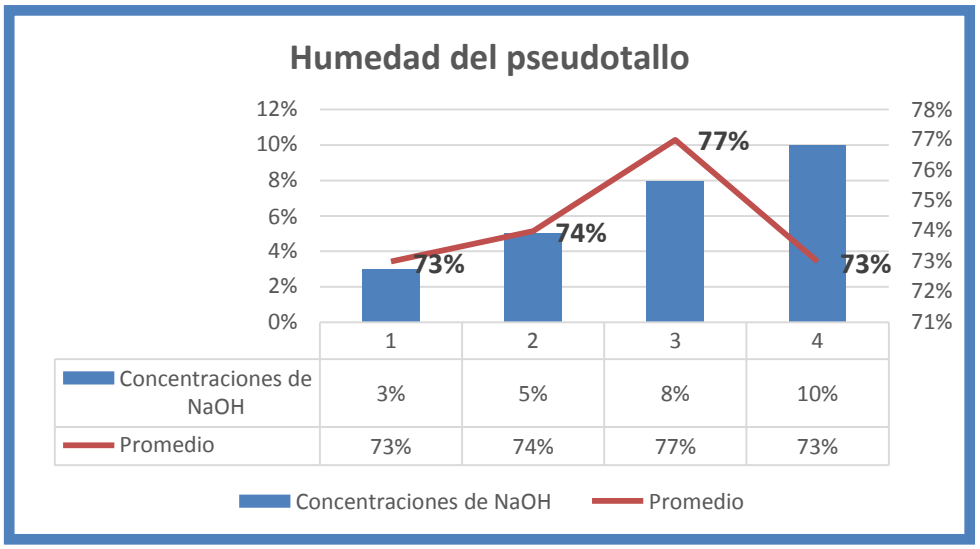


Gráfico 1.- Humedad del pseudotallo de las cuatro concentraciones de NaOH

Tabla 6.- Humedad de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH

Concentraciones de NaOH	% de humedad de la pulpa			Promedio
3%	76%	76%	75%	76%
5%	75%	74%	75%	75%
8%	73%	72%	74%	73%
10%	77%	74%	76%	76%

En la tabla 6 y grafico 2. Se muestra los resultados de la humedad de la pulpa de plátano de las cuatro concentraciones (3%, 5%, 8% y 10%) NaOH. Teniendo como resultado los porcentajes de humedad de 76% , 75% , 73% y 76% respectivamente. Obteniendo en la muestra de concentración de 3% y 10% de NaOH donde hay mayor humedad al resto de ellos con un 76% de humedad en la pulpa. Se observa también que al 3% y 10% hay igual porcentaje de humedad.

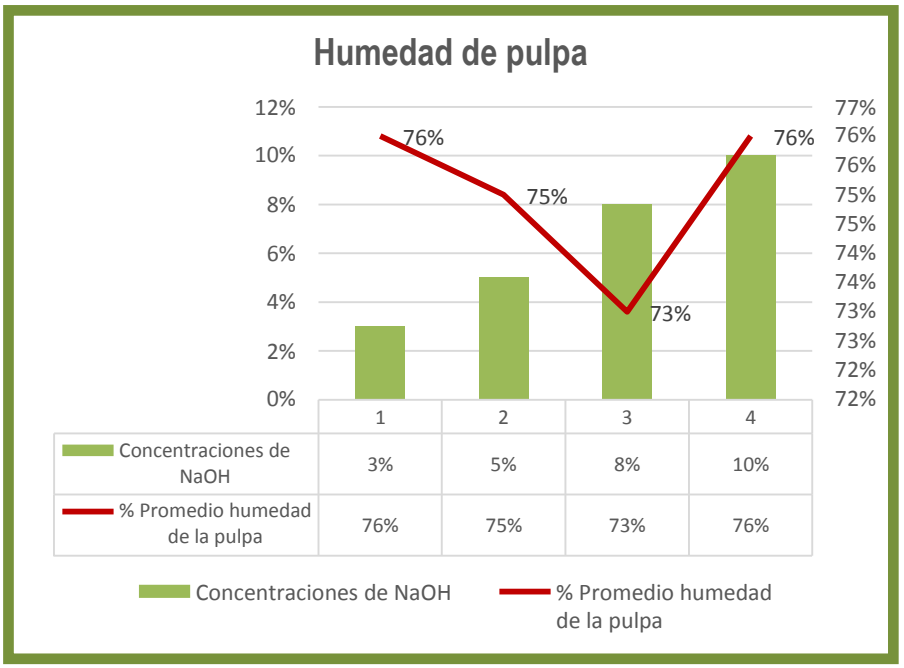


Gráfico 2.-. Humedad de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH

Tabla 7.- Rendimiento promedio de pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH

Concentraciones de NaOH	Rendimiento de la pulpa (%)promedio
3%	17%
5%	18%
8%	19%
10%	19%

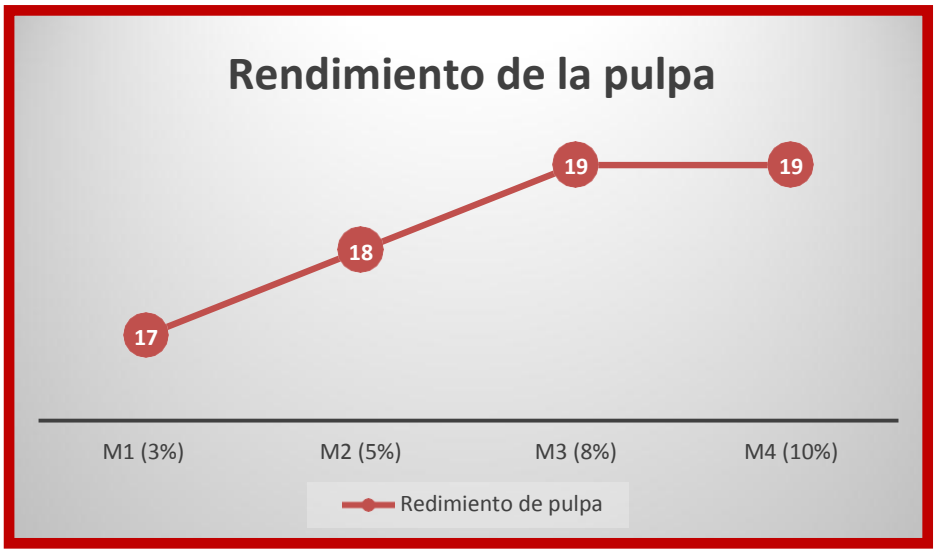


Gráfico 3.- Rendimiento de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH

En la tabla 7 y grafico 3. Se determinó los resultados del rendimiento promedio de la pulpa del pseudotallo de plátano de las cuatro concentraciones (3%, 5%, 8% y 10%) NaOH. Teniendo como resultado un rendimiento menor en comparación a otros estudios de obtención de pulpa, los porcentajes respectivamente son 17% , 18% , 19% y 19% de pulpa obtenida en el proceso a la soda, siendo las concentraciones de 8% y 10% de NaOH que tienen un mayor rendimiento de 19% de pulpa del pseudotallo de plátano.

(Manrrique, et,al., 2012). En su estudio donde obtuvieron fibras a partir del pseudotallo de banano comun (Musa sp) con un rendimiento cercano al 50%. Con concentración de NaOH al 8%, 10%, 12% y 14 siendo al 12% y con 2h de digestión que tuvieron un mejor rendimiento. Estos valores de rendimiento en comparación a lo obtenido en este estudio son altos en lo que respecta al rendimiento

de la pulpa, esto se debe que en el momento que se hizo el lavado de pulpa del pseudotallo de plátano se perdió parte de ello en el momento de exprimir en el tamiz. Como también (Sosa, et, al.,2011). Determino la cocción del pseudotallo de plátano a una concentración de álcali activo de 12%, obteniendo su rendimiento promedio de la pulpa de *M. paradisiaca que* fue de 38.83 %. Este índice de rendimiento es mayor a lo obtenido en este estudio que fue un promedio de 19%.

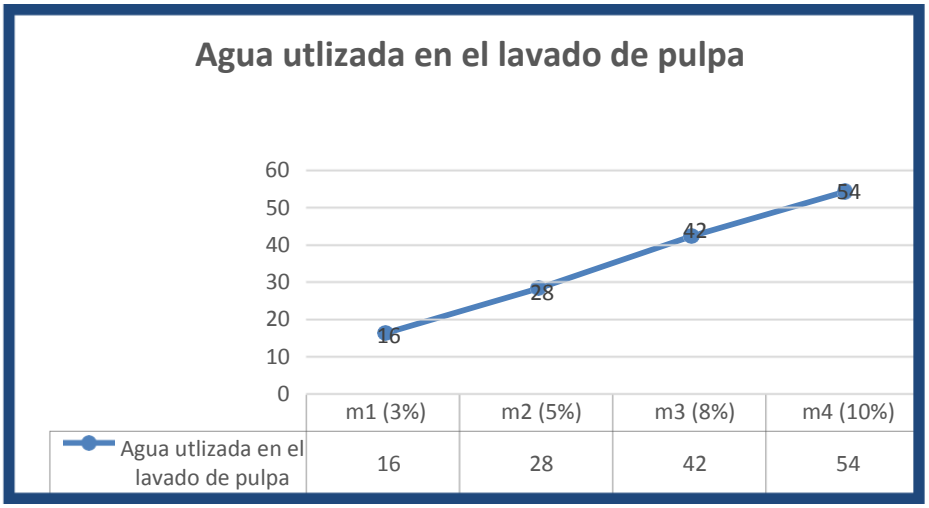


Gráfico 4.- Agua utilizada en la obtención de pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH

En el grafico 4 se muestra la cantidad de agua que se utilizo en el proceso de pulpaje, teniendo como resultado las siguientes cantidades en litros 16 lt en 3% NaOH , 28 lt en 5% NaOH , 42lt en 8 % NaOH y 54lt en 10% NaOH , siendo en la concentración de 10% NaOH donde se utilizó mayor volumen de agua, el motivo que se utilizó mayor cantidad de agua fue porque tenía más concentración de NaOH.

Según (Canche, et, al., 2005).La contaminación del agua para la obtención de pulpa para papel a partir del pseudotallo de plátano es bajo, solo cuando a medida que se utiliza más agua las concentraciones de NaOH bajan regularmente, y el agua que va por el desagüe tiene una muy baja concentración de sustancias contaminantes derivados del licor negro.

Tabla 8. Peso húmedo de pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH

Concentraciones de NaOH	Promedio de peso húmedo de la pulpa (kg)
3%	0.702
5%	0.666
8%	0.572
10%	0.692

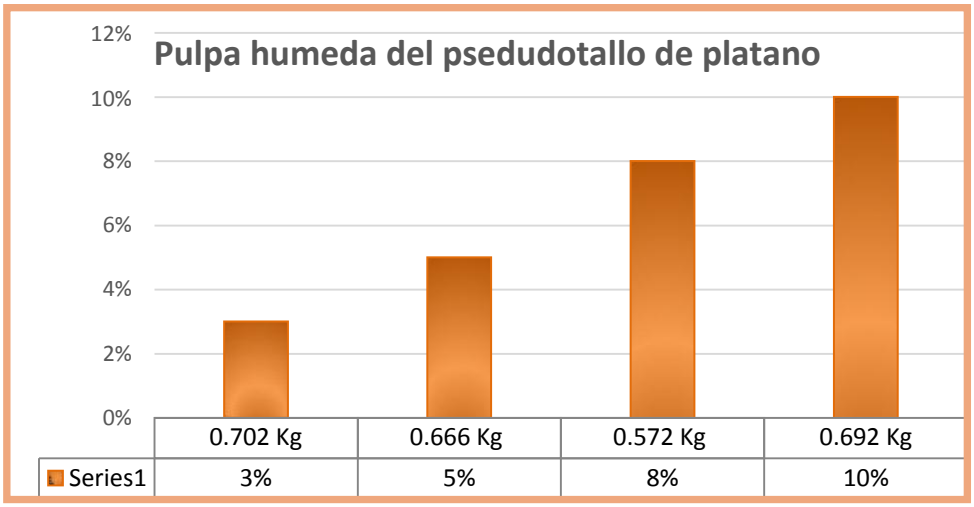


Gráfico 5. Peso húmedo de la pulpa de las cuatro concentraciones de NaOH

En la tabla 8 y grafico 5, se muestra el peso húmedo de la pulpa que se obtuvo en el proceso final teniendo como resultado las siguientes cantidades en peso, 0,702 kg en 3% NaOH , 0,666 kg en 5% NaOH , 0,572 kg en 8 % NaOH y 0,692 kg en 10% NaOH, siendo en la concentración de 10% NaOH donde se obtuvo mayor peso de pulpa.

Tabla 9. Peso seco de la pulpa obtenida de las cuatro concentraciones de NaOH

diferentes %	**Pulpa seca obtenida**			
		Kg		**promedio**
(3%)	0.154	0.132	0.181	0.156
(5%)	0.132	0.146	0.165	0.147
(8%)	0.133	0.121	0.14	0.131
(10%)	0.152	0.159	0.163	0.158

En la tabla 9 se determinó los resultados del peso de la pulpa del pseudotallo de plátano de las cuatro concentraciones (3%, 5%, 8% y 10%) NaOH. Teniendo como resultado el peso mayor de la pulpa en la concentración de 10% NaOH con un 0 158kg de peso de pulpa.

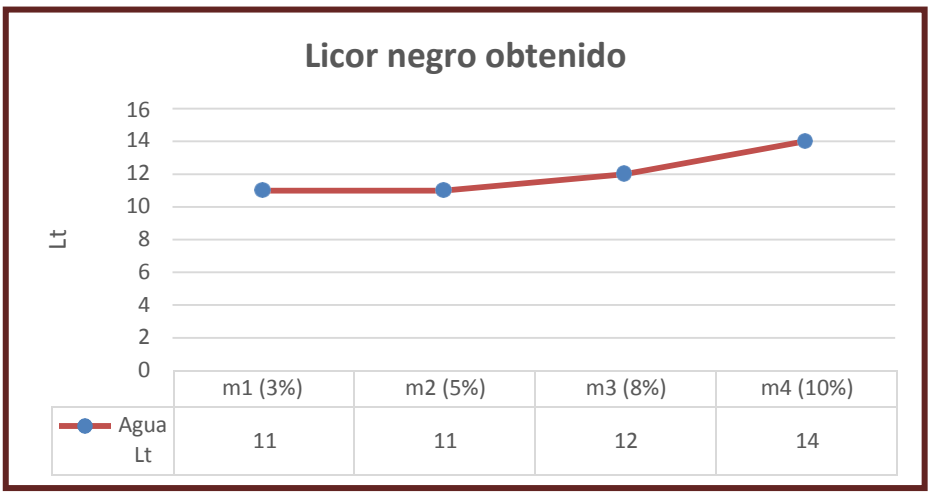


Gráfico 6. Licor negro generado en la obtención de pulpa de pseudotallo de plátano

En el gráfico 6 se determinó la cantidad de licor negro que se generó en la cocción en la obtención de pulpa del pseudotallo de plátano a diferentes concentraciones del NaOH (3%, 5%, 8% y 10%) NaOH. Teniendo como resultado para las concentraciones de 3% y 5% fue de 11 lt, en la concentración de 8% NaOH fue de 12lt y finalmente la concentración de 10% NaOH fue de 14 lt de licor negro.

Según (Prado, et, al.,2012). El licor negro que se genera en la elaboración de pulpa es muy tóxico para la vida acuática y al ser volcado al agua se transforma en un color oscuro como si fuese Coca-Cola. Y los aspectos ambientales más significativos asociados a las fábricas de pulpa para papel que se producen durante la fase operacional están relacionados con: Aguas residuales, emisiones a la atmósfera, residuos y ruido. (IFC, 2007). Otras cuestiones relacionadas con la descarga de aguas residuales incluyen el tintado de los peces, el color relacionado con el contenido en Demanda Química de Oxigeno y descargas de licor negro. Además, el proceso

48

de pulpeo genera el licor negro que posee sólidos suspendidos, material orgánico disuelto, electrolitos e iones inorgánicos; estos componentes del licor negro contribuyen a la demanda química de oxigeno (DQO) y su color se debe a la presencia de lignina de alto peso molecular. (Peña V. , 2003).

(Cortez, 2014) Señala que el olor del licor negro no es tan solo desagradable sino que también tiene efectos en la salud, en particular incrementando el riesgo de infecciones respiratorias agudas, problemas de la vista, cefaleas y problemas neuropsicológicos, entre otros. Más grave aún, la quema del licor negro resulta en la emisión de dioxinas y furanos.

(Junge, 1990). Sostiene que la contaminación hídrica por el licor negro, producto líquido del pulpaje, representa un problema ambiental si no se realiza una recuperación de éste; sin embargo, actualmente la mayor parte de las plantas nuevas de pulpaje cuentan con un ciclo de recuperación, que minimiza el impacto ambiental de este efluente.

Tabla 10.- pH promedio obtenido del licor negro de las cuatro concentraciones de NaOH

Concentraciones NaOH	pH del Licor Negro promedio
(3%)	13.33
(5%)	13.48
(8%)	14.01
(10%)	14.12

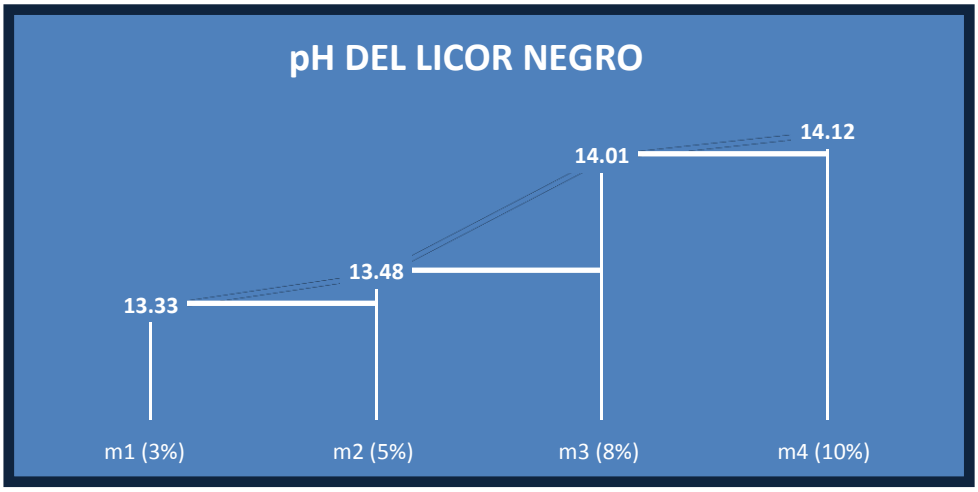


Gráfico 7. Promedio de pH obtenido del licor negro de las cuatro concentraciones de NaOH

En la tabla 10 y gráfico 7, se muestra el promedio de pH obtenido en el licor negro de las cuatro diferentes concentraciones de NaOH, teniendo como resultado pH (13.33 al 3%NaOH; 13.48 al 5%NaOH; 14.01 al 8% NaOH y 14.12 al 10% NaOH), teniendo un resultado de pH mayor en la muestra de 10%NaOH de 14.12.

50

Según (Velasquez, et, al.,1999). Cuando en una planta de pulpa para papel cuando se vierte el licor negro directamente al río produce un impacto ambiental considerable puesto que el pH (12-13) afecta el equilibrio biológico matando la fauna acuícola, además la gran carga de materia orgánica se convierte en alimento para los microorganismos que se proliferan e escala exponencial, dejando sin oxígeno el río e impidiendo el proceso de biodegradación. El efluente líquido es la mayor causa de polución, ya que en estado bruto contienen lignina (que resulta en una alta demanda biológica de oxígeno), así como alcoholes, cloratos y metales pesados.

En el proceso de pulpeo en la fabricación de papel por medio de bagazo de caña y madera, genero una serie de residuos contaminantes, encontrándose entre ellos, el licor negro, que es un residuo de color oscuro con un pH superior a 11 y una DQO entre 70.000 y 90.000 ppm, además contiene lignina disuelta. Este licor es muy contaminante principalmente por su baja biodegradabilidad, esto hace que produzca impactos ambientales si no es tratado adecuadamente. (Ortiz A. , 2009).

V.- CONCLUSIONES

- La cantidad del licor negro que se obtuvo en el proceso por el método de la soda para la obtención de pulpa a partir del pseudotallo de plátano indica que con mayor concentración de NaOH se genera mayor licor negro que fue entre (11 y 14) lt de licor negro. Se obtuvo un pH en el licor negro de promedio entre (13 y 14). Cuando se vierte el licor negro directamente al río o cauce natural produce un impacto ambiental considerable puesto que el pH de (12-13) afecta el equilibrio biológico, generando una alta contaminación al agua.
- La cantidad de agua que se utilizó en el proceso del lavado de las pulpas fue aproximadamente de 140 litros de agua de caño.
- La pulpa que se obtuvo en el proceso final tuvo como resultado las siguientes cantidades en peso, a partir del pseudotallo de plátano, 0.156 kg en 3% NaOH , 0,147 kg en 5% NaOH , 0,131 kg en 8 % NaOH y 0,158 kg en 10% NaOH , siendo en la concentración de 10% NaOH donde se obtuvo mayor peso de pulpa.

52

VI.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el proceso de separar la pulpa del licor negro se utilice un tamiz más adecuado para la separación y no se pierda la pulpa obtenida y poder así tener un rendimiento adecuado.
- Si se pretendiera desarrollar el proyecto a nivel industrial se recomienda hacerlo también utilizando soda caustica grado comercial, ya que representa en comparación con otro producto es más económico y de fácil adquisición que el hidróxido de sodio que tiene un valor mayor.
- En el momento de manipular el licor negro en el lavado de la pulpa del pseudotallo de plátano es necesario que tengamos los guantes adecuados para poder manipular este tipo de sustancias porque es peligroso. (bioseguridad).

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Area, M. ,. (et, al. , 2008). Preguntas frecuentes (FAQ) sobre la industria de pulpa y papel. Fundacion ambiental y desarrollo, 2-101.

Blasco, G. y. (et, al.,2014). Propiedades funcionales del plátano (Musa sp). Rev Med UV, 22-24.

Calle, N. ,. (et, al.,2014). Elaboracion de papel a partir de fibras vegetales no maderables (Pinzote de platano). Santa Cruz - Bolivia: Universidad Autonoma "Gabriel Rene Moreno".

Canche, G. D. (et, al., 2005). Obtención de Celulosa a Partir de los Desechos Agrícolas del Banano. Informacion Tecnologica Vol. 16 N° 1-2005, 83-88.

Cordeiro, N. ,. (et, al.,2004). Chemical composition and pulping of banana pseudo-stem, Industrial Crops and Products. Informacion tecnologica, 19,147-154.

Cortez, A. (2014). Elaboracion de papel a base de residuos de Banano. Guayaquil, Ecuador: Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil.

Envitech, C. (2017). Ingenieria ambiental/ tratamiento de aguas residuales, efluentes y aire al servicio del Medio Ambiente. Recuperado el 18 de Setiembre de 2017, de http://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-en-la-industria-papelera/

Flores, N. ,. (et, al., 2011). Efectos del tratamiento quimico en las propiedades fisicas y mecanicas de las fibras naturales como

sustitutas de la fibra de vidrio en composites. Guayaquil: instituto de ciencias Quimicas y Ambientales.

Garcia, D. y. (et, al., 2001). La contaminacion de la industria de pasta-papel en Galicia: Un analisis de flujos de materiales y energia. Estudios de Economia Aplicada Nº 18, 143-158.

Gonzales, K. D. (et, al., 2016). Evaluacion de las propiedades fisicas y quimicas de residuos. Colombia: Luna Azul N° 43.

Harvin, R. (1956). Thermal conductivity of sulphate black liquior. 433-438.

IFC. (2007). Fabricas de pasta y papel. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, 3-37.

Jaramillo, G. y. (et,al.,2008). Aprovechamiento de los residuos. medellin: Universidad de Antioquia.

Jungle, I. (1990). La industria de la Celulosa o pulpa en Chile y el Medio Ambiente. Chile, 1,52-55.

kadirvelu, k. ,. (et,al.,2003). Utilization of various agricultural wastes for activated carbon preparation and application for the removal of dyes and metal ions from aqueous solutions, Bioresource Technology. 87,129-132.

Kringstad, K. (1984). Spend liquors from pulp bleachering. Environmental. 18,2403-2410.

Kubes, G. R. (et, al., 1993). Viscosity and Thermal conductivity of black liquior. 175-179.

Lopez, E. (2005). Fabricacion de pasta de celulosa aspectos tecnicos y contaminacion. Universidad de Palermo - Facultad de Ingenieria, 37-45.

Manrrique, A. ,. (et,al., 2012). Aprovechamineto de los residuos de pseudotallo del banano comun (musa sp AAA) para la extraccion de fibras textiles. Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira.

Mardones, L. (2003). Pulpaje BioKraft de Eucalyptus nitens con el Hongo de Pudrición Blanca Ceriporiopsis subvermispora. Tesis de maestría.

Melo, R. (1988). Proceso de Pulpaje 1ª ed. Universidad de Concepcion, 316 pg.

Mussatto, S. F. (et, al.,2007). Lignin recovery from brewer's spent grain black liquor. Carbohydrate polymers Journal vol, 218-223.

Ortiz, A. (2009). Tratamiento por acidificacion controlada del licor negro derivado del bagazo de caña para la recuperacion de lignina y reduccion de la demanda quimica de oxigeno (DQO). Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira.

Ortiz, L. (24 de Enero de 2014). Recuperado el 8 de febrero de 2017, de http://www.monografias.com/trabajos30/conceptos-de-estadistica

Peña, G. ,. (et, al.,2002). Estudio de prefactibilidad para la producción de pulpa. Manizales: universidad de antioquia-universidad nacional.

Peña, J. ,. (et,al. , 2002). Estudio de prefactivilidad para la produccion de pulpa para papel aprovechando los desechos del cultivo del platano

en la Region del viejo Caldas. Manizales: Universidad de Antioquia-Universidad Nacional.Peña, V. (2003). Introducción a la Fabricación de Pulpa y papel. colombia.

Prado, M. ,. (et, al.,2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la. redined, 18, 37-51.

Santana, A. (2017). salud casera. Recuperado el 18 de setiembre de 2017, de http://www.saludcasera.com/superfoods/beneficios-maitake-grifola-frondosa-anticancer/

Shah, M. ,. (et, al.,2005.). Kothahi, Microbial degradation of Banana waste under solid state bioprocessing using two lignocellulotytic fungi (Phylosticta spp. MPS-001) and Aspergillus spp. MPS-002), Process Biochemistry. 40, 445-451.

Sosa, A. R. (et, al.,2011). Evaluacion papelera del Pseudotallo de platano (Musa paradisiaca) en formulaciones con Hebea brasiliensis, Eucalytus urophylla y Pinus caribaea var. Hondurensis. Revista Forestal Venezolana Año XLV, Volumen 55 (1), 09-16.

Tejedor, A. S. (2017). Tecnologia de la celulosa. Recuperado el 18 de setiembre de 2017, de https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php

Velasquez, J. B. (et, al., 1999). Reducción de la DQO en licores negros uso de la acidificación controlada. Industria papelera, 182-187.

ANEXOS

Anexo 1.- Iconografías.



Fotografía 1. Proceso del picado del pseudotallo y cocción.



Fotografía 2. Proceso de escurrimiento del pseudotallo y análisis de agua.





Fotografía 3. Resultados del proceso - el licor negro y la pulpa del pseudotallo de plátano.





Fotografía 4. Resultados del proceso - pulpa del pseudotallo de plátano de las diferentes concentraciones.

Anexo 2.- Cálculos del pseudotallo de plátano

1. Contenido húmedo pseudutallo de plátano fresco

Peso húmedo del pseudotallo de plátano					
	Pc Crisol	Ph muestra	pc Crisol + ph muestra	pc crisol + ps muestra	Ps pseudotallo
m1 (3%)	21,862	5,001	26,863	22,229	4,634
	21,872	5,001	26,873	22,229	4,644
	21,855	5,001	26,856	22,229	4,627
m2 (5%)	23,239	5,000	28,239	23,612	4,627
	23,249	5,000	28,249	23,612	4,637
	23,244	5,000	28,244	23,612	4,632
m3 (8%)	23,339	5,000	28,339	23,724	4,615
	23,319	5,000	28,319	23,724	4,595
	23,319	5,000	28,319	23,724	4,595
m3 (10%)	23,234	5,000	28,234	23,601	4,633
	23,239	5,000	28,239	23,601	4,638
	23,246	5,000	28,246	23,601	4,645

———— *(Ec. 01)*

Muestra 01 : ————

Muestra 02 : ————

Muestra 03 :8 ————

Muestra 04 : ————

Preparación del NaOH: Este reactivo debe utilizarse líquido, por lo que se requiere diluirlo. Esta preparación se realiza de manera pausada, pues la dilución del NaOH en agua es una reacción exotérmica. Utilizar el NaOH, comercial con al menos 85% de pureza, o NaOH p. análisis (98 % pureza).

Se realizó:

- ✓ Pesar Muestra Seca (Ms) 1000 g de NAOH, en pellets o pastillas, con porcentaje de pureza (p%) conocida.
- ✓ Estimar las concentraciones del NaOH (%C) al 3%, 5%, 8% y al 10% densidad de 1.29, con 98 % de pureza
    - NaOH (real) = 1000 x 0.03% x 1.29 = 38.7 g NaOH
    - NaOH (real) = 1000 x 0.05 % x 1.29 = 64.15 g NaOH
    - NaOH (real) = 1000 x 0.08% x 1.29 = 103.2 g NaOH
    - NaOH (real) = 1000 x 0.10 % x 1.29 = 129 g NaOH

- ✓ Se estimó el peso de NaOH a Utilizar
    - Al 3% de NaOH = = 39.49 g
    - Al 5% de NaOH = = 65.46g
    - Al 8% de NaOH = = 105.30g
    - Al 10% de NaOH = = 131.62g

- ✓ Se diluyo el NaOH, lentamente, en un vaso Pyrex, con 1500 mL de agua.

Preparación del licor: Con los datos de humedad y concentración, se realizó el ejercicio de cálculo de preparación de licor, según el ejemplo siguiente:

Masa seca 1000 g (MS)	**Cálculo de masa húmeda (MH)**
Muestra 1: 3% de NaOH - Humedad 73% (bmh) - Humedad en fracción f=0,75	MH= ——— = 4,000g
Muestra 2: 5% de NaOH - Humedad 74% (bmh) - Humedad en fracción f=0,74	MH= ——— = 3,846.2 g
Muestra 3: 8% de NaOH - Humedad 77% (bmh) - Humedad en fracción f=0,77	MH= ——— = 4,347.8 g
Muestra 4: 10% de NaOH - Humedad 73% (bmh) - Humedad en fracción f=0,73	MH= ——— = 3,703.7g

- Concentraciones de NaOH al 3%, 5%, 8% y 10%
- Relación licor/psedutallo (L/M)= 6/1

2. Contenido húmedo de la pulpa psedutallo de plátano

Peso húmedo de la pulpa						
diferentes %	***Pc Crisol***	***ph pulpa***	***pc Crisol + ph pulpa***	***pc crisol + ps pulpa***	***ps pulpa de pseudotallo***	**promedio**
m1 (3%)	*21.869*	*5.003*	*26.872*	*22.368*	*4.504*	4.515
	21.865	*5.003*	*26.868*	*22.368*	*4.5*	
	21.32	*5.003*	*26.323*	*22.368*	*4.54*	
m2 (5%)	*23.249*	*5.001*	*28.25*	*23.738*	*4.512*	4.524
	23.242	*5.001*	*28.243*	*23.738*	*4.56*	
	23.236	*5.001*	*28.237*	*23.738*	*4.501*	
m3 (8%)	*23.353*	*5.006*	*28.359*	*23.997*	*4.362*	4.480
	23.334	*5.006*	*28.34*	*23.997*	*4.654*	
	23.312	*5.006*	*28.318*	*23.997*	*4.423*	
m4 (10%)	*23.264*	*5*	*28.264*	*23.893*	*4.371*	4.356
	23.262	*5*	*28.262*	*23.893*	*4.369*	
	23.221	*5*	*28.221*	*23.893*	*4.328*	

—- *(Ec. 02)*

Muestra 01 : _____

Muestra 02 : _____

Muestra 03 : 8 _____

Muestra 04 : _____

3. Determinación del peso seco de la pulpa psedutallo de plátano

(Ec. ….03)

Muestra 01 pulpa en kg 0.78 :

Muestra 02 pulpa en kg 0.74:

Muestra 03 pulpa en kg 0.65: 8

Muestra 04 pulpa en kg 0.795:

4. Rendimiento de la pulpa psedutallo de plátano (%)

$$\overline{r\%} \qquad \textit{(Ec.04.)}$$

Muestra 01 : _____

Muestra 02 : _____

Muestra 03 : 8 _____

Muestra 04 : _____

ANEXO 3. Tabla de concentración de NaOH

Densidad	**%Concentración**	g NaOH/L
1,0095	1%	10,1
1,0207	2%	20,4
1,0428	4%	41,7
1,0648	6%	63,9
1,0869	8%	87,0
1,1089	10%	110,9
1,1309	12%	135,7
1,153	14%	161,4
1,1751	16%	188,0
1,1971	18%	215,5
1,2192	20%	243,8
1,2412	22%	273,1
1,2631	24%	303,1
1,2848	26%	334,0
1,3064	28%	365,8
1,3277	30%	398,3
1,3697	34%	465,7
1,4102	38%	535,9
1,4299	40%	572,0

NOTA: para otros valores de g NaOH/L, interpolar en función de densidad y concentración C%.