

**EVALUACION DE LA TARUYA GENERADA EN LA CIÉNAGA DE LA ZAPATOSA-
CESAR COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA**

MACIAS OCAMPO ALAN MOISES

MARTINEZ FIGUEROA EVERTH JOSE

DIRECTORA:

KARINA TORRES

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

VALLEDUPAR

FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

PROYECTO DE GRADO

Valledupar, 13 febrero del 2019

**EVALUACION DE LA TARUYA GENERADA EN LA CIÉNAGA DE LA ZAPATOSA-
CESAR COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA**

**MACIAS OCAMPO ALAN MOISES
MARTINEZ FIGUEROA EVERTH JOSE**

DIRECTORA:

KARINA TORRES

JORNADA MAÑANA

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

SEDE: SABANAS

PROYECTO DE GRADO

Valledupar, 13 febrero del 2019

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Valledupar, febrero del 2019

Dedicatoria

A Dios por darme la sabiduría, la fuerza y el entendimiento para culminar esta meta, guiándome en cada paso y levantándome en los momentos difíciles.

A mis padres Gloria Patricia y Moisés Macias, mi hermano James y mi tía Viviana por su amor, entrega incondicional, confianza y apoyo en esta etapa de mi vida.

A mi novia Dina Pérez por acompañarme en estos años, por darme apoyo y amor incondicional.

A mi compañero de proyecto por su apoyo en este último obstáculo en nuestra carrera universitaria.

A toda mi familia, amigos y allegados que de una u otra manera me ayudaron para lograr esta meta de mi vida.

Alan Macias Ocampo

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencia y felicidad; por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de formación.

A mis padres, Everth Guillermo Martínez Castro y Ana Yolanda Figueroa Molina, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo

Mis hermanas, Karina Gisell Fuentes Figueroa y Ana María Martínez Figueroa, por su apoyo incondicional y cariño.

A mi compañero de tesis por confiar en mí y darme la oportunidad de compartir esta maravillosa experiencia.

Everth José Martínez Figueroa

Agradecimientos

Agradecemos a Dios todo poderoso por su eterno amor, porque nunca nos dejó solos, por su infinita bondad y misericordia para con nosotros.

Gracias a nuestra directora de proyecto ingeniera Karina torres por su apoyo incondicional y constante guía en la realización de esta investigación.

Gracias a todas las personas y profesores de la universidad por su atención y experiencia que nos brindaron en la etapa de alumnos.

a nuestra familia, padres y hermanos, por ellos ser nuestro apoyo incondicional y constaste en todo lo que nos proponamos a realizar porque sin ellos no fuera igual ya que nos brinda amor, comprensión y sobre todo ideales y principios que siempre tendremos presente en nuestros corazones.

Especialmente a aquellas personas que de algún modo hicieron parte directa o indirectamente para que esta investigación llegara a felices términos.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACION	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1. ANTECEDENTES	16
4.2. MARCO TEORICO	19
4.2.1. TARUYA, BUCHON O JACINTO DE AGUA (EICHHORNIA CRASSIPES).....	19
4.2.2. METODOS DE CONTROLAR LA PROLIFERACION DE LA TARUYA	20
4.2.3. AGUA SUPERFICIAL	23
4.2.4. CUERPOS DE AGUA (LENTICOS)	24
4.2.5. COMPOSICION QUIMICA DEL AGUA	24
4.2.6. EVAPOTRASNPIRACION.....	25
4.2.7. SEDIMENTACION, INUNDACION Y NAVEGACION	25
4.2.8. ESTILO DE VIDA, SALUD Y EDUCACION	26
4.2.9. PESCA Y ALIMENTOS	27
4.2.10. FLORA.....	27
4.2.11. FAUNA.....	28
4.2.12. USOS.....	28
4.2.13. PROBLEMA DE TARUYA EN COLOMBIA BENEFICIADO POR SU BIODIVERSIDAD	28
4.3. MARCO CONCEPTUAL	34
4.4. MARCO CONTEXTUAL	35
4.5. MARCO LEGAL.....	37
5. MARCO METODOLOGICO	40
6. PROCEDIMIENTO.....	46
6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.....	47
6.2. PRUEBA PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LA TENSION DEL PAPEL.....	51
6.3. PRUEBA PARA EVALUAR EL MODULO DE YOUNG	53
7. ANALISIS DE RESULTADOS	55



7.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL PAPEL	56
7.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL MÓDULO DE YOUNG	60
8.	CONCLUSIONES.....	69
9.	RECOMENDACIONES.....	71
10.	CRONOGRAMA.....	72
11.	PRESUPUESTO	72
12.	BIBLIOGRAFIA.....	74
13.	ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de la ciénaga de Zapatosa	36
Figura 2.	Localización del lugar de muestreo.....	41
Figura 3.	Procedimiento de la obtención del papel	46
Figura 4.	Diagrama de cuerpo libre	62
Figura 5.	Comparación rendimiento hojas de papel	73

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1.	Gráfico de dispersiones por código de nivel de los tratamientos.....	64
Gráfica 2.	Gráfico de esfuerzo deformación tratamiento 1.....	67
Gráfica 3.	Gráfico de esfuerzo deformación tratamiento 2.....	68
Gráfica 4.	Gráfico de esfuerzo deformación tratamiento 3.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Leyes y decretos utilizados en el decreto	37
Tabla 2.	Diseño experimental completamente al azar	42
Tabla 3.	Valores de la fuerza en Newton para cada tratamiento	62
Tabla 4.	Valores de la fuerza por unidad de área transversal	63
Tabla 5.	Valores de la Resistencia a la tensión (MPa)	63
Tabla 6.	Resumen estadístico para las repeticiones de los tratamientos de la tabla 5	63
Tabla 7.	ANOVA para repeticiones por tratamientos	64



Tabla 8. Medias entre tratamientos	65
Tabla 9. Diferencia de medias entre tratamientos	65
Tabla 10. Datos generales de las tiras de papel.....	66
Tabla 11. Valores deformación y esfuerzo tratamiento 1.....	66
Tabla 12. Valores deformación y esfuerzo tratamiento 2.....	68
Tabla 13. Valores deformación y esfuerzo tratamiento 3.....	69
Tabla 14. Presupuesto	78

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Procedimiento matemático para el análisis de varianza.....	84
Anexo B. Cronograma.....	86
Anexo C. Registro Fotográfico.....	89
Anexo D. ficha técnica del papel.....	93

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 y 2. Reconocimiento del lugar y recolección de la Taruya en la ciénaga de la Zapatosa.....	47
Fotografía 3 y 4. Selección y separación de la biomasa para los tratamientos.....	48
Fotografía 5. Cocción de la biomasa de Taruya.....	49
Fotografía 6. Licuado de la biomasa.....	50
Fotografía 7 y 8. Lavado y mezclado de la fibra obtenida de la biomasa de Taruya.....	51
Fotografía 9 y 10. Obtención de la fibra de Taruya en el cedazo para formación de la hoja de papel.....	52
Fotografía 11 y 12. Proceso de transferencia y obtención de la hoja de papel.....	53
Fotografía 13 y 14. Hoja de papel a partir de la biomasa de Taruya.....	54
Fotografía 15. Cortes del papel para medir la resistencia.....	55
Fotografía 16. Montaje para medir la resistencia	56
Fotografía 17,18 y 19. Diferentes usos que se le pueden dar al papel.....	57
Fotografía 20. Medición de deformación con escalímetro digital.....	58
Fotografía 21. Escalímetro digital.....	58

INTRODUCCION

El Buchón de Agua, conocido también como Jacinto de agua, El Lirio de Pantano, Camalote, Lampazo, Violeta de agua, Buchón o Taruya, es una planta acuática flotante de aguas tranquilas, muy apreciado por la curiosa forma de sus hojas abombadas y por su flor de color violeta. Pertenece a la familia de las Pontederiáceas (Pontederiácea). (Ospino Zambrano, Hernández Cardona, Ochoa Ceballos, Camilo Cadavid, & Arango Osorno, 2015)

La Taruya (*Eichhornia Crassipes*) es considerado como una de las macrófitas acuáticas que mayor impacto ocasionan al medio ambiente y a los espejos de agua, por su capacidad de reproducción en amplias masas de aguas en muy corto tiempo, especialmente cuando están en un medio eutrofizado, es decir, con altas cantidades de nutrientes, lo que ocasiona una disminución del oxígeno en las aguas lenticas, e impidiendo así que las algas reciban la luz solar necesaria para realizar fotosíntesis, amenazando y alterando el equilibrio de la biodiversidad existente.

Colombia por su gran biodiversidad, posee diferentes tipos de bosques y zonas de vida, entre ellos el bosque de niebla, bosque húmedo tropical y bosque seco tropical. Siendo estos dos últimos los que más presencia de buchón de agua presentan. El bosque tropical es uno de los sistemas menos investigados, pese a su potencial e importancia para la subsistencia misma de la humanidad (Amaya, 1990).

Este ecosistema, característico de la costa norte de Colombia, ha sido muy intervenido por el hombre y es el ecosistema más amenazado en Colombia.

En los últimos 10 años, el bosque seco tropical se ha exterminado en un 90%, debido principalmente a la tala para actividades agrícolas y ganaderas (Embajada de Colombia en Tokio, 2010).

En Colombia, el bosque seco tropical es el más amenazado. América Latina posee el 50% de los bosques tropicales, pero también posee la mayor tasa de deforestación del planeta. El 7% de los bosques se encuentran talados. Existe un uso insostenible y sobreexplotación de los recursos naturales. Existen muchas especies de fauna y flora en



peligro de extinción. Además de la introducción de especies invasoras en el territorio (Restrepo, 2010).

El enriquecimiento de nutrientes en aguas superficiales genera un crecimiento acelerado de algas y plantas acuáticas que, sin tener un mecanismo de control, pueden invadir en poco tiempo un espejo de agua. En los últimos años se ha venido presentado un problema muy común en los ecosistemas lenticos de la zona norte de Colombia, principalmente en la ciénaga de la Zapatosa, esto debido a la falta de control sobre la Taruya. Estudios indican que la Taruya en usos controlados tiene beneficios como elemento fitorremediador en los ecosistemas ayudando a disminuir e identificar los niveles de contaminación y también como nicho ecológico para diferente especies acuáticas en estos ecosistemas mencionados, sin embargo existe una gran probabilidad que el crecimiento de esta planta pase a ser un problema para el ecosistema debido a su alta tasa de reproducción en poco tiempo, debido a los grandes problemas que conlleva este crecimiento desmedido se han hecho estudios para sacar beneficio a las grandes biomasas que se obtienen al tratar de despejar el lago, ciénaga o laguna; se conoce que la Taruya sirve como biocombustible, concentrado para animales y fertilizante después de cierto procesos y también se puede obtener carbón natural. En este proyecto se identificará y analizara cuales son las consecuencias del crecimiento de la Taruya (*Eichhornia Crassipes*), y darle un aprovechamiento a la biomasa excedente de esta en la producción de papel.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los ecosistemas lenticos son cuerpos de agua que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir. Comprenden todos los ambientes donde no se presenta corriente continua; es decir, aguas estancadas sin ningún flujo de corriente, como los lagos, las ciénagas, las lagunas, los esteros y los pantanos (Diccionario CTMA, 2010). Todos estos ecosistemas son muy importantes debido a que en ellos se alberga gran cantidad de flora y fauna, sin embargo por la intervención del hombre en los últimos años se han venido presentando una problemática muy frecuente en estos ecosistemas localizados en la zona norte de Colombia más específicamente en el complejo cenagoso de la Zapatosa, debido a que se ha visto interrumpido el equilibrio entre los ecosistemas debido a la tala de los árboles de los bosques secos tropicales que son unos de los principales remediadores en el ambiente, además de otros procesos antropogénicos que afecta al ecosistema; estas interrupciones en el ambiente favorecen a la proliferación de la Taruya, la cual en situaciones perfectas de crecimiento puede duplicar o hasta triplicar su población en un mes, esto principalmente ligado con ecosistemas acuáticos ricos en nutrientes y sin los adecuados controles se va a presentar una sobrepoblación en el mismo ecosistema creando problemas de eutrofización.

La eutrofización de los cuerpos o espejos de agua, es un proceso que se da como consecuencia de la acumulación excesiva de nutrientes en éstas, especialmente la materia orgánica y el fósforo, lo que desencadena la invasión de algas y plantas, tales como la Taruya en el lugar de estudio, esta proliferación de la ciénaga es debido a que llegan muchos productos como agro-químicos y fungicidas, que sirven de nutrimento a la Taruya, que actúa como un filtro biológico ya que estas plantas tienen la capacidad de absorber diversos tipos de contaminantes, en especial metales pesados como el mercurio, plomo, cromo es decir que a mayor contaminación más cantidad de Taruya, estos nutrientes llegan con mayor concentración debido a que no hay árboles suficientes que puedan también tomar esos nutrientes. Uno pensaría a primera vista que es bueno que las aguas estén repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fácil los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

nutrientes crecen en abundancia la Taruya inhabilita la navegabilidad y la pesca, impide el tránsito libre de las especies acuáticas y disminuye los niveles de oxígeno disuelto en el agua. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad y dando como resultado final un ecosistema muy deteriorado (Diccionario CTMA, 2010), sin embargo la Taruya es un nicho ecológico en donde se refugian varias especies, y las limpiezas y destaponamientos sin control podrían destruir el hábitat de peces que se refugian allí como es el caso de los alevinos, por lo tanto el destaponamiento de la ciénaga no se puede hacer sin vigilancia pero debe ser continuo para evitar la proliferación. Por esta razón se plantea este proyecto, se busca darle un aprovechamiento a esa biomasa excedente que queda después del destaponamiento manual o mecánico de la ciénaga, brindando una línea de producción ambientalmente sostenible con el medio, utilizando a la biomasa como materia prima en la producción de un papel ecológico.

2. JUSTIFICACION

En la naturaleza encontramos diferentes ecosistemas, dentro de estos están los ecosistemas loticos donde intervienen diferentes procesos tanto químicos como físicos, para mantener un equilibrio constante, este ecosistema lo podemos encontrar en el complejo cenagoso de la Zapatosa, donde debido a procesos antropogénicos se ha venido afectando al ecosistema; estas afectaciones en el ambiente favorecen a la proliferación de la Taruya, la cual puede multiplicar su población en un periodo de tiempo muy corto, esto principalmente ligado con ecosistemas acuáticos ricos en nutrientes debido a los altos niveles de contaminación que se encuentran en la ciénaga, además sin los adecuados controles se va a presentar una sobrepoblación en el ecosistema creando problemas de eutrofización, para evitar que la Taruya se prolifere debe llevarse un destaponamiento constante y vigilado ya sea con maquinaria o manual.

Por tal motivo, se desarrolla esta investigación, con el objetivo de darle un aprovechamiento a esa biomasa excedente de Taruya que es necesario retirar para evitar las posibles afectaciones ambientales al ecosistema, el aprovechamiento que se plantea es utilizar la biomasa como materia prima de celulosa para producir papel ecológico. Este aprovechamiento se dará de la manera más económica y ambientalmente posible donde se llevará la biomasa a una serie de procesos para darle las características necesarias para ser usado como materia prima en la producción, entre los procesos encontramos el corte y cocido, el licuado (pulpeado), el lavado, el mezclado y la transferencia. Este proceso se aplicará como una prueba piloto para conocer la viabilidad de la Taruya como materia prima en el proceso de producción de papel, debido a las características del proyecto se puede determinar como un proyecto viable económicamente, autosustentable, medio ambiental, económico y social.



3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar papel ecológico a partir de la biomasa de Taruya (ECHHORNIA CRASSIPES), generada la ciénaga de la Zapatosa-Cesar.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtener de la ciénaga la materia prima (Celulosa) de la Taruya para los procesos de producción.
- Determinar la cantidad optima de Taruya (ECHHORNIA CRASSIPES) como materia prima en la producción de papel.
- Evaluar la eficiencia de la Taruya (ECHHORNIA CRASSIPES) como materia prima de la producción de papel.

4. MARCO REFERENCIAL.

4.1. ANTECEDENTES

Desde hace mucho tiempo se ha establecido la problemática que nos trae la Taruya (ECHHORNIA CRASSIPES), no es un problema que afecta solo al Cesar sino a al gran parte del mundo debido a que es considerada como una planta invasora, la alta capacidad reproductiva que tiene el buchón le facilita cubrir grandes áreas de ecosistemas acuáticos en cuestiones de días, creando diversas colonias densas flotando en el agua, por consiguiente se reduce el flujo de agua en los embalses, cantidad de oxígeno, navegación y crecimiento de otras plantas acuáticas; además de eso es hogar de insectos principalmente el mosquito afectando así no solo a el ecosistema sino a la población que se encuentre cerca a ese cuerpo de agua.

Debido a las características antes mencionadas el Buchón o Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) causa problemas más serios y amplios que ninguna otra maleza acuática flotante y no solo a nivel nacional sino mundial. El centro de origen de la Taruya parece ser la Amazonia, Brasil, con propagación natural a otras áreas del continente suramericano (Barrett y Forno, 1982). En sus áreas nativas en los neo-trópicos la E. crassipes se ha convertido ocasionalmente en una maleza en las presas o cuerpos de agua naturales donde el régimen hidrológico se ha alterado por las actividades del hombre y/o el nivel de nutrientes en el agua se ha incrementado. El buchón se ha introducido por el hombre en muchos países en los trópicos y sub trópicos donde se ha propagado hasta convertirse en una maleza acuática extremadamente grave (Holm et al. 1977). Se han desarrollado infestaciones extensas en el sur de los EE.UU. (especialmente en Lousiana y la Florida), en México, Panamá y muchas regiones de África (especialmente los sistemas de los ríos Nilo y Congo), el sub-continente indio, el sudeste asiático, Indonesia y Australia (Sculthorpe, 1971; Holm et al. 1977; Pieterse 1978; Gopal y Sharma 1981).

En 1989, se informó de la aparición de Eichhornia crassipes en el lago Victoria afectando a Tanzania, Kenia y principalmente Uganda, donde las orillas del lago se vieron ocupadas casi en un 80%. Y Debido a su potencial colonizador y constituir una amenaza

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

grave para las especies autóctonas, los hábitats o los ecosistemas, Eichhornia crassipes ha sido incluida en el Catálogo Español de Especies exóticas Invasoras, aprobado por Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, estando totalmente prohibida en España su introducción en el medio natural, posesión, transporte, tráfico y comercio, esto nos indica los graves problemas que ha causado el aumento proliferado de esta.

A nivel internacional gracias a las características que tiene el buchón de agua se han tratado de aprovechar en diferentes partes del mundo donde se presenta esta planta, en países orientales se vive una lucha contra esta planta, de manera que, en Kenia, Australia y otros las autoridades han intentado convertir el Jacinto de agua en concentrado de proteína de hojas, alimento para animales, mantas, abono vegetal, biomasa para "digestores" o fermentadores, y hasta briquetas como sustituto de la leña. Es así como encontramos que, Tailandia, por ejemplo, exporta muebles contruidos de los tallos del Jacinto de agua, hacia los E. U., Canadá y Alemania. En la India y otros países de la región están produciendo: chancletas, zapatos, sandalias, carteras, alfombras, etc., todos contruidos con los tallos de esta planta. Además, se está obteniendo celulosa, una enzima usada para obtener glucosa a partir de celulosa para mejorar la calidad de textiles de algodón y papel, del Jacinto de agua y los científicos están entusiasmados con este proyecto, porque han demostrado que comercialmente resulta rentable. La india importa anualmente de los E.U. 500 millones de dólares en celulosa para el tratamiento que requiere el algodón y otros textiles para su uso en la industria. Con la extracción de esta sustancia del Jacinto de agua se evitará esa importación.

A nivel nacional hemos encontrado diversas maneras en las que se intenta utilizar y aprovechar las propiedades benéficas del Eichhornia Crassipes más conocido como Buchón de agua. Entre ellas encontramos el proyecto:

María Elena Hurtado (2011) Aprovechamiento de la Taruya en la producción de papel en el municipio de Sibaté y veredas aledañas al embalse del Muña: un grupo de mujeres lideradas por María Elena Hurtado, directora del Taller Chicalá; le encontró una solución al principal de sus problemas que afecta a su población, donde aprendió a

hacer papel artesanal y se volvió experta en este oficio aprovechando las propiedades del buchón para salir adelante.

Roxana Rico (2011) Aprovechamiento de buchón de agua a través de la fabricación de carbón vegetal en el municipio de Cicuco-Bolívar: En la población de Cicuco se ha visto durante mucho tiempo la fabricación del carbón, pero a base de madera, lo que resulta en un deterioro mucho más grande para el medio ambiente. Solo hasta hoy se está experimentando un nuevo proceso de fabricación que es el carbón a base de Buchón de agua, más conocido como Tapón.

Juvenal Barrero Ojeda (2015) Evaluación del rendimiento de la planta acuática (Eichhornia Crassipes) Taruya en el proceso de obtención de pulpa para papel: La problemática ambiental que la planta acuática Eichhornia Crassipes genera en los cuerpos de agua, debido a su proliferación descontrolada, no es ajena a la Ciénega del municipio de Gamarra, Cesar, zona de actuación de la Universidad seccional Aguachica. La caracterización de la pulpa para papel fue obtenida por métodos de cromatografía, donde se evaluaron los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina y se entregaron los resultados en forma cuantitativa y cualitativa.

También se ha utilizado el buchón de agua para producir papel en Ciénaga-Magdalena, y se le ha dado otros usos como elemento fitorremediador en el ecosistema lenticó ciénaga san juan, Luruaco-Atlántico.

4.2. MARCO TEORICO

A nivel mundial el buchón, Taruya o jacinto de agua, *Eichhornia crassipes*, causa problemas más serios y amplios que ninguna otra maleza acuática flotante. Esto es el resultado de su alta intensidad de crecimiento y reproducción, alta habilidad competitiva con relación a otras plantas acuáticas flotantes, el movimiento de las plantas por el viento y las corrientes de agua, y, debido a sus flores atractivas, propagadas por el hombre.

4.2.1. TARUYA, BUCHON O JACINTO DE AGUA (EICHHORNIA CRASSIPES).

Es una planta acuática de libre flotación con rosetas de hojas soportadas por peciolos que pueden ser cortos y abultados o largos y delgados, de hasta 50 o aún 100 cm de longitud. Se propaga rápidamente mediante estolones que se desarrollan a partir de la base de la roseta. Los estolones crecen hasta 30 cm de longitud antes de desarrollar una roseta hija. La intensidad de la propagación por este medio puede resultar en la duplicación del área infestada cada 6 a 15 días. Los tallos florecedores, a partir del centro de la roseta, producen una inflorescencia vistosa de flores azules/violetas, las cuales se convierten en cápsulas frutales cada una conteniendo hasta 400 semillas pequeñas. Se ha investigado ampliamente y aunque se conoce mucho acerca de su biología, control y potencial de utilización (Gopal y Sharma, 1981), aún existen fallas significativas en nuestro conocimiento sobre esta planta.

Habita en cuerpos de agua dulce como los son: ríos, lagos, charcas y embalses de los trópicos y sub trópicos localizados a latitudes no mayores de 40°N y 45°S. Dentro de las áreas nativas del jacinto de agua los cambios en el régimen hidrológico debidos, por ejemplo, a la construcción de presas y a incrementos en los niveles de nutrientes, han producido un crecimiento excesivo (Donselaar 1968; Harley 1992). El jacinto de agua no tolera agua salobre (Holm et al. 1977) y la salinidad puede limitar o modificar su distribución, al igual que sucede con temperaturas de menos de 0° C en su entorno.

La Taruya se reproduce vegetativamente mediante estolones, los cuales, junto a las plantas aisladas, así como mantos a la deriva se distribuyen fácilmente por las corrientes de agua, el viento, los botes y las balsas. Sin embargo, en la mayor parte de sus áreas

la planta también produce grandes cantidades de semilla de larga longevidad, y la persistencia y diseminación por este medio puede ser muy significativa (Sculthorpe, 1971). El crecimiento está grandemente influido por los niveles de nutrientes en el agua, especialmente, los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio (Reddy et al. 1989, 1990, 1991). El incremento de estos elementos a menudo es causado porque una parte de los fertilizantes aplicados a las áreas agrícolas y de pastos alcanzan los cuerpos de agua a través de la escorrentía o de los drenajes agrícolas y a través de los efluentes urbanos e industriales.

La Taruya no tolera agua salobre (Holm et al. 1977) y la salinidad puede limitar o modificar su distribución. La Taruya que se acumula en las lagunas costeras de África Occidental durante el período de lluvias se reduce en aquellas áreas que se convierten en salinas durante el período seco. Se conoce que el jacinto de agua se ha extendido en su propagación desde 43 países en 1884 hasta 59 en 1980 y hasta otros tres países después de 1980. En dos de los últimos (Benín y Nigeria) y en un grupo de otros países las regiones más norteñas (tropicales) del África sub-Sahariana la propagación del jacinto de agua se ha incrementado grandemente durante los últimos 5-8 años. Esta situación es casi seguro el resultado de un incremento de la población humana que le ocasiona mayores afectaciones al medio ambiente.

4.2.2. METODOS DE CONTROLAR LA PROLIFERACION DE LA TARUYA

Debido a los grandes problemas que la Taruya (ECHHORNIA CRASSIPES) trae por consecuencia de su proliferación desmedida se han hecho estudios para controlarla y contrarrestar esta problemática. Sólo en pocas ocasiones se ha intentado el control mediante herbicidas de infestaciones grandes de jacinto de agua que crecen bajo condiciones favorables (Scott et al. no fechado) y aun cuando se han invertido enormes recursos, como en Sudan, este tratamiento ha tenido poco efecto. Sin embargo, este método ha sido exitoso para el control de infestaciones pequeñas, de fácil acceso por tierra o mediante botes (Smith et al. 1984; Jamieson et al. 1977) y para erradicar infestaciones menores en regiones que son climáticamente desfavorables para el

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

crecimiento de esta planta. Los herbicidas más comúnmente usados han sido 2, 4-D, aminotriazole y glifosato, siendo el primero el más extensamente usado, además de ser relativamente barato. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996)

El control mediante herbicidas requiere de un alto insumo de mano de obra y equipos mecánicos, por lo que puede resultar costoso. Las inspecciones sistemáticas unidas al tratamiento deben realizarse indefinidamente para evitar la regeneración de la infestación a partir de plantas y semillas dispersas. Este compromiso a largo plazo es con frecuencia difícil de mantener y constituye un costo continuado. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

Existe también un costo ambiental en el uso de herbicidas. Los residuos de éstos en el agua y en los sedimentos pueden afectar el ambiente acuático y aniquilar los peces directamente o mediante la reducción de los niveles de oxígeno disuelto, como consecuencia de la descomposición de las malezas. Si los residuos son excesivos, el agua será inadecuada para consumo humano o para irrigación (Anon. 1985). El ser humano cobra más conciencia de los efectos de la contaminación sobre el ambiente, sobre sí mismo y sobre sus animales domésticos. Muchas comunidades no toleran más la contaminación de su medio por plaguicidas. Además de la contaminación que produce los herbicidas la planta quedaría destruida y no se le podría sacar un beneficio a su biomasa. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

La extracción física tiene limitaciones obvias en su magnitud, además de seguramente tendrán lugar re infestaciones a partir de fragmentos de plantas y semillas. Sin embargo, este método es ambientalmente "seguro" y útil para reducir pequeñas infestaciones y para el mantenimiento de canales. Si la extracción física es el único método de control usado, entonces la demanda de recursos será interminable. La extracción física puede ser por vía manual, por dragado o mediante una máquina cosechadora especialmente diseñada. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

El drenaje permanente para secar un estanque o lago controla el jacinto de agua (Smith et al. 1984). Sin embargo, las semillas de la maleza poseen una larga longevidad (Matthews et al. 1977), por lo que, si el área acumula de nuevo agua, las semillas podrán germinar y se producirá una re-infestación. El drenaje permanente puede ser un método

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

efectivo de control en situaciones apropiadas donde la pérdida del agua no producirá inconvenientes a los poblados adyacentes de dejar sin agua a los animales domésticos, destruir una fuente local de alimentos (por ej. peces) o provocar otros efectos ambientales adversos. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

La investigación sobre el control biológico del jacinto de agua comenzó en 1961 y los primeros agentes de control fueron liberados en EE. UU. alrededor de 10 años después (Perkins 1972, 1973). Actualmente se utilizan uno o más agentes de control en por lo menos 22 países (Julien 1992; Limon 1984). Como consecuencia, el jacinto de agua se ha controlado en algunos países y las infestaciones se han reducido en otros. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

Seis artrópodos y 3 hongos han contribuido al control biológico del jacinto de agua (Harley y Wright 1984; Julien 1992), pero las especies que han resultado más exitosas son dos picudos (gorgojos): *Neochettina bruchi* Hustache y *N. eichhorniae* Warner, y una polilla *Sameodes albiguttalis* (Warren). Sin embargo, no se ha logrado un control óptimo en todas las situaciones, por lo que se evalúan otros agentes. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

La situación actual es que:

- Se han descubierto agentes de control biológico en las áreas nativas del jacinto de agua.
- La investigación ha demostrado que estos agentes no pueden sobrevivir y reproducirse sobre ninguna otra planta, excepto sobre jacinto de agua.
- Estos agentes han controlado exitosamente esta maleza en varios países.
- Se prevé que la investigación en curso mejore el nivel general de control.

Esto significa que ya se disponen de agentes de control cabalmente investigados y comprobados. Estos agentes han sido extensamente utilizados y la experiencia muestra que se pueden introducir en nuevas regiones, sin riesgos para el cultivo o el ambiente. Los costos de la introducción en las nuevas regiones son relativamente bajos, pero los proyectos tienen que ser dirigidos por científicos experimentados en el control biológico del jacinto de agua. Sin una dirección experta es probable que los proyectos fracasen y

los escasos recursos se pierdan. El momento es excelente para un exitoso control biológico del jacinto de agua en la mayoría de las situaciones donde la planta resulte ser una maleza exótica (Harley y Forno 1989).

Los hongos *Acremonium zonatum* (Sawada) Gams y *Cercospora piaropi* Tharp (estrechamente relacionado con *C. rodmanii* Conway que se ha usado como agente de control en algunas situaciones en EE.UU.) parecen haberse diseminado por todo el mundo con el jacinto de agua y estos no deben ser normalmente introducidos como agentes de control biológico. Los síntomas generalmente son más evidentes en las hojas más viejas. Estos hongos por si solos no son especialmente dañinos, pero frecuentemente sus efectos se incrementan, sobre todo cuando las plantas están sometidas a stress por el ataque de insectos. El daño por el ácaro, *Orthogalumna terebrantis*, generalmente es más evidente sobre las hojas más viejas y este artrópodo es de dudoso valor como agente de control. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

De estas maneras se han ido solucionando problemas a nivel mundial y local, cuando la extracción y eliminación de la excedente población de *Taruya* se presenta por extracción física o por un control biológico que no afecte a la planta en sus características y propiedades físicas y químicas, se puede dar un aprovechamiento a otra parte del proceso de control de estas plantas. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

4.2.3. AGUA SUPERFICIAL

Son las aguas continentales que se encuentran en la superficie de la Tierra. El agua superficial proviene de las precipitaciones, no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o es también la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas. Se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forman ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales. Las aguas superficiales pueden estar fluyendo constantemente como los ríos o estar en reposo como los lagos y lagunas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a la gravedad y a la inclinación del terreno. Así cuando el agua cae del cielo, el agua puede viajar a muy diversas velocidades, normalmente por caminos ya establecidos (Young y otros, 1994)

que pueden cambiar lentamente a través del tiempo. Estos caminos se combinan para formar redes de arroyos y ríos en las cuencas hidrológicas, de manera que el agua fluye por gravedad desde sus fuentes hasta el mar, existiendo así desde cuencas diminutas hasta cuencas gigantescas (tomado del Primer Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, 2003). Entonces, los factores de los que depende la escorrentía superficial son básicamente Clima (precipitaciones, temperatura, etc.), Relieve, Vegetación y Geología (factor generador a su vez de los suelos en función también del clima).

4.2.4. CUERPOS DE AGUA (LENTICOS)

Los ecosistemas lenticos son cuerpos de agua que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir. Comprenden todos los ambientes donde no se presenta corriente continua; es decir, aguas estancadas sin ningún flujo de corriente, como los lagos, las ciénagas, las lagunas, los esteros y los pantanos (Diccionario CTMA, 2010).

Estos ecosistemas a través del tiempo, siguen disminuyendo su profundidad y aumentando su vegetación hasta la desaparición total del cuerpo de agua. Por lo general tienen poca profundidad y menor variación de la temperatura.

4.2.5. COMPOSICION QUIMICA DEL AGUA

El crecimiento del jacinto de agua es favorecido por el agua rica en nutrientes, en especial por el nitrógeno, el fósforo y el potasio. La habilidad del jacinto de agua para absorber los nutrientes y otros elementos han sido ampliamente investigados. Además de estos elementos, toma calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, el aluminio, el boro, cobre, molibdeno y zinc. La habilidad del jacinto de agua de extraer los nutrientes y los metales pesados puede ser explotada para tratar los efluentes de alcantarillados pasándolos a través de canales que contienen la planta. Para un tratamiento exitoso las plantas se tienen que mantener en crecimiento activo mediante la eliminación del exceso de plantas. Sin embargo, el jacinto de agua nunca deberá introducirse en una región donde él no exista. El riesgo de crear un serio problema de maleza es muy grande. Con frecuencia

las plantas acuáticas nativas se pueden usar eficientemente en el tratamiento de efluentes. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

El contenido de oxígeno del agua es menor debajo del manto del jacinto de agua y puede reducirse hasta cero. El efecto sobre los peces y otros animales acuáticos es catastrófico. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

4.2.6. EVAPOTRASNPIRACION

La investigación ha mostrado que en todo el mundo las pérdidas de agua por evapotranspiración a través de una cubierta de jacinto de agua siempre son mayor que a partir de una superficie de agua descubierta. Sin embargo, las pérdidas por evapotranspiración varían grandemente debido a la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento y las características de la infestación del jacinto de agua. Hamdoun y Tigani (1977) estimaron que se perdían cada año 7 mil millones de m³, o una décima parte del flujo promedio del Nilo, a través de la evapotranspiración del jacinto de agua. La magnitud de las pérdidas debidas a la evapotranspiración puede poner en peligro la viabilidad de los esquemas de suministro de agua, especialmente, en los períodos de sequía. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996)

4.2.7. SEDIMENTACION, INUNDACION Y NAVEGACION

Los mantos de jacinto de agua pueden hacerse muy extensos y cubrir ríos, represas, canales, drenes y otras áreas húmedas. La reducción del flujo de agua causa aumentos de la sedimentación. Esto reduce la profundidad del agua y ocasionalmente torna cuerpos de agua abiertos en pantanos poco profundos. En los canales de irrigación y zanjas de drenaje el flujo del agua se reduce muy por debajo de los niveles diseñados, impidiendo así la entrega del agua de riego y el drenaje de los campos. Durante períodos de alta precipitación se producen inundaciones y se dañan los canales. Las represas también se obstaculizan y se sedimentan; se reduce su capacidad y vida útil, se afecta la pesca y la caza. Adicionalmente, las plantas arrastradas hacia las entradas de estaciones generadoras hidroeléctricas y obras cabeceras de irrigación pueden causar

daños costosos y conducir al cierre por reparación de dichas instalaciones. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

Cuando los ríos se infestan intensamente se dificulta la navegación hasta hacerse imposible. Los muelles o atracaderos de los ríos pueden quedar bloqueados y dañarse. Un ejemplo extremo es el del Río Nilo en Sudán. El jacinto de agua infestó el río y sus tributarios desde Juba, en el sur, hasta la Presa Jebel Aulia, cerca de Jartúm, una distancia de 1700 km. La longitud total infestada del río excede los 3000 km, incluyendo los tributarios (Irving y Beshir 1982; Philipp et al. 1983; Beshir y Bennett 1985). Desde 1963 el Ministerio de Agricultura de Sudán ha estado tratando de controlar la infestación de la maleza para mantener abierto el acceso acuático para el tráfico por barco, mediante la aplicación de herbicidas con una flota de 42 botes y 3 naves aéreas, con base en 3 puntos o estaciones a lo largo del río (Beshir y Bennett 1985). El costo anual de la operación de control químico fue de alrededor de un millón de libras sudanesas. Adicionalmente, las pérdidas de tiempo por reparaciones y mantenimiento complementario a las embarcaciones debido a la incidencia del jacinto de agua costaron anualmente alrededor de 500, 000 libras sudanesas (Hamdoun y Tigani 1977). A pesar de esta asignación masiva de recursos, no se logró el control requerido.

El jacinto de agua puede aumentar sustancialmente el nivel de las aguas de inundación con los consiguientes daños. Las plantas bloquean los canales naturales de drenaje y los construidos por el hombre, se acumulan con la corriente superior y represan con eficacia el agua. Como el drenaje normal queda obstaculizado, el agua puede inundar y erosionar los campos, entrar en edificios y poblados, dañar y provocar arrastres en carreteras y puentes. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

4.2.8. ESTILO DE VIDA, SALUD Y EDUCACION

En muchos países el estilo de vida de las comunidades humanas rivereñas está dictado por las características del cuerpo de agua. Con frecuencia el único medio de transporte es el bote y el cuerpo de agua es la única fuente de agua de beber, cocer y lavar, aparte que los componentes de la dieta se extraen también del mismo. Una

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

fuerte infestación de jacinto de agua impide la navegación en canoas y aún en grandes botes motorizados. Esto impide ocasionalmente la asistencia de los niños a la escuela, visitas por atención médica, visitas a los mercados, etc. Además, los vectores de malaria, schistosomiasis, filariasis, encefalitis y otras enfermedades humanas y animales suelen aumentar, lo que causa un deterioro de la salud humana y pérdidas de animales domésticos. Se ha afirmado que el organismo causal del cólera se concentra alrededor de las raíces del jacinto de agua. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

4.2.9. PESCA Y ALIMENTOS

Las fuentes de alimentos frecuentemente sólo son accesibles a través del agua y muchas comunidades dependen en gran medida de los peces como fuente de alimento y como artículo de comercio. Por lo tanto, cuando un cuerpo de agua adyacente a una aldea o poblado está cubierto de jacinto de agua, la comunidad puede sufrir hambre, más aún, la reducción de los niveles de oxígeno debajo de un manto de jacinto de agua causa una alta mortalidad a las poblaciones de peces. Por ejemplo, en Nigeria, 500 km² de lagunas costeras están infestadas con el jacinto de agua, 24, 000 pescadores están seriamente afectados y esta cifra puede elevarse hasta 2 millones. En Benin se ha estimado que las capturas de peces se han reducido en 50% o más. También se observa muy fácilmente en los municipios y localidades que en Colombia quedan cerca de ciénagas o cuerpos de agua donde el problema con la Taruya es muy común. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996)

4.2.10. FLORA

El jacinto de agua interactúa con la vegetación nativa y puede reducir significativamente la densidad poblacional de especies individuales a través de la sombra que proyecta y la competencia por los recursos esenciales. Las plantas sumergidas y aquellas de menor altura que el jacinto de agua son las más amenazadas, ya que están expuestas a recibir insuficiente luz para su fotosíntesis.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

La competencia prolongada por una población densa de jacinto de agua puede reducir la biodiversidad floral del cuerpo de agua. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

4.2.11. FAUNA

Una población densa de jacinto de agua afecta la fauna acuática directamente, a través de la reducción del contenido de oxígeno del agua, e indirectamente, a través de la reducción del fitoplancton y zooplancton, de las plantas alimenticias y de los lugares adecuados de reproducción. Los efectos sobre la flora y la fauna no han recibido el estudio que merecen. Sin embargo, existen muchos registros de muertes de peces a consecuencia de la reducción de los niveles de oxígeno. Aunque ciertas especies podrían favorecerse, en general, la infestación del jacinto de agua en un cuerpo de agua debe provocar una reducción de la biodiversidad. (R. Labrada, J. C. Caseley, 1996).

4.2.12. USOS

La enorme biomasa del jacinto de agua ha estimulado muchas pruebas para su utilización, pero esta tiene aplicación en la fabricación de papel, producción de carbón vegetal, en la generación de biogás, para el tratamiento de efluentes y para producción de alguna artesanía. Todos estos usos han sido estudiados y analizado a través de los años debido a las grandes cantidades de buchón que muchas veces se pierde en los procesos de extracción de diferentes localidades. No existe duda alguna de que los efectos dañinos del jacinto de agua sobrepasan sus beneficios. Aún una utilización máxima sólo eliminará una pequeña cantidad de la maleza y no contribuirá a una reducción sustancial de sus efectos dañinos. El mundo no puede tolerar el costo ambiental de no tratar el jacinto de agua como un problema extraordinariamente serio, el cual debe ser detenido y efectivamente controlado (Gopal y Sharma 1981).

**4.2.13. PROBLEMA DE TARUYA EN COLOMBIA BENEFICIADO POR
SU BIODIVERSIDAD**

Colombia por su gran biodiversidad, posee diferentes tipos de bosques y zonas de vida, entre ellos el bosque de niebla, bosque húmedo tropical y bosque seco tropical. Siendo

estos dos últimos los que más presencia de buchón de agua presentan, debido a que la contaminación del agua corre río abajo y los niveles por debajo de 2000msnm son los que albergan las aguas lenticas donde se pueden propagar más rápidamente. (W. Ospino, M. Hernández, 2010). Estos lugares pueden ser ciénagas, embalses o humedales. El bosque tropical es uno de los sistemas menos investigados, pese a su potencial e importancia para la subsistencia misma de la humanidad (Amaya, 1990). A pesar de la poca importancia que se les ha conferido a los bosques secos tropicales, estos son fuente de importantes especies de uso antrópico. Este es el caso de varias especies de leguminosas forrajeras, ornamentales y frutales originarias de esta formación vegetal como: Matarratón (*Gliciridia sepium*), Carbonero (*Leucaena leucocephala*), Guayacanes (*Tabebuia* spp), Cactus (*Opuntia* spp, *Cereus* spp), Samanes (*Samanea saman*) y Chiminangos (*Pithecellobium* spp), Pitaya (*Acanthocereus pitahaya*), Mamoncillo (*Melicoccus bijugatus*) y el Jobo (*Spondias mombin*, *S. purpurea*), entre otras (GEMA, 1998). Casi la tercera parte de la superficie de la tierra está cubierta por bosques, y más de la mitad de estos están en el trópico. Su extensión probable es de 2500 millones de hectáreas (W. Ospino, M. Hernández, 2010).

Entre las muchas virtudes del bosque tropical, están las de tomar el agua del suelo e incorporarla a la atmósfera en forma de vapor de agua, interceptar la lluvia, atenuar las inundaciones, disminuir la escorrentía, la erosión del suelo y la sedimentación de los cauces de agua. Igualmente, reducen y alivian la temperatura cerca del suelo, protegiendo éste y la fauna de los rayos solares (Amaya, 1990).

Este ecosistema, característico de la costa norte de Colombia (Atlántico, Magdalena, Cesar y Bolívar), ha sido muy intervenido por el hombre y es el ecosistema más amenazado en Colombia. En los últimos 10 años, el bosque seco se ha exterminado en un 90%, debido principalmente a la tala para actividades agrícolas y ganaderas (Embajada de Colombia en Tokio, 2010).

La calidad de los bosques tropicales, puede verse afectada, debido a la escasez de zonas o áreas boscosas en las partes altas de una cuenca hidrográfica, ya que éstos actúan como purificadores del agua, además de que mediante sus raíces, tienen la

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

capacidad de absorberlos nutrientes que requieren para sobrevivir y realizar sus funciones básicas de fotosíntesis, respiración y alimentación, y de ésta manera, pueden contribuir a disminuir la concentración de éstos nutrientes en los cuerpos de agua y en el suelo aledaño al sitio, lo que podría reducir la probabilidad o la efectividad de la reproducción del buchón de agua en su medio acuático. Por todo lo descrito anteriormente, es aconsejable conservar el recurso bosque, sobre todo en las partes altas de la cuenca, para así evitar problemas relacionados con la proliferación acelerada del Buchón de Agua. Además, es importante tener en cuenta que a los valles llegan todas aquellas aguas ricas en nutrientes, resultantes de los procesos de lixiviación de las partes altas, lo que puede hacer de éste un medio más propicio para la propagación del mismo. (W. Ospino, M. Hernández, 2010).

Como ya se ha descrito anteriormente el enriquecimiento de nutrientes en aguas superficiales genera un crecimiento acelerado de algas y plantas acuáticas que, sin tener un mecanismo de control, pueden invadir en poco tiempo un espejo de agua, como se ha estado evidenciando en la Ciénaga de la Zapatosa localizada entre los municipios de Chimichagua, Curumaní, Tamalameque (Cesar) y el Banco (Magdalena). Lugar donde prolifera la Taruya creando un problema en el puerto de Saloa corregimiento del Municipio de Chimichagua, la planta que prolifera especialmente en la época de invierno muchas veces no permite la navegabilidad del puerto considerado uno de los más importante del Municipio haciendo eco en todos los factores de progreso del Municipio. También afecta ambientalmente al curso natural de la ciénaga donde tiene las funciones de actuar como filtradores naturales de agua, gracias a su vegetación que almacena y libera agua, y como reguladoras de los niveles de los ríos, almacenando las aguas que traen cuando aumenta su nivel por las lluvias durante el invierno y dejándolas salir través de los caños cuando el nivel disminuye durante el verano.

El problema que trae el buchón o Taruya para la ciénaga es realmente grave la corporación encargada de solucionar los problemas ambientales en la región se ha proclamado, Corpocesar tomó medidas para dar solución a la problemática que se presenta principalmente en el corregimiento de Saloa, por su importancia comercial.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

"La corporación a través de los años ha venido trabajando con las comunidades para destaponar de manera controlada ciertos sectores en la ciénaga de Zapatosa y así permitir la navegabilidad, nuevamente daremos inicio a un proyecto de destaponamiento en Saloa teniendo en cuenta la importancia comercial de este puerto, el tránsito de chalupas y la salida de pescadores hacia el interior de la ciénaga para el desarrollo de sus actividades de pesca." Afirmó Virgilio Calderón Peña director de Corpopesar, esto fue a finales del 2013 según una entrevista hecha a las personas responsables.

Sin embargo los problemas de la ciénaga de la Zapatosa aún continúan debido a que las medidas tomadas para erradicar el problema de la Taruya no han dado buenos resultados y se ha mantenido un control sobre la proliferación de la planta por medio de extracción física destaponando las vías de acceso a la ciénaga y dejando paso al ecosistema fluir, a pesar de eso la enorme biomasa del jacinto de agua ha estimulado muchas pruebas para su utilización, se tiene conocimiento que se han realizado proyectos para tratar de aprovechar esta biomasa que se produce al realizar los procesos de des taponamiento de la ciénaga, estos proyectos están a cargo de la Asociación de pescadores de Candelaria corregimiento de Chimichagua Cesar, "ASOPESCAN", en donde buscan darle una productividad a la biomasa de la Taruya para el incremento de la productividad de los municipios del complejo cenagosa de la Zapatosa. Dentro de estos proyectos están tres unidades productivas que realizan los diferentes productos a partir de la Taruya, tales como concentrado para animales, abono orgánico y la elaboración de artesanías, ubicadas en diferentes corregimientos del complejo cenagoso de Zapatosa. A pesar de que diferentes entidades ya han pensado en un uso adecuado para la gran cantidad de biomasa que se extrae de la ciénaga, en este proyecto se plantea utilizar esa biomasa para ser producida en papel orgánico, que puede tener muchos fines desde el punto de beneficio para la comunidad este papel puede ser elaborado y facturado en libretas que pueden ser distribuidas en los colegios de menores recursos para facilitar a los estudiantes sus útiles, o utilizar esta línea de producción para recrear un papel orgánico de calidad respetable para la línea de impresiones de la

Universidad Popular del Cesar apoyando a la línea de investigación de la ingeniería ambiental y sanitaria, dando un ejemplo de conciencia ecológica.

4.2.14. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL PAPEL

El papel tiene infinidad de usos hoy en día y existen diferentes tipos de papeles para cada finalidad, las características de los papeles varían entre sí, pero cada uno debe cumplir una calidad mínima, la calidad del papel es una prioridad.

Dentro de los parámetros de calidad del papel encontramos:

- **La composición de la materia prima:** La composición de la materia prima con la que se crean los distintos papeles determina en gran medida la calidad del mismo. Tanto la apariencia final como también más aún la fuerza y la resistencia del papel dependen en gran medida de la calidad de la materia prima utilizada. Y también determina el tipo de papel.
- **Superficie del papel (apariencia):** La estructura de la superficie del papel es un parámetro de calidad importante que afecta considerablemente a las características de rendimiento posteriores. Todos los papeles tienen dos caras, y, aunque no lo parezcan son diferentes. Uno de los lados ha estado en contacto con el cable en el proceso de producción, y se denomina “el lado del cable”. Este lado tiene también la marca del cable y es ligeramente desigual. En el caso de los papeles de colores, este lado tiende a ser un poco más oscuro ya que los pigmentos se depositan en el fondo a la hora de hacerlos. El lado superior se llama “lado del fieltro” o el lado correcto, ya que es el primero en entrar en contacto con el fieltro. Es más suave y generalmente ligeramente más brillante ya que las fibras se disponen de una manera más libre en este lado. También contienen más mezcla de los llamados rellenos, que son los materiales que se mezclan con la materia prima para darle distintos acabados. La suavidad de la superficie también es algo significativo.
- **Claridad, opacidad y transparencia:** La claridad indica si el papel está triturado en partes más o menos gruesas. Por un lado, la opacidad está relacionada con el grosor del papel, y, por otro lado, un alto contenido de agentes de relleno tiene



resultados directos sobre esta característica del papel. La transparencia es, por una parte, una cualidad no deseada para muchas calidades de papel, con la excepción sin embargo del papel de calco o papel para dibujos con detalles. En este caso, cuanta más transparencia tengan, mayor será su valor. Esta propiedad es particularmente importante para fotocopias y microfilms de dibujo técnico, por ejemplo

- **Tamaño:** El tamaño también es especialmente importante para los papeles destinados a escribir y dibujar. La finalidad del tamaño de papel es unir fibras y agentes de relleno. El resultado debe ser uniforme y dosificado de modo que cuando se aplique tinta sobre él, las líneas queden limpias y no se produzca el llamado sangrado, que hace que se emborrone el resultado.
- **Resistencia:** Dependiendo de la aplicación para la que va a servir el papel, se utilizan diferentes métodos de prueba para determinar su resistencia, como la resistencia a la rotura, a la tracción, la longitud de rotura, el elongamiento, la resistencia al desgarro, la resistencia al plegado y la rigidez.
- **Resistencia al paso del tiempo:** La resistencia al envejecimiento de diferentes tipos de papel depende principalmente de la calidad de las materias primas. En el caso de productos con un ciclo de vida corto, como el papel de periódico, el embalaje etcétera, esta propiedad no es demasiado significativa. Todos hemos visto amarillarse un periódico bajo el sol al cabo de unos días. Este fenómeno es causado por el alto contenido de madera en el papel. El envejecimiento del papel es un proceso continuo que ocurre en las bibliotecas, los museos y los hogares. Cada libro se ve afectado por este proceso lento hasta que, finalmente se destruye por completo.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Ciénaga: Las ciénagas son zonas generalmente planas, que se inundan de agua no corriente, conectadas de alguna manera con los ríos, de los cuales depende la renovación de sus aguas. Tienen las funciones de actuar como filtradores naturales de agua, gracias a su vegetación que almacena y libera agua, y como reguladoras de los niveles de los ríos, almacenando las aguas que traen cuando aumenta su nivel por las lluvias durante el invierno y dejándolas salir través de los caños cuando el nivel disminuye durante el verano.

Buchón, Taruya o jacinto de agua: Es una planta acuática de la familia de las Pontederiaceae. Es originaria de las aguas dulces de las regiones cálidas de América del Sur, en las cuencas Amazónica, y del Plata

Bosque seco tropical: El bosque seco tropical (**BST**) es propio en tierras bajas y se caracteriza por presentar una fuerte estacionalidad de lluvias. En Colombia se encuentra en seis regiones: el Caribe, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, la región Norte Andina en Santander y Norte de Santander, el valle del Patía, Arauca y Vichada en los Llanos.

Biodiversidad: Diversidad de especies vegetales y animales que viven en un espacio determinado.

Biomasa: Utilización de la materia orgánica como fuente de una línea de producción. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza.

Proliferación: Reproducción o multiplicación de un organismo vivo en un corto periodo de tiempo, doblando su población en días.

4.4. MARCO CONTEXTUAL

El sistema cenagoso de Zapatosa está ubicado en el norte de Colombia, en jurisdicción de los municipios de El Banco (Magdalena), Chimichagua, Tamalameque, Curumaní y Chiriguaná, los cuatro últimos pertenecientes al departamento del Cesar. Su extensión promedio es de 36.000 hectáreas (360 kilómetros cuadrados) y en épocas de inundaciones llega a 50.000 hectáreas (500 kilómetros cuadrados). En su desembocadura, el río Cesar se convierte en un río sinuoso, con un caudal promedio de 202 metros cúbicos por segundo, en donde se forma el espejo de agua conocido como ciénaga de Zapatosa. El Cesar nace en la Sierra Nevada y transcurre en dirección nortesur, en un recorrido de 380 kilómetros hasta que desemboca en el río Magdalena. Además del río Cesar y Magdalena, la ciénaga de Zapatosa recibe las aguas de los ríos la Mula, Anime Grande, Animito y Rodeo Hondo; caños Largo, Blanca Pía, Jobito, Las Vegas, Platanal, Mochila San Pedro, Viejo y Tamalaqué; quebradas Quiebradientes, La Floresta y Alfaro. El nivel del río Cesar es inferior al del Magdalena, por lo que cuando éste último se crece, sus aguas remontan el Cesar hasta la Zapatosa. Esta ciénaga es una depresión con profundidades variables, entre 1 y 8 metros, dependiendo de la zona y de la época del año, pero en períodos atípicos ha llegado hasta los 13 metros. El promedio mínimo de profundidad se presenta en el mes de febrero (sequía) y el máximo en mayo (aguas altas o época de lluvias). El clima de la subregión es cálido y oscila entre 28° y 32° C. (J. Orlando Rangel, 2007).

La ciénaga está localizada en la margen derecha del río Magdalena y actúa como un reservorio que acumula agua en época de lluvias y la devuelve a la depresión Momposina - Bajo Magdalena en época de sequía. En efecto, este complejo cenagoso tiene capacidad para almacenar 1.000 millones de metros cúbicos de agua provenientes de los ríos Magdalena y Cesar. Esta función de regular los caudales en épocas de creciente se ha visto mermada por los taponamientos de caños y construcción de diques artificiales que obstaculizan el flujo normal de agua río-ciénaga-río. El sistema cenagoso de Zapatosa está formado por varias ciénagas como Bartolazo, Pancuiche, Pancuichito, La Palma, Santo Domingo y Tío Juancho, entre otras, así como por numerosas islas como

Barrancones, Concoba, Colchón, Grande, Delicias, Loma de Caño, Las Negritas, Palospino y Punta de Piedra. (J. Orlando Rangel, 2007).

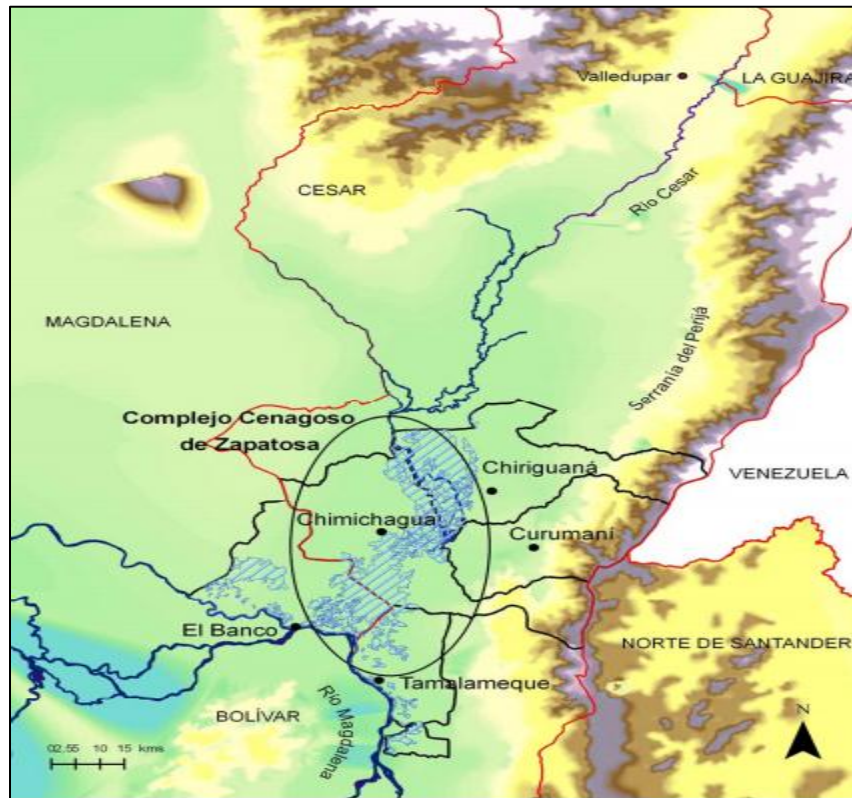


Figura 1. Localización de la ciénaga de la Zapatos

Fuente: IGAC (2017)

4.5. MARCO LEGAL

En el siguiente marco legal encontraremos las diferentes leyes y decretos que tienen relación en el proyecto, teniendo en cuenta la normativa que se trabaja en dicha propuesta.

Tabla 1. Leyes y decretos utilizados en el proyecto

DECRETO/ LEY	ENTIDAD DE APLICACIÓN	DESCRIPCION
DECRETO-LEY 2811 DE 1974	El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena.	Artículo 1º: El estado y los particulares deben participar en la preservación y cuidado, de los recursos naturales renovables, prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación al medio ambiente entre estos los medios acuáticos.
DECRETO 1541 DE 1978	El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena.	Artículo 107º Con el fin de obtener una mejor distribución de las aguas de cada corriente o derivación, de acuerdo con lo previsto en los artículos 156 y 157 del Decreto-ley 2811 de 1974, reglamentara cuando lo estime conveniente, de oficio o a petición de parte, el aprovechamiento de cualquier corriente o depósito de aguas públicas, así como las derivaciones que beneficien varios predios. Para ello se adelantará un estudio preliminar con el fin de determinar la conveniencia de la reglamentación, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades de los predios que las utilizan y las de aquellos que puedan aprovecharlas.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

<p>DECRETO NÚMERO 1575 DE 2007</p>	<p>Ministerio de la protección social</p>	<p>Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.</p> <p>Artículo 1º. El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.</p>
<p>CAPÍTULO 3 DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA</p>	<p>Ministerio de ambiente.</p>	<p>ARTICULO 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.</p> <p>Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</p>

<p>LIBRO PRIMERO DE AMBIENTE</p>	<p>Ministerio de ambiente.</p>	<p>Artículo 8. Se consideran factores que deterioran el ambiente, entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables. Se entiende por contaminación la alteración del ambiente con sustancias o formas de energía puestas en él, por actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del ambiente o de los recursos de la nación o de los particulares. ➤ Las alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas. ➤ La sedimentación en los cursos y depósitos de agua. ➤ Los cambios nocivos del lecho de las aguas. ➤ La extinción o disminución cuantitativa o cualitativa de especies animales o vegetales o de recursos genéticos. ➤ La eutrofización, es decir, el crecimiento excesivo y anormal de la flora en lagos y lagunas.
-------------------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016.

5. MARCO METODOLOGICO

Se busca principalmente mejorar el flujo de agua en la ciénaga de la Zapatosa debido a la problemática que hay con la proliferación de la Taruya (*ECHHORNIA CRASSIPES*), trayendo como objetivo una nueva línea de utilidad a la biomasa de Taruya que permita dar un mejor uso a esta y brindarle una mejor calidad de vida a la comunidad afectada.

Los tipos de investigación que se utilizaron serán tipo **Exploratoria y Descriptiva con un nivel de investigación de campo y documental**, debido a que nos basaremos en contextos teóricos básicos y prácticos de la problemática para poder dar una solución y evaluar la veracidad de la solución. Técnica de Campo: Por qué se busca responder las causas de los eventos, fenómenos y sucesos por medio del procedimiento elaborado en el lugar afectado y evaluar cómo funciona. Técnica documental: Con esta técnica nos brinda la obtención y recopilación de información necesario para encontrar las posibles teorías que permitan y sustenten el estudio de acuerdo con los fenómenos presentados.

5.1. POBLACION OBJETO DE ESTUDIO

El complejo cenagoso de la Zapatosa

5.2. MUESTRA

Debido a que el complejo cenagoso de la Zapatosa está conformado por una extensión de 360 km², conformada por varias ciénagas y lagunas que hacen parte de la Depresión Momposina y recibe las aguas de los ríos Magdalena y Cesar, debido a su gran tamaño se establecieron unos criterios de muestreo:

- Nos situaremos en la parte más cercana al corregimiento de Zapatosa, donde se delimito un área no mayor a 100 m², esto debido a que la Taruya se localizaba en gran cantidad a las orillas de la ciénaga.
- Se decidió escoger alrededor de 270 ejemplares de Taruya, para repartir 30 por cada tratamiento y sus respectivas repeticiones, en peso un valor de 70 Kg en total.
- Evitar dañar la integridad de la planta al momento de toma de la muestra.

- Escoger las plantas que mantengan una integridad del 100%, en otras palabras, que no se encuentren partidas, ni comidas por animales, ni en un estado decadente.

En la figura 2, se evidencia el lugar de muestreo.

Figura 2. Localización del lugar de muestreo



Fuente: Tomada a partir de Google Maps, 2018.



5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Mediante el siguiente estudio con el fin de producir un papel orgánico a partir de Taruya (ECHHORNIA CRASSIPES) y conocer la resistencia a la tensión del papel obtenido, el procedimiento consiste en realizar el procedimiento de licuado con solo las raíces (tratamiento 1), otro con solo las hojas (parte superior, tratamiento 2) y otro con toda la planta (hojas y raíces, tratamiento 3), teniendo de esta manera 3 tratamientos, se realizaron 3 repeticiones de cada uno, elaborando así un diseño completamente al azar, el objetivo del diseño es saber con cuál de los tratamientos se produce un papel de mejor resistencia que será calculada en unidades de mega pascales.

Tabla 2. Diseño experimental completamente al azar

	TRATAMIENTOS		
REPETICIONES	T1	T2	T3
1			
2			
3			

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

5.4. METODOLOGIA

ETAPA I

Obtención de la materia prima conseguida del lugar afectado

Se realiza la visita correspondiente al lugar de estudio donde se evaluará el lugar de extracción de la materia prima, luego de esto se procede a obtener la materia prima de la Taruya (ECHHORNIA CRASSIPES) de los procesos para mejorar el problema de esta misma y para poder verificar su calidad en la línea de producción que se está estudiando.

Se tiene en cuenta al momento de realizar la obtención los criterios de muestreo establecidos anteriormente, una vez finalizado se procederá a realizar el diseño experimental para de esta manera verificar uno de los parámetros de calidad del papel y evaluar la Taruya como materia prima.

ETAPA II

Determinación de la cantidad optima de Taruya como materia prima

Se realiza el acondicionamiento de la Taruya (celulosa) para la elaboración del papel a través de diferentes procesos como son el corte y cocido, el licuado (pulpeado), el lavado, el mezclado y la transferencia, al realizar estos procesos se determinará la cantidad de Taruya utilizada y la cantidad de papel generado.

- Se decidió escoger alrededor de 270 ejemplares de Taruya, para repartir 30 por cada tratamiento y sus respectivas repeticiones, en peso húmedo un valor aproximado de 70 Kg en total para los 270 ejemplares, lo que nos da para cada repetición nos da un valor de 8 Kg.

ETAPA III

Evaluación de la Taruya como materia prima en el proceso de producción de papel

Se analiza la información que se recogió para dar con veracidad la causa o posibles causas llegando a una conclusión y solución, de esta manera dándole una utilidad a la biomasa obtenida y dar un beneficio a la población que está siendo afectada por la problemática.

Para la evaluación de la eficiencia de la Taruya como materia prima en la producción de papel se tendrá en cuenta una evaluación del ritmo de trabajo mediante la comparación de la producción real y la producción esperada. Para los tratamientos 1,2 y 3 tendrán su eficiencia propia esperando producir para cada uno 9, 9 y 12 hojas respectivamente, teniendo la producción esperada. Al realizar el montaje obtenemos la producción real y aplicamos la siguiente formula:

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{produccion real}}{\text{produccion esperada}} * 100$$

También se calculará el rendimiento que tuvo la Taruya como materia prima en la producción de papel, el rendimiento de la Taruya en la obtención de la pulpa (Rp) se

determinó gravimétricamente después del secado de las pulpas. A partir del peso de la pulpa seca, se calculó el rendimiento porcentual con la siguiente ecuación:

$$Rp = \frac{\text{peso de la pulpa}}{\text{peso de la muestra inicial}} * 100$$

Para la evaluación de la calidad del papel producido se tuvo en cuenta las características finales del papel, como lo son:

- La composición de la materia prima
- La superficie del papel
- La claridad
- La opacidad
- La rigidez
- La durabilidad
- La resistencia a la ruptura

La última se calculó mediante el montaje para medir la resistencia a la tensión del papel, a partir de este montaje también se calculó la deformación que tienen las tiras de papel, y esto nos permite desarrollar la gráfica esfuerzo – deformación, la cual nos arrojará los datos referentes al módulo de Young o módulo de elasticidad, con los cuales identificaremos la durabilidad, rigidez y la energía necesaria para romper la tira de papel.

Los valores expresados en la tabla 3 correspondientes a los resultados del ensayo de resistencia a la tensión, estos se tomaron en el instante en el que el papel alcanzó el momento de fractura, por consecuencia esa fuerza sería la carga máxima que soporta el papel, estos valores están expresados en Newton, para realizar el cálculo de la tensión se dividiría la carga máxima entre el área transversal del papel y esto nos daría la resistencia a la tensión en unidades de N/cm², y se realizarán los cálculos para expresarlo en unidades de mega pascales.

Teniendo los valores de la carga máxima en Newton la fórmula que se utilizaría para calcular la tensión la podemos ver a continuación:

$$\text{Resistencia a la tension } \left(\frac{N}{cm^2} \right) = \frac{\text{Carga maxima (N)}}{\text{Area transversal (cm}^2\text{)}}$$

Con esta prueba se evidencia cuál del tratamiento resulta una mejor opción al momento de utilizar la biomasa de la Taruya como materia prima en la producción de papel. Y las propiedades del papel producido se comparan con las propiedades de un papel industrializado.

6. PROCEDIMIENTO

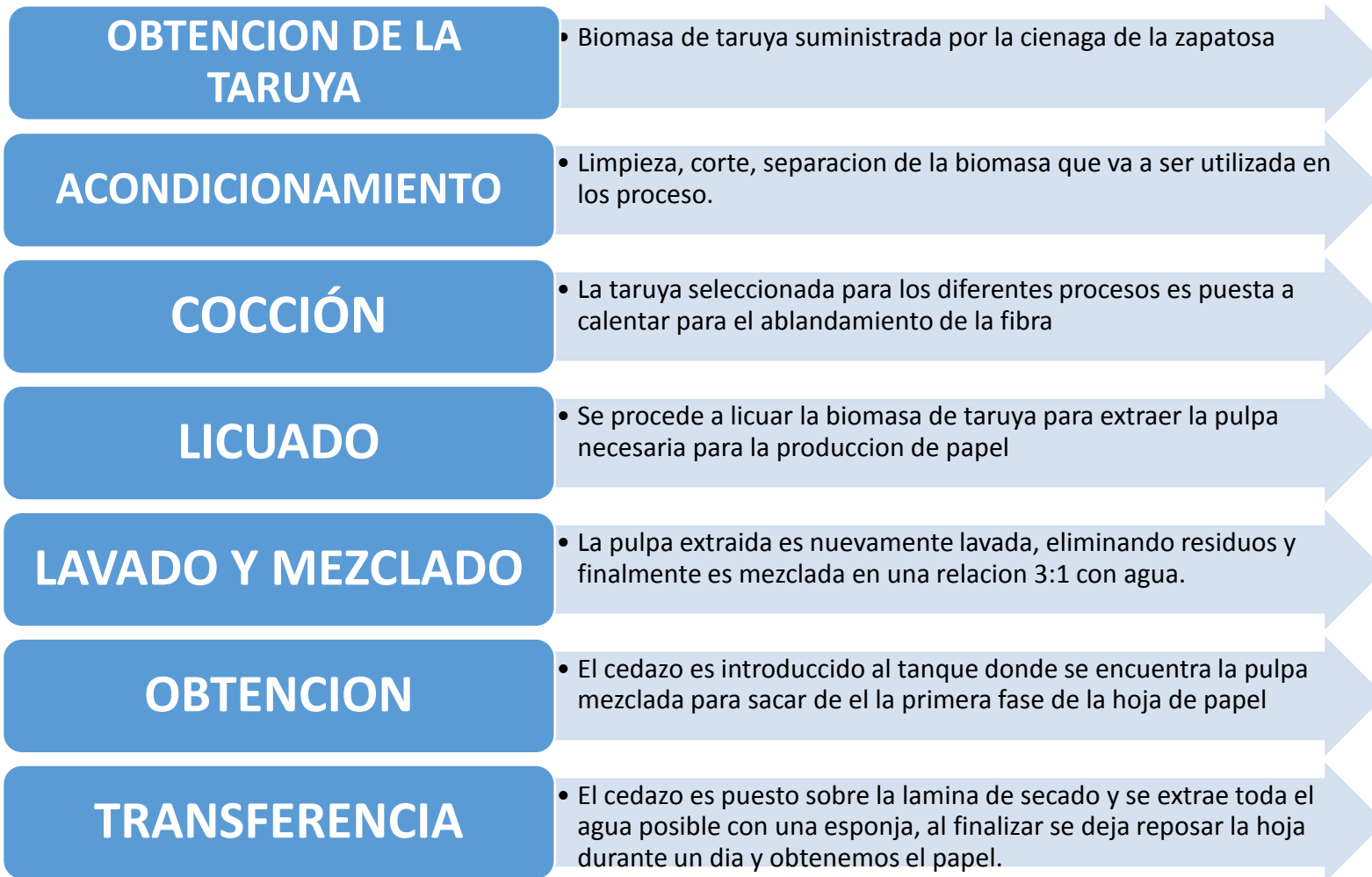


Figura 3. Procedimiento de la obtención del papel. **Fuente:** Alan Macias y Everth Martinez,2018

6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

El procedimiento experimental se inició con la visita al sitio de estudio (la ciénaga de la Zapatosa) en la cual nos dirigimos a un área cerca de la orilla de la ciénaga en una de las tantas entradas que tiene el corregimiento de Zapatosa al complejo, estando en el lugar se evidenció la proliferación de esta no solo en la orilla sino en distintas partes de la ciénaga lo que impedía el paso libre de las lanchas, se procedió a delimitar el área de muestreo y a recoger la biomasa de Taruya necesaria para la investigación.



Fotografía 1 y 2. Reconocimiento del lugar y recolección de la Taruya en la Ciénaga de la Zapatosa.
Fuente: Fotos de campo, 2018.

Una vez recogido la materia prima, nos decidimos a transportarnos al lugar donde se iban a realizar los demás pasos del proyecto, una vez en el lugar se procedió a limpiar con agua toda la biomasa debido a que esta es considerada como refugio de diferentes animales y además que en su raíz encontramos residuos de barro y sustancias químicas desconocidas que pueden afectar a la investigación, después de limpiar se seleccionó la Taruya que iba a ser usada para los diferentes procesos.



Fotografía 3 y 4. Selección y separación de la biomasa para los tratamientos
Fuente: Fotos de campo, 2018.

Una vez seleccionada la Taruya, se realizó el proceso de cocción, sin embargo, en medio de la investigación se realizó un proceso adicional y fue realizar el proceso sin la cocción. Al momento de realizar este paso del proceso fue en un recipiente de aluminio el cual se puso a calentar el agua previamente durante 40 min y luego se fue adicionando la biomasa, se esperó aproximadamente durante 1 hora para su total cocción.



Fotografía 5. Cocción de la biomasa de Taruya
Fuente: Fotos de campo, 2018.

Finalizado el proceso de cocción, se dejó reposar la biomasa a temperatura ambiente. Luego de esto se procedió con el proceso de licuado, donde realizaron los tres

tratamientos propuestos que son el de la planta completa (hojas y raíces), otro con solo las hojas (parte superior) y otro con las raíces, adicional el proceso que no tuvo cocción.



Fotografía 6. Licuado de la biomasa
Fuente: Fotos de campo, 2018.

Luego del licuado, se realizó otro lavado posterior para así finalmente obtener la pulpa de la celulosa y de esta manera lograr una mejor limpieza y calidad. Finalizado este lavado posterior se procedió con realizar una relación 3:1 de agua y pulpa de la Taruya disuelta, donde se tomaron 7 litros de la pulpa disuelta y se agregaron en 21 litros de agua.



Fotografía 7 y 8. Lavado y mezclado de la fibra obtenida de la biomasa de Taruya.
Fuente: Fotos de campo, 2018.

Al realizar la mezcla homogénea de la biomasa con el agua se procede a obtener la hoja de papel, introduciendo el cedazo en la alberca, realizando movimientos uniformes para que la pulpa se distribuya uniformemente en el cedazo. Luego se procede a retirar el cedazo con las fibras que van a dar forma a la hoja de papel.



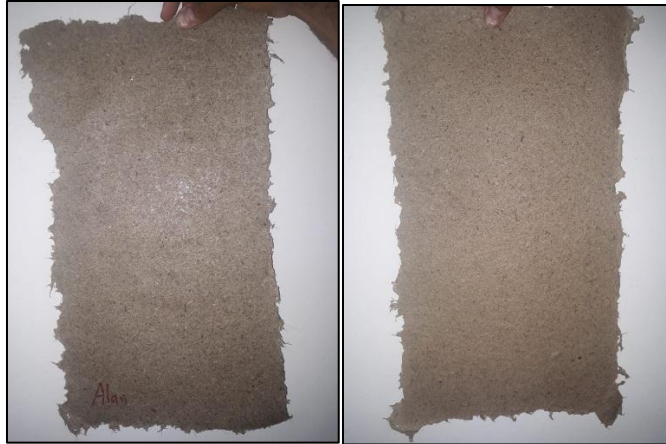
Fotografía 9 y 10. Obtención de la fibra de Taruya en el cedazo para formación de la hoja de papel
Fuente: Fotos de campo, 2018.

Después de retirado el cedazo, este se lleva a el proceso de transferencia, donde se va a colocar el cedazo sobre la lámina de secado, al ponerlo sobre la superficie se le retiró el agua excedente mediante una esponja para que la hoja quede fijada a la lámina, donde se va a dejar reposar la hoja de papel durante 24 horas.



Fotografía 11 y 12. Proceso de transferencia y obtención de la hoja de papel.
Fuente: Fotos de campo, 2018.

Después de cumplidas las 24 horas se procede a retirar y verificar la calidad del papel, dando veracidad de que la Taruya es una planta con una alta capacidad para producir papel.



Fotografía 13 y 14. Hoja de papel a partir de la biomasa de Taruya.
Fuente: Fotos de campo, 2018

Los ensayos sobre papel y cartón son importantes para la industria de pasta y papel, debido a las exigencias que se imponen para una amplia gama de aplicaciones. En la impresión, por ejemplo, el papel se maneja tanto en hojas sueltas como en rollos y las propiedades de resistencia a la tracción y alargamiento deben cumplir con estrictos requisitos de los clientes. Nosotros medimos la resistencia a la rotura por tracción de papel y cartón mediante ensayos de tiras de papel, y la medición de la carga a la rotura basándonos en los procedimientos establecidos en la norma T 494 y T220.

6.2. PRUEBA PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LA TENSION DEL PAPEL

La prueba tiene como finalidad calcular uno de los parámetros de la calidad del papel, el cual consiste en sujetar en cada extremo con dos soportes de plástico las tiras de papel previamente cortadas, en el extremo superior de la tira estará sujeta por uno de los soportes de plástico que conectará con el dinamómetro con el fin de calcular el esfuerzo que soporta la tira de papel, y en la parte inferior de la tira de papel estará el otro soporte de plástico el cual tendrá sujeta una plataforma de plástico en el cual se pondrán los diferentes pesos hasta que se rasgue la tira de papel.

Para realizar el montaje se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Las tiras de papel deberán tener unas dimensiones de 2 cm de ancho por 10 cm para cada tratamiento.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

- Los soportes de plásticos tienen las mismas dimensiones (2 cm de largo y 4 de ancho), esto con el fin de que la fuerza aplicada a las tiras de papel se distribuya uniformemente.
- Ajuste de los equipos utilizados (dinamómetro).



Fotografía 15. Cortes del papel para medir la resistencia.
Fuente: Fotos de campo, 2018

En la fotografía 16 se puede observar cómo queda el montaje finalizado.



Fotografía 16. Montaje para medir la resistencia
Fuente: Fotos de campo, 2018

Seguidamente, cortada las tiras de papel y el montaje listo se realizaron las pruebas, añadiéndole peso en la plataforma plástica para calcular el esfuerzo máximo que pueden alcanzar las tiras de papel, esto nos daría la resistencia a la tensión que alcanzaba la tira de papel al colocarle peso.

Los valores correspondientes a la fuerza de newton para determinar la resistencia a la tensión que soportan las muestras de papel elaborada a partir de biomasa por la Taruya obtenida para los tres tratamientos son mostrados en la tabla 3.

Debido a que los valores correspondientes a la tabla 3 se tomaron en el instante en que el papel alcanzo el momento de fractura, ese sería la carga máxima que soporta el papel por consecuente al realizar el cálculo de la tensión se calcularía la resistencia a la tensión en unidades de N/cm^2 y se realizan los cálculos para expresarlo en unidades de Pascales. Las hojas de papel a partir de la biomasa de Taruya se le pueden dar diferentes usos, como la realización de cartas de invitación o para pintar, cabe resaltar que la hoja de papel tiene una buena resistencia y durabilidad, y es una hoja que es biodegradable debido a que es hecha naturalmente y no posee agentes químicos contaminantes.



Fotografía 17,18 y 19. Diferentes usos que se le pueden dar al papel.
Fuente: Fotos de campo, 2018

6.3. PRUEBA PARA EVALUAR EL MODULO DE YOUNG

La prueba tiene como finalidad calcular uno de los parámetros de la calidad del papel, el cual se basa en el montaje para la prueba de resistencia a la tensión, añadiéndole el muestro de la deformación de las tiras de papel al momento de agregarle una fuerza determinada. Para realizar el montaje se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Las tiras de papel deberán tener unas dimensiones de 2 cm de ancho por 10 cm para cada tratamiento.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

- Los soportes de plásticos tienen las mismas dimensiones (2 cm de largo y 4 de ancho), esto con el fin de que la fuerza aplicada a las tiras de papel se distribuya uniformemente.
- Ajuste de los equipos utilizados (escalímetro digital)

En la fotografía 20 se puede observar cómo queda el montaje finalizado, y en la 21 el escalímetro digital.



Fotografía 20. Medición de deformación con escalímetro digital. **Fuente:** Fotos de campo, 2018



Fotografía 21. Escalímetro digital. **Fuente:** Fotos de campo, 2018

De este montaje se puede determinar las deformaciones causadas por las fuerzas ejercidas sobre las tiras de papel, mediante procesos matemáticos se puede construir la gráfica esfuerzo – deformación, la cual nos indicará el comportamiento hasta el punto de ruptura, la pendiente del segmento lineal corresponde al módulo de Young, el cual es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico. Teniendo la curva esfuerzo – deformación se procederá a calcular el TEA (Absorción de la energía de tensión) que está representada por la fórmula:

$$TEA = 1 * 10^6 \frac{A}{WL}$$

Donde:

- TEA = Absorción de la energía de tensión (J/m²)
- A = Área debajo de la curva esfuerzo – deformación (J)
- W = Ancho de la tira (mm)
- L = Longitud inicial de la tira (mm)

Este resultado se utiliza normalmente para caracterizar la capacidad de absorción de energía de papel.

7. ANALISIS DE RESULTADOS

El método mecánico utilizado para la elaboración del papel a partir la biomasa de Taruya obtenida en el complejo cenagoso de la Zapatosa, lo obtuvimos de una recopilación de investigaciones e informes de laboratorios donde abordaban el tema de la producción de papel ecológico y como proceso final se acordó realizar el procedimiento encontrado en la figura 3, seguimos en la línea planteando un diseño experimental completamente al azar en el cual comparamos tres diferentes tratamientos que consisten en realizar el procedimiento de licuado con solo las raíces (tratamiento 1), otro con solo las hojas (parte superior, tratamiento 2) y otro con toda la planta (hojas y raíces, tratamiento 3), teniendo de esta manera tres tratamientos y tres repeticiones para cada uno, para determinar la factibilidad de la Taruya como materia prima en la producción de papel, comparando entre si la resistencia y comprobando un parámetro de calidad del papel producido, los otros factores se evidencian al examinar el producto finalizado.

Según lo realizado en el proyecto de investigación, se pudo evidenciar los siguientes resultados:

Al momento de desarrollar el proceso para la obtención de las muestras de papel a partir de la biomasa de la Taruya y aplicando el diseño experimental, se pudo observar en la obtención de la primera muestra que el proceso de licuado no fue eficiente por consiguiente la fibra obtenida no fue la adecuada para la fabricación de las hojas de papel, debido a esto se tomó la decisión de agregar el proceso de cocción y aumentar el tiempo del proceso de licuado, debido a que se evidencio una deshidratación en la biomasa disminuyendo su volumen y una mejora en la textura facilitando así el proceso de licuado, produciendo una mejor obtención en la fibra de la Taruya.

Al finalizar el proceso de obtención del papel se observó que el tratamiento menos eficiente fue aquel donde se utilizó solamente la raíz, debido a que la textura y la calidad de papel obtenido eran inferior a los otros dos tratamientos.

También se observó que se necesita una gran cantidad de biomasa de Taruya al momento de realizar el procedimiento, debido a que es una planta acuática la mayor parte de su peso es agua retenida, al escoger alrededor de 270 ejemplares de Taruya, para repartir 30 por cada tratamiento y sus respectivas repeticiones, se obtuvo peso húmedo un valor aproximado de 70 Kg en total para los 270 ejemplares, lo que nos da para cada repetición nos da un valor de 8 Kg, pero luego del cocido queda aproximadamente 4 kg, al pasar el proceso de licuado y lavado queda aproximadamente de 2 kg a 3 kg de la pulpa, de cada tratamiento se pudo producir adecuadamente de 2 a 4 hojas de papel.

La eficiencia de los diferentes tratamiento esta en un rango del 55% al 75% teniendo al tratamiento 3 como el de mayor eficiencia y al tratamiento 1 como el de menor eficiencia, influenciado por el proceso que se llevó acabo debido a que para los tratamientos se parte de la misma cantidad en kg para cada uno pero para los tratamiento 1 y 2 se disminuye al preparar la pulpa debido a que debemos desechar la parte superior en el tratamiento 1 y las raíces en el 2, esto lo que va a producir es que no se aproveche en su totalidad la biomasa de Taruya y su eficiencia sea menor, por consecuente el tratamiento 3 es el más eficiente, con más producción de hoja, debido a que no se desperdicia ninguna parte de la planta por ende obtiene mayor celulosa y mayor pulpa.

Se puede observar que el rendimiento de la Taruya como materia prima en la producción de celulosa, es un rendimiento entre le 50% y el 75% dependiendo del tratamiento que se evalué, dando como resultado el tratamiento 3 el que tiene un mejor rendimiento, esto nos indica que la Taruya es un buen candidato a ser usado como materia prima en la obtención de celulosa de calidad media.

7.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL PAPEL

Mediante el diseño experimental determinamos la fuerza por unidad de área transversal que soporta las muestras de papel obtenidas de la biomasa a partir de la Taruya. En la figura 4 observamos el DCL de la prueba para evaluar la resistencia.

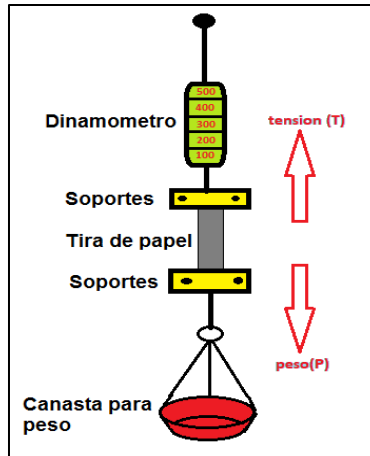


Figura 4. Diagrama de cuerpo libre
Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

La fuerza en Newton soportada por las tiras de papel para cada tratamiento se muestra a continuación.

Tabla 3. Valores de la fuerza en Newton para cada tratamiento.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
1	4.0	6.70	7.40
2	4.20	6.65	7.20
3	4.15	6.80	7.35

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Teniendo los valores de fuerza en Newton procedimos a calcular la fuerza por unidad de área transversal del papel (tabla 4), que será igual a la resistencia a la tensión dada en Pascales (tabla 5). Donde el área transversal es igual a la longitud perpendicular a la fuerza de la tira por su espesor, en el cual la longitud transversal de la tira es igual 2 cm, el espesor de 0,17 cm y el largo de 10 cm.

Tabla 4. Valores de la fuerza por unidad de área transversal (N/cm²)

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
1	11,76	19,70	21,76
2	12,35	19,55	21,17
3	12,20	20	21,61
TOTAL	36,31	59,25	64,54

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Tabla 5. Valores de la Resistencia a la tensión (MPa)

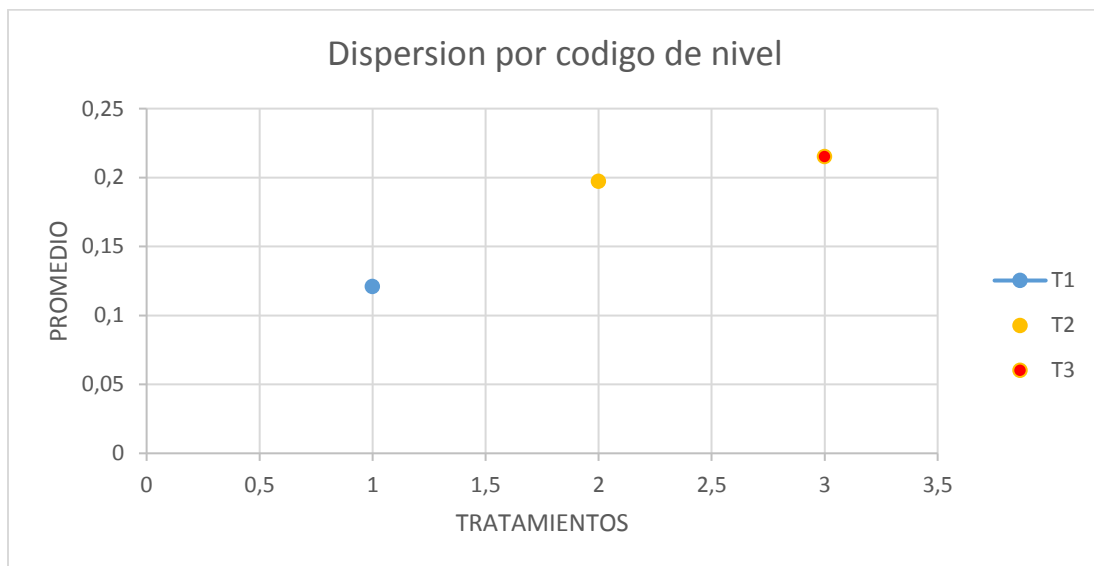
REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
1	0,1176	0,197	0,2176
2	0,1235	0,1955	0,2117
3	0,122	0,200	0,2161
TOTAL	0,3631	0,5925	0,6454

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Tabla 6. Resumen estadístico para las repeticiones de los tratamientos de la tabla 5.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
T1	3	0,121	0,00306	$9,4 \cdot 10^{-6}$
T2	3	0,1975	0,00229	$5,25 \cdot 10^{-6}$
T3	3	0,2151	0,00306	$9,4 \cdot 10^{-6}$
TOTAL	12	0,5336	0,00841	$2,40 \cdot 10^{-5}$

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018



Gráfica 1. Gráfico de dispersiones por código de nivel de los tratamientos

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Al obtener los resultados del diseño experimental por medio de la prueba de resistencia del papel (tabla 5) y aplicando el análisis de varianza, el cual podemos observar su modelación matemática en el Anexo A, la tabla ANOVA descompone la varianza de

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

repeticiones en dos componentes, un componente entre grupos, que corresponde a la suma cuadrado de los tratamientos (SCTTOS) y un componente dentro de grupos, a la suma cuadrado del error experimental (SCEE).

La razón F_c , que en este caso es igual 938.3125 el cual es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que la F tabulada (F_t) de la prueba es menor que la F calculada (F_c), existe una diferencia estadísticamente significativa entre un tratamiento y otro, con un nivel de 95% de confianza.

Tabla 7. ANOVA para repeticiones por tratamientos

FV	GL	SC	CM	F_c	F_t
TTOS	t-1=2	0,015013	0,0075065	938.3125	5,14
EE	t(r-1) = 6	4,8*10⁻⁵	8*10⁻⁶		
Total	tr-1 = 8	0,015061			

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Para determinar cuál de los tratamientos es significativamente diferente de los otros, se realiza la prueba de Fisher.

1. L.S.D.

$$L.S.D = \frac{T}{2V} * \sqrt{\frac{2(CMEE)}{r}} = 0,00565$$

Tabla 8. Medias entre tratamientos

TRATAMIENTOS	CASOS	MEDIA
T1	3	0,121
T2	3	0,1975
T3	3	0,2151

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Tabla 9. Diferencia de medias entre tratamientos

CONTRASTE	SIGNIFICANCIA	DIFERENCIA
T2-T1	*	0,0765

T3-T1	*	0,0941
T3-T2	*	0,0176

*** Indica que son significativos**

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

La tabla 9 muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran significancia con un nivel del 95% de confianza.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Teniendo en cuenta las tablas del método de Fisher y observando los resultados podemos decir que entre los tres tratamientos resultaron efectivos para obtener papel a partir de la biomasa de Taruya con una resistencia significativa, por lo tanto cualquiera de estos tres tratamientos es satisfactoria a la hora de producir papel, sin embargo la diferencia entre el tratamiento 2 y 3 es sumamente menor a los otros dos pares de medias, por lo tanto se puede deducir que estos dos tratamientos serán mucho mejor a la hora de producir el papel de una mayor resistencia.

7.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL MÓDULO DE YOUNG

Mediante el montaje de la prueba del módulo de Young determinamos la deformación causada a la tira de papel al ser sometida a un esfuerzo de tensión, a partir de este cálculo se pudo determinar la gráfica de esfuerzo – deformación, la cual nos brinda el valor de módulo de Young y la TEA (Absorción de la energía de tensión).

Tabla 10. Datos generales de las tiras de papel

Datos generales	Valor	Unidad
Espesor	0,17	Cm
Largo normal	10	Cm
Longitud transversal	2	Cm

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Tabla 11. Valores deformación y esfuerzo tratamiento 1

Fuerza perpendicular (N)	Área transversal (cm ²)	Longitud de la tira de papel (cm)	Deformación (cm)	Deformación (m)	Fuerza perpendicular / Área transversal (N/cm ²)	Esfuerzo (Pa)
0,25	0,34	10,00	0	0	0,735	7352,94
1	0,34	10,12	0,012	0,00012	2,941	29411,76
2	0,34	10,19	0,019	0,00019	5,882	58823,53
3	0,34	10,25	0,025	0,00025	8,824	88235,29
4	0,34	10,32	0,032	0,00032	11,765	117647,06
4,4	0,34	10,37	0,037	0,00037	12,941	129411,76

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Gráfica 2. Gráfico de esfuerzo deformación tratamiento 1



Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

$$\text{Modulo de Young} = 354.002.838 \text{ Pa}$$

$$\text{Modulo de Young} = 354.002838 \text{ MPa}$$

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Para calcular la energía que soporta el papel hasta el punto de ruptura se halla el área bajo la curva, y para esto, se aplicó una integral definida de 0 a 0,00037, esto utilizando una línea de tendencia polinómica de grado 4 que se aproxima a la curva de esfuerzo – deformación:

$$Energia = \int_0^{0,00037} -5358325336633250000x^4 - 97666693177344x^3 + 1682028585334x^2 - 7750659x + 7357$$

$$Energia = \left(-5358325336633250000 \frac{x^5}{5} - 97666693177344 \frac{x^4}{4} + 1682028585334 \frac{x^3}{3} - 7750659 \frac{x^2}{2} + 7357x \right) \Big|_0^{0,00037}$$

Remplazamos

$$Energia = -7,431 - 0,457 + 28,399 - 0,530 + 2,720$$

$$Energia = 22,37 J$$

Aplicando la fórmula de la TEA, remplazamos los valores:

$$TEA = 1 * 10^6 \frac{22,37 J}{100 mm * 20 mm} = 11,185 \frac{J}{m^2}$$

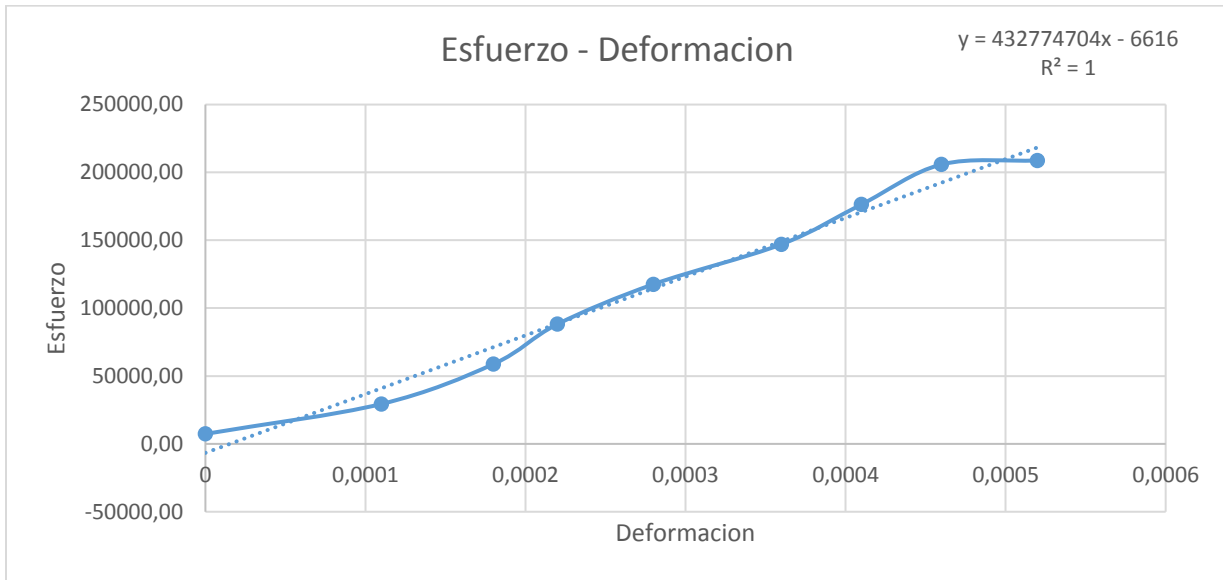
Tabla 12. Valores deformación y esfuerzo tratamiento 2

Fuerza perpendicular (N)	Área transversal (cm ²)	Longitud de la tira de papel (cm)	Deformación (cm)	Deformación (m)	Fuerza perpendicular / Área transversal (N/cm ²)	Esfuerzo (Pa)
0,25	0,34	10,00	0	0	0,735	7352,94
1	0,34	10,11	0,011	0,00011	2,941	29411,76
2	0,34	10,18	0,018	0,00018	5,882	58823,53
3	0,34	10,22	0,022	0,00022	8,824	88235,29
4	0,34	10,28	0,028	0,00028	11,765	117647,06
5	0,34	10,36	0,036	0,00036	14,706	147058,82

6	0,34	10,41	0,041	0,00041	17,647	17647 0,59
7	0,34	10,46	0,046	0,00046	20,588	20588 2,35
7,1	0,34	10,52	0,052	0,00052	20,882	20882 3,53

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Gráfica 3. Gráfico de esfuerzo deformación tratamiento 2



Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

$$\text{Modulo de Young} = 432.774.704 \text{ Pa}$$

$$\text{Modulo de Young} = 432.774704 \text{ MPa}$$

Para calcular la energía que soporta el papel hasta el punto de ruptura se halla el área bajo la curva, y para esto, se aplicó una integral definida de 0 a 0,00052, esto utilizando una línea de tendencia polinómica de grado 3 que se aproxima a la curva de esfuerzo – deformación:

$$\text{Energia} = \int_0^{0,00052} -2130960880485120x^3 + 1749771281599x^2 + 60434330x + 6694$$

$$Energia = \left(-2130960880485120 \frac{x^4}{4} + 1749771281599 \frac{x^3}{3} + 60434330 \frac{x^2}{2} + 6694x \right) \Big|_0^{0,00052}$$

Remplazamos

$$Energia = -38,952 + 82,011 + 8,170 + 3,481$$

$$Energia = 54,71 J$$

Aplicando la fórmula de la TEA, remplazamos los valores:

$$TEA = 1 * 10^6 \frac{54,71 J}{100 mm * 20 mm} = 27,355 \frac{J}{m^2}$$

Tabla 13. Valores deformación y esfuerzo tratamiento 3

Fuerza perpendicular (N)	Área transversal (cm ²)	Longitud de la tira de papel (cm)	Deformación (cm)	Deformación (m)	Fuerza perpendicular / Área transversal (N/cm ²)	Esfuerzo (Pa)
0,25	0,34	10,00	0	0	0,735	7352,94
1	0,34	10,13	0,013	0,00013	2,941	29411,76
2	0,34	10,22	0,022	0,00022	5,882	58823,53
3	0,34	10,25	0,025	0,00025	8,824	88235,29
4	0,34	10,31	0,031	0,00031	11,765	117647,06
5	0,34	10,35	0,035	0,00035	14,706	147058,82
6	0,34	10,43	0,043	0,00043	17,647	176470,59
7	0,34	10,47	0,047	0,00047	20,588	205882,35
7,8	0,34	10,56	0,056	0,00056	22,941	229411,76

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Gráfica 4. Gráfico de esfuerzo deformación tratamiento 2



Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

$$\text{Modulo de Young} = 440.760.861 \text{ Pa}$$

$$\text{Modulo de Young} = 440.760861 \text{ MPa}$$

Para calcular la energía que soporta el papel hasta el punto de ruptura se halla el área bajo la curva, y para esto, se aplicó una integral definida de 0 a 0,00056, esto utilizando una línea de tendencia polinómica de grado 3 que se aproxima a la curva de esfuerzo – deformación:

$$\text{Energia} = \int_0^{0,00056} -2289516802987710x^3 + 2152064668689x^2 - 91161353x + 7550$$

$$\text{Energia} = \left(-2289516802987710 \frac{x^4}{4} + 2152064668689 \frac{x^3}{3} - 91161353 \frac{x^2}{2} + 7550x \right) \Big|_0^{0,00056}$$

Remplazamos

$$\text{Energia} = -56,290 + 125,978 - 14,294 + 4,228$$

$$Energia = 59,622 J$$

Aplicando la fórmula de la TEA, reemplazamos los valores:

$$TEA = 1 * 10^6 \frac{59,622 J}{100 mm * 20 mm} = 29,811 \frac{J}{m^2}$$

Finalizando los resultados de la prueba de Young, se puede analizar que los valores van acordes a las características del papel producido, ya que las características mecánicas del papel se observa un papel rígido, existen diversos factores que afectan el alargamiento de la hoja, como la elasticidad de la fibra (biomasa de Taruya) y resistencia de esta, la densidad del papel, formación y condiciones de secado. En los casos en los que se requiere obtener este tipo de característica, es necesario provocar un cambio físico en la hoja inmediatamente después de su formación, comúnmente llamado crepado. La elongación normal del papel no excede del 5% (Jimeno López, A. A., López Saucedo, D. C. 2007), para el papel producido la elongación mayor fue de 4,5% lo cual nos indica que el papel puede ser utilizado sin problemas en procesos donde se requiera un papel con una elongación estándar.

En las gráficas 2,3 y 4, encontramos el valor del módulo de Young representado como la pendiente de la gráfica, este módulo puede ser interpretado como la rigidez, o sea, la capacidad que tiene un material en deformarse. Cuanto mayor es el módulo, menos elástico es el material, en otras palabras, menor es la deformación elástica que se origina cuando se aplica una determinada tensión. Basados en los cálculos realizados, es posible corroborar los módulos de Young encontrados debido a que para un papel común se encuentra entre los 100 a 1000 MPa (Jimeno López, A. A., López Saucedo, D. C. 2007), comparándolo con los valores encontrados el papel en cuestión se encuentra dentro de los límites permisibles.

Resulta claro que la rigidez es directamente proporcional al módulo de Young y al espesor, dicho valor es 0,17 cm, un valor muy por encima del rango normal que esta entre 0,15 mm a 0,30, esto nos indica que el producto producido es un papel de alta resistencia y si fuera más delgado puede llegar a presentar rupturas prematuras al momento de doblarse. Esto también puede deberse a que en el procedimiento del papel

producido no tiene un proceso de prensado el cual ayuda al papel a tener un espesor más delgado y una superficie más fina.

Observando el rendimiento que tuvo el diseño experimental proponiendo la Taruya como materia prima para la producción de papel se puede deducir que tiene **un tiempo estimado de degradación de 1 año** en la condiciones ambientales estables, debido a que es una hoja biodegradable y que no fue sometida a ningún tratamiento químico esta va a ir perdiendo sus características con el tiempo, sin embargo luego de 9 meses las hojas conservan todas sus características, podemos observar una figura explicando a continuación.

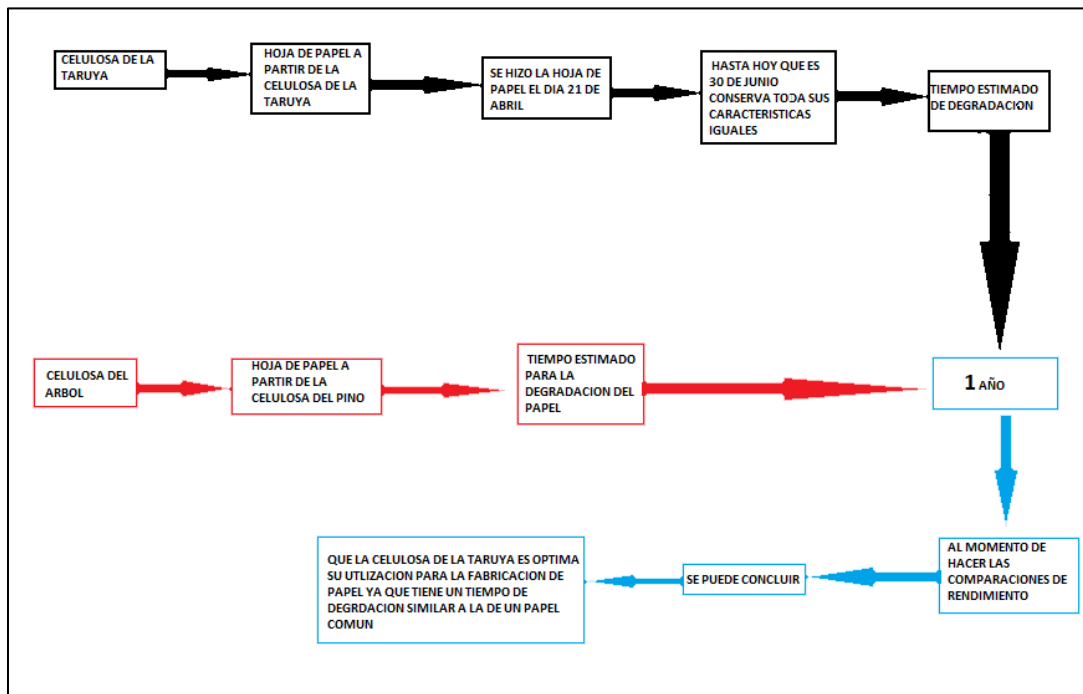


Figura 5. Comparación rendimiento hojas de papel
Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

Mediante la curva de esfuerzo – deformación, la prueba de resistencia y el módulo de Young se puede llegar a predecir la durabilidad, debido a que se conoce se determina el comportamiento del papel bajo tracción directa, y se identifican los esfuerzos que puede llegar a soportar el papel hasta su punto de rotura, los cuales son una indicación de la durabilidad y potencial para el desempeño en el uso final de papeles, debido a que el papel producido no fue sometido a un proceso industrial sino más artesanal se considera

que tiene una durabilidad adecuada para el uso que se le podría dar, sin embargo se tiene evidencia que la materia prima podría ser usada en otros procesos y obtener mejores características mecánicas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba de resistencia del papel y la prueba para el módulo de Young, los posibles usos que se le pueden dar a la biomasa obtenidos de este material son: aporte de este tipo de fibras (biomasa) a procesos donde se requiera una fibra natural que ayude con el proceso de producción de papel, aporte a papeles semi - industrial como el papel para transporte de frutas, huevos, alimentos secos no grasos, etc., según lo observado y manejado puede usarse como un tipo de papel para cartas, un papel que soporta y permite la absorción de los colores de las pinturas. Pero debido a las diferencias en los procesos de producción del papel elaborado en el proyecto de tesis y un papel comercial no se puede establecer comparaciones ideales entre ellos, debido a que los procesos industriales aseguran que el papel cumpla con características y normas específicas mediante maquinas especializadas, sin embargo, si nos dan las bases para poder establecer que la biomasa de Taruya cumple como un posible sustituto de materia prima o un ayudante en la producción de papel.

8. CONCLUSIONES

En esta investigación se evidenció que la Taruya es una planta que tiene un rendimiento adecuado al momento de ser utilizada como materia prima en la elaboración de papel ecológico. En las pruebas que realizamos se pudo evidenciar que es necesario utilizar una gran cantidad de Taruya para así poder obtener una hoja de papel uniforme debido a que en las primeras pruebas realizadas no se tuvo en cuenta la cantidad de Taruya utilizada y el proceso de licuado no fue óptimo, por eso se realizó otro montaje de todos los tratamientos, donde se tuvo en cuenta estos factores.

Concluimos que en la ciénaga de la Zapatosa se encuentra una alta proliferación de esta planta invasora por lo tanto se evidencio que las personas aledañas a la ciénaga que sus actividades económicas y laborales están ligadas a la pesca y transporte, se encuentra directamente afectada por la obstrucción que esta causa, por ende ellos mismos realizan limpiezas dejando la biomasa a las orillas de la ciénaga donde se pierde y no se le da un uso, debido a esto, es viable y sustentable la obtención de esta materia prima.

Para evaluar la Taruya como materia prima en la obtención de papel se tuvo en cuenta la cantidad, la cual es proporcional a la biomasa utilizada donde se especifica usar gran cantidad debido a las características de la planta, esta retiene grandes cantidades de agua por consiguiente el peso real de la planta es mucho menor al peso húmedo recién sacada de la ciénaga.

La eficiencia de los diferentes tratamientos está en un rango del 55% al 75%, influenciado por el proceso que se llevó a cabo debido a que para los tratamientos se parte de la misma cantidad en kg para cada uno pero para los tratamientos 1 y 2 se disminuye al preparar la pulpa debido a que debemos desechar la parte superior en el tratamiento 1 y las raíces en el 2, esto lo que va a producir es que no se aproveche en su totalidad la biomasa de Taruya y su eficiencia sea menor, por consiguiente el tratamiento 3 es el más eficiente, con más producción de hoja, debido a que no se desperdicia ninguna parte de la planta por ende obtiene mayor celulosa y mayor pulpa.

Mediante la cantidad de biomasa utilizada se pudo conocer el rendimiento del proceso que esta entre el 45% y el 70% evidenciando que la Taruya puede ser una opción en la obtención de celulosa o como aporte en otros procesos de producción de papel, sin embargo, se podría mejorar el rendimiento mejorando el proceso utilizado, teniendo en cuenta que este fue un proceso artesanal y llevado a cabo de la manera más ecológica posible para evitar la alta contaminación que produce la industria papelera.

También se tuvo en cuenta la calidad del papel producido al finalizar el proceso, la cual fue evaluada mediante la prueba de resistencia a la tensión, la prueba del módulo de Young, el cálculo de las deformaciones y el TEA, donde se hallaron varias propiedades mecánicas del papel producido, las cuales se puede considerar como adecuadas teniendo en cuenta los posibles usos que se le puede dar al papel, además se evaluaron otros parámetros de calidad del papel que se consideran como propiedades visuales, como son la superficie, claridad, opacidad, tamaño y su durabilidad, de los cuales se puede decir que todas cumplieron, principalmente la opacidad que es la medida de la capacidad del material de obstruir el paso de luz, y en el caso del papel obtenido se evidencia que tiene una opacidad alta, y relacionada a esa característica esta la claridad que nos indica que las fibras del papel están trituradas en partes más o menos gruesas y al producto obtenido se puede evidenciar la fibra como parte del proceso, la superficie y el tamaño van ligadas al proceso que se llevó a cabo, donde el tamaño está relacionado con el cedazo, la superficie está ligada a el proceso de secado donde la cara de la hoja que reposa sobre la fibra plástica va a ser más lisa y brillante que la cara que queda al descubierto. Teniendo en cuenta todos estos parámetros se evidenció que el proceso más óptimo fue donde se utilizó toda la planta y se le realizo la cocción, dándonos así un papel de mayor resistencia, el cual se le puede dar diversos usos.

9. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se sugiere:

- Al momento de la obtención de la materia prima se recomienda el uso de EPP debido a que se considera la Taruya como un nicho ecológico y dentro de ella podemos encontrar serpientes, caracoles, arañas, anfibios, etc. Y estos al momento de retirarla pueden ocasionar lesiones.
- Es de importancia siempre llevar un control de la cantidad de Taruya utilizada y de la cantidad de agua en la que se disuelve debido a que esto nos permitirá establecer relaciones adecuadas a futuro en la línea de investigación.
- Realizar un proceso mayormente industrial donde se tenga en cuenta que la Taruya tiene un fundamento teórico-práctico como materia prima en la producción de papel ecológico.
- Es factible que el proceso de secado sea realizado a temperatura ambiente y en sombra para que de esta manera no allá cambios en su estructura, garantizando la uniformidad del papel.
- Se puede utilizar otros procesos de secado para la elaboración del papel, como lo es el proceso del prensado con papel filtro.
- Elaborar una pulpa de papel en la cual se utiliza un 80% de la fibra producida de la Taruya y un 20% de la fibra encontrada en hojas de papel reciclable, que permita mejorar la resistencia y la uniformidad del papel para otros posibles usos.
- Revisar el estudio económico de la explotación, limpieza y transporte de la fibra de Taruya, para así establecer si es factible realizar o diseñar una planta de aprovechamiento.

10. CRONOGRAMA

El cronograma de actividades se puede observar en el Anexo B del presente documento.

11. PRESUPUESTO

Tabla 14. Presupuesto

EVALUACION DE LA TARUYA GENERADA EN LA CIÉNAGA DE LA ZAPATOSA-CESAR COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA					
Ítem	Valor en Pesos Colombianos (\$)	Fuente de Financiamiento*			Total (\$)
		UPC	Fuente B	Recursos propios	
A. Personal					
Director Proyecto	1.000.000	1.000.000	0	0	
Subtotal	1.000.000	1.000.000	0	0	1.000.000
B. Equipos y Software					
Computadores	400.000	0	0	400.000	
impresora-escáner	150.000	0	0	150.000	
Materiales para los moldes (cedazo)	50.000	0	0	50.000	
Moldes para transportar la pasta y realizar los procesos de producción de papel	20.000	0	0	20.000	
Proyector	20.000	0	0	20.000	
Subtotal	740.000	0	0	740.000	640.000
C. Viajes y Salidas de Campo					
Gastos de Viaje estudiantes	100.000	0	0	100.000	
Transporte municipal	50.000	0	0	50.000	
Alquiler de lancha	100.000	0	0	100.000	
Almuerzo, hidratación	20.000	0	0	20.00	
Subtotal	170.000	0	0	170.000	270.000
D. Materiales					
EPP (botas, guantes, etc..)	50.000	0	0	50.000	

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Fotocopias	10.000	0	0	10.000	
Empastada de documentos (proyecto e informes)	25.000	0	0	25.000	
Material bibliográfico	50.000	50.000	0	0	
Subtotal	135.000	50.000		85.000	135.000
E. Asesorías técnicas y de soporte					
Asesoría especializada	1.000.000	0	1.000.000	0	
Suscripción Revista	0	0	0	0	
Subtotal	1.000.000	0	1.000.000	0	1.000.000
E. Otros					
Seguros	100.000	0	100.000	0	
Tasas Impuestos	0	0	0	0	
Subtotal	100.000	0	100.000	0	100.000
Total	3.145.000	1.050.000	1.100.000	995.000	3.145.000
Porcentaje	100,00%	33%	35%	32%	100%
*Rubros No Financiados con fuentes externas					

Fuente: Alan Macias y Everth Martínez. 2018

12. BIBLIOGRAFIA

- Amaya, Susana. El Bosque Tropical. Su aprovechamiento en combinación con la agricultura y el pastoreo. Pasturas Tropicales. Cali, Colombia. ISSN 1012-7410. 1 de noviembre, 2010.
- Barrett S.C.H. y I.W. Forno 1982. Style morph distribution in new world populations of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (water hyacinth). *Aquatic Botany* 13:299- 306.
- Beshir M.O. y F.D. Bennett 1985. Biological control of water hyacinth on the White Nile, Sudan. In: E.S. Delfosse (Ed.), Vancouver, Canada. Agriculture Canada, pp 491-496.
- Diccionario de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. "Contaminación del Agua, Eutrofización". 2010, agosto.
- Donselaar J. van 1968. Water y marsh plants in the artificial Brokopondo Lake (Surinam, S. America) during the first three years of its existence. *Acta Botanica Neerlandica* 17: 183-196.
- Embajada de Colombia en Tokyo. Biodiversidad. 1 de noviembre, 2010
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, R. Labrada, J. C. Caseley – 1996
- GEMA, Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental. Instituto Alexander von Humboldt. Programa de Inventario de la Biodiversidad. El Bosque Seco Tropical (Bs-T) en Colombia, 1998. 1 de noviembre, 2010
- Gopal B. y K.P. Sharma 1981. Water-Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) the most troublesome weed of the world. Hindasia, Delhi.
- Hamdoun A.M. y K.B. El Tigani 1977. Weed problems in the Sudan. *PANS* 23: 190-194.
- Harley K.L.S. y A.D. Wright 1984. Implementing a program for biological control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. En: G. Thyagarajan

- (Ed.). Proceedings International Conference on Water Hyacinth, February 1983, Hyderabad, India. UNEP, Nairobi, pp 58-69.
- Harley K.L.S. y I.W. Forno 1989. Management of aquatic weeds. Biological control by means of arthropods. En: A.H. Pieterse y K.J. Murphy (Eds.), Aquatic Weeds, Oxford University Press, Oxford, pp 177-186.
 - Harley K.L.S. 1992. Survey of water hyacinth and other floating aquatic weeds in Guyana, Unpublished report of a consultancy. Commonwealth Science Council, London.
 - Holm L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho y J.P. Herberger 1977. The World's Worst Weeds. Distribution and Biology. The University Press of Hawaii, Honolulu.
 - Irving N.S. y M.O. Beshir 1982. Introduction of some natural enemies of water hyacinth to the White Nile, Sudan. Tropical Pest Management 28: 20-26.
 - Jamieson G.I., C. Kershaw y R.J. Ciesiolka 1977. Waterhyacinth control on the lower Fitzroy River. Journal Aquatic Plant Management 15: 5-9.
 - Jimeno López, A. A., López Saucedo, D. C. 2007. Análisis Dinámico de los Rodillos del Sistema de una Máquina de Conversión de Papel Tissue. Tesis Licenciatura. Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Industrial y Mecánica, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla.
 - Julien M.H. 1992. Biological Control of Weeds. A World Catalogue of Agents and their Target Weeds. 3rd edition. CABI, Wallingford.
 - Labrada, R., J.C. Caseley y C. Parker. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120. En FAO, Roma
 - Limon L.G. 1984. Mexican agency studies aquatic weeds. Aquaphyte, Fall 1984, p 3.
 - Matthews L.J., B.E. Manson y B.T. Coffey. Longevity of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes* (mart.) Solms) seed in New Zealand. Proceedings 6th Asian-Pacific Weed Science Conference, 1977: 273-277.

- Ospino Zambrano, W., Hernández Cardona, M., Ochoa Ceballos, L., Camilo Cadavid, J., & Pérez, J., & Rodrigue, R. (2011). Determinación del tiempo máximo de absorción del plomo(pb) y cadmio (cd) por macrófitas acuáticas en condiciones de laboratorio. Universidad Autónoma Queretano, 6.
- Perkins B.D. 1972. Potential for water hyacinth management with biological agents. Proceedings Annual Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management. February 1972. pp 53-64.
- Perkins B.D. 1973. Release in the United States of *Neochetina eichhorniae* Warner, an enemy of water hyacinth. Proceedings of the 26th Annual Meeting of the Southern Weed Science Society (U.S.A.). p 368.
- Philipp O., W. Koch y H. Koser 1983. Utilisation and control of water hyacinth in Sudan. GTZ, Dag-Hammarskjold-Weg.
- Pieterse A.H. 1978. The water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) - a review. Abstracts on Tropical Agriculture 4: 9-42.
- Reddy K.R., M. Agami y J.C. Tucker 1989. Influence of nitrogen supply rates on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) plants. Aquatic Botany 36: 33-43.
- Reddy K.R., M. Agami y J.C. Tucker 1990. Influence of phosphorus on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (mart.) Solms) plants. Aquatic Botany 37: 355-365.
- Reddy K.R, M. Agami, E.M. D'Angelo y J.C. Tucker 1991. Influence of potassium on growth and nutrient storage by water hyacinth. Bioresource Technology 37: 79-84.
- Restrepo, J. Camilo. Estado del conocimiento de la fauna en Antioquia. Seminario Región Biodiversa. 1 de noviembre, 2010. CORANTIOQUIA Jardín Botánico de Medellín-Colombia.
- Sculthorpe C.D. 1971. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold, Londres

- Smith L.W., R.E. Williams, M. Shaw y K.R. Green 1984. A water hyacinth eradication campaign in New South Wales, Australia. En: G. Thyagarajan (Ed.). Proceedings International Conference on Water Hyacinth, February 1984, Hyderabad, India. UNEP, Nairobi, pp 925-935.
- W. Ospino, M. Hernández. (2010). Evaluación de la propagación del buchón (*Eichhornia crassipes*) en un sistema artificial con agua residual para producción de bioabono forestal y metano (gei). Antioquia, Colombia.: Scribd. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/54436633/Articulo-Seminario-Internacional-buchon-de-Agua-1-2>.

13. ANEXOS

ANEXO A. PROCEDIMIENTO MATEMATICO PARA EL ANALISIS DE VARIANZA

Ho = no existe diferencia entre los tratamientos

H1 = existe diferencia entre los tratamientos

Si $F_c > F_t$ existe diferencia entre los tratamientos

Si $F_c < F_t$ no existe diferencia entre los tratamientos

1. Factor de corrección

$$FC = \frac{\sum(\text{Observaciones})^2}{r * t} = \frac{(1,601)^2}{3 * 3} = 0,2848$$

2. Suma cuadrado total

$$SCCTOTAL = (0,1176)^2 + (0,1235)^2 + \dots + (0,2171)^2 - FC = 0,015061$$

3. Suma cuadrada de los tratamientos

$$SCTTOS = \frac{(36,31)^2 + (59,25)^2 + (64,54)^2}{3} - FC = 0,015013$$

4. Suma cuadrado del error experimental

$$SCEE = SCTOTAL - SCTTOS = 4,8 * 10^{-5}$$

5. Cuadrado medio de los tratamientos

$$CMTTOS = \frac{SCTTOS}{GLTOS} = \frac{0,0075065}{2} = 0,00375325$$

6. Cuadrado medio del error experimental

$$CMEE = \frac{4,8 * 10^{-5}}{6} = 8 * 10^{-6}$$

7. F calculada

$$F_c = \frac{CMTTOS}{CMEE} = \frac{0,00375325}{8 * 10^{-6}} = 469,15625$$



8. F tabulada

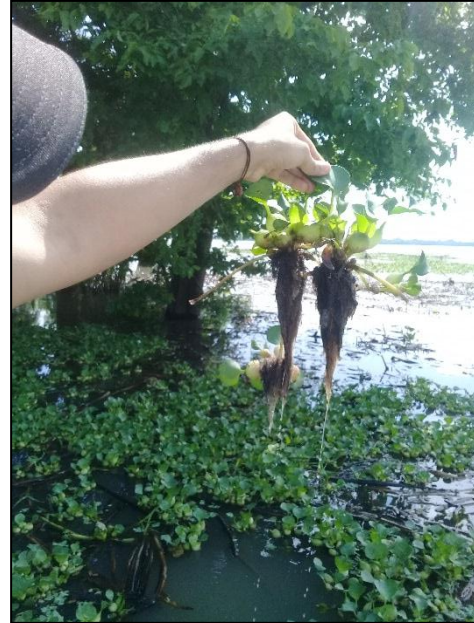
Se busca en la tabla de distribución F de Fisher con los grados de libertad de los tratamientos en eje horizontal y los grados de libertad del error experimental en el eje vertical, a un 95%.

ANEXO B. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	MESES	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDAD 1: OBTENER LA MATERIA PRIMA PRODUCIDA EN LA CIENAGA DE LA ZAPATOSA																									
TAREA 1: RECOPILAR INFORMACION SOBRE LA CIENAGA DE LA ZAPATOSA Y LA TARUYA EN ESTA.																									
SUBTAREA: INVESTIGACION DE LOS PROBLEMAS POR PROLIFERACION DE TARUYA Y BENEFICIOS DE ESTA																									
SUBTAREA: INVESTIGACION DEL ESTADO DE LA CIENAGA																									
TAREA 2: VISITAR Y DELIMITAR EL AREA DE ESTUDIO																									
SUBTAREA: VERIFICAR EL ESTADO DE LA CIENAGA Y LA TARUYA.																									
SUBTAREA: ANALISIS DE LOS DATOS RECONOCIDOS																									

ANEXO C. REGISTRO FOTOGRAFICO



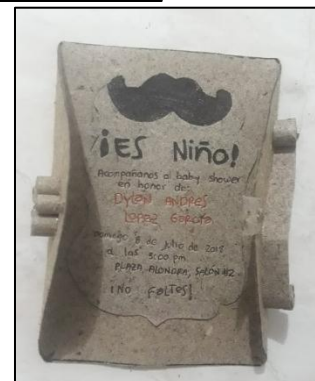
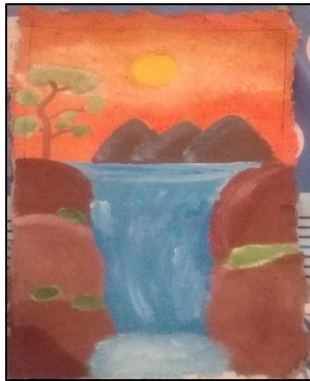






ANEXO D. FICHA TECNICA DEL PAPEL

Nombre del producto: Papel ecológico a partir de biomasa de Taruya 30 x 50 cm



- Papel biodegradable y ecológico.
- Resistencia baja a la humedad.
- Tamaño por hoja de 30 x 40 cm,
- Espesor aproximado de 0,17 cm.
- Resistencia a la tensión

REPETICIONES	RESISTENCIA A LA TENSION (MPa)		
	T1	T2	T3
1	0,1176	0,197	0,2176
2	0,1235	0,1955	0,2117
3	0,122	0,200	0,2161

MODULO DE YOUNG (MPa)		
T1	T2	T3
354.002838	432.774704	440.760861
TEA (J/m ²)		
22,37	27,355	29,811

Posibles usos:

Debido a que es una línea de producción en estudio y en base a los primeros ensayos, se puede pensar que los posibles usos del papel producido sean:

- Para empaque y separadores, para embalaje (transporte y manejo de productos).
- Un producto derivado con similitudes a la cartulina, cartón, cartón paja, entre otros, que puede servir en las actividades de manualidades.
- Como lienzo de calidad baja o media para actividades artísticas.

Recomendaciones:

- Realizar un proceso mayormente industrial donde se tenga en cuenta que la Taruya tiene un fundamento teórico-práctico como materia prima en la producción de papel ecológico, teniendo en cuenta el objetivo de acercar más los resultados a las características de un papel.
- Elaborar una pulpa de papel en la cual se utiliza un 80% de la fibra producida de la Taruya y un 20% de la fibra encontrada en hojas de papel reciclable, que permita mejorar la resistencia y la uniformidad del papel para otros posibles usos.
- Se recomienda usar en un tiempo no mayor a diez meses a partir del despacho de la planta de producción. Mantenerlo bajo condiciones óptimas de almacenamiento como son protegido de la humedad ambiental, de la luz solar y de los cambios fuertes de temperatura. En todo momento conservar el empaque original.
- Revisar el estudio económico de la explotación, limpieza y transporte de la fibra de Taruya, para así establecer si es factible realizar o diseñar una planta de aprovechamiento.