

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES:

NOMBRE(S) EDWIN EULOGIO **APELLIDOS** ANAVE PRIETO

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DIRECTOR:

NOMBRE(S) NELSON ALFONSO **APELLIDOS** VEGA CONTRERAS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES EXTRAÍDOS DE LA SEMILLA DEL FRUTO JOBO (*Spondias Mombin*) EN SU ETAPA FINAL DE MADURACIÓN

RESUMEN. Evaluación de los componentes extraídos de la semilla del jobo (*spondians monbim*) en su etapa final de maduración es un proyecto realizado de forma mecánica y química. Utilizando altas temperaturas y diferentes reacciones químicas para ser llevado a su segundo paso que es el método de secado, en el cual mediante análisis se logra determinar la cantidad de celulosa por medio de porcentajes hallados en gramos de semilla del jobo.

PALABRAS CLAVES: *Spondians monbim*, celulosa, secado por charolas, extracción, método químico

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 53 **PLANOS:** **ILUSTRACIONES:** **CD ROOM:**

EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES EXTRAÍDOS DE LA SEMILLA DEL FRUTO
JOBÓ (*Spondias Mombin*) EN SU ETAPA FINAL DE MADURACIÓN

EDWIN EULOGIO ANAVE PRIETO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES EXTRAÍDOS DE LA SEMILLA DELFRUTO
JOBBO (*Spondias Mombin*) EN SU ETAPA FINAL DE MADURACIÓN

EDWIN EULOGIO ANAVE PRIETO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Director

NELSON ALFONSO VEGA CONTRERAS

Magister

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 17 DE FEBRERO DE 2023

HORA: 10:00 AM

LUGAR: SALA DE JUNTAS PLAN DE ESTUDIO ING. AGROINDUSTRIAL

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TITULO: "EVALUACION DE LOS COMPONENTES EXTRAIDOS DE LA SEMILLA DEL FRUTO
JOBO (SPONDIANS MOMBIN) EN SU ETAPA FINAL DE MADURACION"

MODALIDAD: INVESTIGACIÓN

JURADOS: MARIBEL GOMEZ PEÑARANDA
JOSE ALFREDO GUTIERREZ
ANA MILENA GOMEZ

DIRECTOR: NELSON ALFONSO VEGA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE
EDWIN EULOGIO ANAVE PRIETO

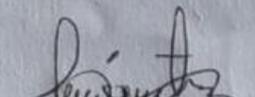
CODIGO
1640813

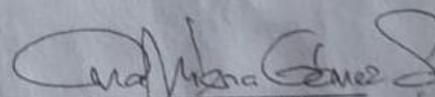
CALIFICACIÓN
4.5

OBSERVACIONES: MERITORIO

FIRMA DE LOS JURADOS:


MARIBEL GOMEZ PEÑARANDA


JOSE ALFREDO GUTIERREZ


ANA MILENA GOMEZ

Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular

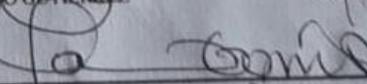

MARIBEL GOMEZ PEÑARANDA

Tabla de contenido

	pág.
Introducción	9
1. Descripción del problema	11
1.1 Título	11
1.2 Planteamiento del problema	11
1.3 Formulación del Problema	12
1.4 Objetivos	12
1.4.1 Objetivo General	12
1.4.2 Objetivos específicos	13
1.5 Justificación	13
1.6 Alcances y Limitaciones	15
1.6.1 Alcances	15
1.6.2 Limitaciones	15
1.7 Delimitaciones	15
1.7.1 Delimitación espacial	15
1.7.2 Delimitación temporal	15
1.7.3 Delimitación Conceptual	16
2. Marco referencial	17
2.1 Antecedentes	17
2.2 Marco Teórico	23
2.3 Marco Contextual	35
2.4 Marco Legal	35

2.5 Marco Conceptual	37
3. Metodología	38
3.1 Tipo de investigación	38
3.2 Población y Muestra	38
3.2.1 Población	38
3.2.2 Muestra	38
3.3 Hipótesis	38
3.4 Variables	39
3.5 Fases De La Investigación	39
3.5.1 Extracción de la fibra de celulosa	39
3.5.2 Blanqueo	40
3.5.3 Contenido de celulosa	40
3.5.4 Rendimiento de fibra de celulosa	40
3.5.5 Rendimiento de pulpa de celulosa	41
4. Resultados y discusiones	42
4.1 Molienda y Secado	42
4.2 Análisis de celulosa	46
5. Conclusiones	50
Referencias	51

Lista de tablas

	pág.
Tabla 1. Lista de sinónimos botánicos de <i>Spondias mombin</i>	25
Tabla 2. Datos del proceso de celulosa obtenido	46
Tabla 3. Datos detergente ácido en fibra (FDA)	49

Lista de figuras

	pág.
Figura 1. Área de distribución natural y naturalizada del jobo, <i>Spondias mombin</i> , en la América Tropical. Las líneas punteadas indican el límite exterior de esa área.	25
Figura 2. Árbol Jobo (<i>Spondia mombin</i>)	27
Figura 3. Hoja del Jobo (<i>Spondia mombin</i>)	28
Figura 4. Flor del Jobo (<i>Spondia mombin</i>)	28
Figura 5. Fruto Jobo (<i>Spondia mombin</i>)	29
Figura 6. Semilla del Jobo (<i>Spondia mombin</i>)	30
Figura 7. Zonificación histológica del endocarpio del fruto maduro	30
Figura 8. Flujograma de procesos	41
Figura 9. Curva de secado	43
Figura 10. Despulpado y secado de <i>Almendras</i>	44
Figura 11. Triturado De <i>Almendras</i>	44
Figura 12. Blanqueamiento y extracción de celulosa	45
Figura 13. Secado de celulosa	45
Figura 14. Peso final obtenido de celulosa	45
Figura 15. Análisis de fibra en detergente ácido	48

Introducción

La industria agrícola es una de las principales fuentes de generación de residuos sólidos, los que están constituidos principalmente por los tallos, raíces, hojas u otras partes de las plantas que no son utilizadas en estos procesos. Los desechos sólidos son los residuos que se generan debido a las actividades humanas, los que generalmente se desechan como inútiles. Se obtienen como un subproducto de las actividades comerciales, industriales o agrícolas, y por lo general son una gran fuente de contaminación, por lo que actualmente se buscan alternativas de usos de estos residuos (Canché Escamilla, De los Santos Hernández, Andrade Canto & Gómez Cruz, 2005)

Como desecho sólido se conoce la pepa del fruto Jobo (*Spondias mombin*), también conocido como jobo, ciruela (en español), hogplum, yellow mombin (en inglés), tapereba y caja (en portugués), es “un árbol forestal común y de tamaño mediano y crece a través del Neotrópico. Produce una fruta amarilla y agria que es consumida por individuos. La madera blanda es de poca importancia comercial” (EcuREd, s.f., párr. 1).

El Jobo (*Spondias mombin*) es nativo de América central y el norte de América del sur principalmente se encuentra en México, Islas centroamericanas, Guatemala, Cuba, Puerto Rico, Brasil, Venezuela, Ecuador, Perú hasta Bolivia. En Colombia se encuentra en los valles del río Magdalena, Cauca, Urabá, Llanos Orientales, Islas de San Andrés y Providencia, Villeta, Útica y Tocaima (Universidad EAFIT, 2018)

La celulosa es un polímero natural sintetizado por las plantas, que se utilizan para producir una gran cantidad de productos industriales de suma importancia para la vida moderna como

materiales farmacéuticos, cosméticos, aditivos alimentarios, plásticos, etc. La mayor parte de la celulosa se obtiene de árboles de crecimiento rápido y es usada para la industria del papel; en este proceso queda como subproducto la lignina. (Moya, Duran & Sibaja, 1992).

Los polímeros naturales son la base de materiales utilizados por la madera, fibras vegetales y la celulosa, se han empleado profundamente y han tenido mucha importancia a lo largo de la historia. Debido a esto la fabricación, uso y eliminación de las fibras sintéticas tradicionales empleadas para el reforzamiento de termoplásticos (generalmente hechas de vidrio, carbón o fibras de aramida), generan bastantes problemas ambientales. Motivo por el cual se acentúa cada vez el uso de fibras naturales, que poseen la ventaja de ser biodegradables, requieren un bajo aporte de energía para su producción, son menos abrasivas, presentan baja densidad y una alta resistencia específica. (Cataño, 2009)

De lo anterior, en el presente proyecto se pretende estudiar un procedimiento idóneo con el objeto de la obtención de las sustancias que se pueden encontrar a partir de la semilla del fruto jobo (*Spondias mombin*), seguido de una adecuada caracterización de la misma, que permita valorar su capacidad en una eventual aplicación a las diferentes industrias existentes y posteriormente sirva para otros estudios

1. Descripción del problema

1.1 Título

Evaluación de los componentes extraídos de la semilla del fruto jobo (*Spondias Mombin*) en su etapa final de maduración

1.2 Planteamiento del problema

Colombia es un país con una gran biodiversidad en la que encontramos frutas que son muy apetecidas por las personas, pues en general forma parte fundamental del consumo diario. Dentro ella resaltamos aquellas de origen cítrico por ser más apetecidas, de igual forma aquellas el que su contenido carnoso es amplio como por ejemplo la manzana, peras, ciruelas duraznos y otras dentro estas encontramos la presencia del El Hobo, Jobo o Yuplon (*Spondias mombin*) es una especie fanerógama de árbol en la familia Anacardiaceae. Es de América tropical, incluyendo las Indias y se encuentra en las áreas tropicales de América, Asia y África, y en Brasil, principalmente en las regiones norte y noreste. Es conocido como cajá o taperebá en Brasil; ciruela amarilla en México y Ecuador; Jobo en América Central y hogplum o mombin amarillo en América del Norte. La fruta es una drupa ovoide pequeña (de 3 a 5 cm de largo) de piel amarilla delgada y sabor agridulce. (Bosco, Soares, Aguiar Filho & Barros, 2000).

Esta fruta, en el departamento Norte de Santander (*Spondias mombin*) es conocido con el nombre típico jobo. La fruta grande tiene una cáscara correosa y una fina capa de pulpa, que puede tanto comerse fresca, o hecha zumo, concentrado, en gelatinas, y otros La semilla posee un contenido graso de 31,5%. (Eromosele & Paschal, 2003). El jobo es una fruta climatérica, esta se

puede madurar rápidamente gracias a un compuesto presente en estas frutas llamada etileno; debido a este compuesto se puede acelerar el proceso de maduración, juntando dos frutas con las mismas propiedades, ya que el etileno de una fruta estimula la maduración de la otra, siendo importante en la utilización de la fruta, después de ser recolectadas. (Pérez Bajaña & Montigue Hurtado, 2017). Actualmente en la región se desaprovechan los subproductos y residuos que se generan de los frutos siendo el caso del jobo (*Spondias Mombin*) una de ellas del cual su semilla es desechada generando así una especie de residuo agroindustrial. Actualmente se ve la oportunidad de aprovechar sus características para realizar la evaluación del fruto y posterior extracción de celulosa buscando de esta forma una aplicación del producto extraído lo que a futuro con llevaría a mitigar la contaminación que pueda generar este fruto en la ciudad.

1.3 Formulación del Problema

¿Al evaluar el fruto del jobo (*Spondias mombin*) mediante metodología apropiada se permitirá obtener unos rendimientos aceptables para llevar a cabo una aplicación de los productos extraídos?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar de los componentes extraídos de la semilla del jobo (*Spondias mombin*) en su etapa final de maduración como aprovechamiento de residuos agroindustriales

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Realizar el proceso operacional de secado y molienda como proceso fundamental para la extracción de los componentes de *Spondias mombin*
- Identificar la presencia de celulosa en la semilla de *Spondias Mombin* como residuo, teniendo en cuenta su composición.
- Aplicar diferentes procesos de extracción (Mecánico y Químico) para la obtención de celulosa en la semilla de *Spondias mombin*.
- Cuantificar el rendimiento de celulosa obtenida en el producto extraído de la semilla de *Spondias mombin*. como aprovechamiento en nuevos productos agroindustriales

1.5 *Justificación*

A nivel internacional el uso del Jobo (*Spondias mombin*) a lo largo de su historia se ha aplicado el fruto artesanalmente en la elaboración de jugos, mermeladas entre otros productos alimenticios, sus hojas, tallos y raíces como infusiones medicinales, en los cuales estudios realizados han demostrado que puede ser usado como inhibidor de corrosión junto a otros componentes investigación hecha por Obi-Egbedi, Obot y Umoren (2012), ansiolítico y antidepresivo por Dos Santos, Costa, Thais, Da Silva, Da Silva, Ribeiro, Tavares (2018) , antiinflamatorio y antioxidante por Cabrala, Siqueiraa, Bitencourtb, Limab y Limac, (2016).

Actualmente en Colombia el árbol del Jobo (*Spondias mombin*) se utiliza comúnmente como poste de cerca viviente, sus hojas se usan como forraje, medicina natural (infusiones, resinas) y el fruto es consumido por individuos. Teniendo en cuenta que por ser un árbol de zonas cálidas y húmedas esta especie es favorable para la región ya que en norte de Santander tiene las condiciones favorables para su evolución.

Por todo lo anterior se pretende en esta investigación proporcionar elementos para conocer la semilla del árbol de jobo (*Spondias mombin*) del que se podría extraer la celulosa por medio de métodos químicos o mecánicos dándole gran importancia a nivel biológico e industrial buscando dar un aprovechamiento a este residuo orgánico que no ha sido tomado en cuenta en la región ya que en la medida que se aprovechen los materiales extraídos se consigue un beneficio ecológico al eliminar una fuente de contaminación la cual se genera por la no utilización de la misma y de esta manera llevarlo a la utilización en diferentes procesos de las industrias dándole un material de valor agregado. El desarrollo de este proyecto se pretende realizar mediante el método a la sosa que el cual se desarrollará en dos etapas; una primera etapa es la extracción de la “fibra de celulosa y su blanqueamiento” y la segunda corresponde a la cuantificación del material obtenido, con lo que se busca cumplir con los objetivos trazados en el proyecto.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances

Con este proyecto se pretende evaluar los componentes de celulosa de la semilla del fruto Jobo (*Spondias mombin*) por medio del proceso de extracción e hidrólisis, que permitan la obtención de un producto y con ella la transformación agroindustrial de la misma.

1.6.2 Limitaciones

El limitante para esta investigación es el tiempo de cosecha y la escasez de la especie en la ciudad.

1.7 Delimitaciones

1.7.1 Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en la Universidad Francisco de Paula Santander en los laboratorios del complejo experimental CamposElíseos ubicado en el kilómetro 4 vías al municipio de los Patios.

1.7.2 Delimitación temporal

El desarrollo del proyecto propuesto está estimado para una duración de 6 meses aproximadamente a partir de la aprobación del anteproyecto.

1.7.3 Delimitación Conceptual

Extracción, celulosa, químico, mecánico, *Spondias mombin*.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Este capítulo aborda investigaciones en el ámbito nacional e internacional con relación al objeto de estudio de esta investigación, se tuvo en cuenta para la búsqueda palabras claves como: Jobo (*Spondia mombin*), extracción de celulosa.

Ámbito Internacional. Se pudo investigar que Internacionalmente en Guayaquil se desarrolló por Perez Bajaña y Montigue Hurtado, (2017) “Análisis Gastronómico del Jobo (*Spondias Mombin*) en el Recinto Petrillo-Cantón Nobol”. Consiste en realizar un análisis gastronómico del jobo (*Spondias Mombin*) ya que es una fruta que no es aprovechada en el ámbito culinario. El jobo es una fruta de forma ovoide que se desarrolla en clima tropical llegando a producirse en diferentes países incluso en África e India. En Ecuador recibe el nombre de ciruela y su cosecha comienza dependiendo de la zona de cultivo empezando de agosto hasta enero o marzo. La metodología que se utilizó fue la observación y la entrevista se recurrió a estos métodos ya que no existen muchos datos de esta fruta en cuando a producción comercialización y lugares de ventas, por eso recurrimos a los productores para que nos dieran la información que requeríamos. En el tercer capítulo con las entrevistas realizadas se puede observar el desconocimiento de las personas en relación a un uso no convencional del jobo, así también están dispuestos a poder aprender sus diferentes usos en la cocina más en la pastelería como mermeladas, helados, tortas y que sean un ingreso económico más en el hogar.

Relacionado con el tema, es el “Estudio fitoquímico, antiinflamatorio y antioxidante potencialde “*Spondias mombin*” corresponde a Cabrala, Siqueiraa, Bitencourtb, Limab y Limac,

(2016). Se desarrolló con el fin de encontrar una posible aplicación para esta especie nativa, se investigaron los efectos antiinflamatorios y antioxidantes. La actividad antiinflamatoria se evaluó utilizando el modelo in vivo de peritonitis inducida por carragenina en ratones. También se evaluó el potencial antioxidante in vitro y la citotoxicidad contra las células de fibroblastos 3T3. A través del análisis del detector de matriz de diodos de cromatografía líquida de alto rendimiento, se desarrolló y validó un método analítico. Permitió la identificación y cuantificación del ácido glucéico y ácido clorogénico en extracto hidroetanólico de hojas de (*Spondias mombin*). Este extracto mostró un efecto antiinflamatorio a 100, 200, 300 y 500 mg / kg, sin embargo, la fracción de acetato de etilo, a 200 mg / kg, mostró los resultados destacados. El ácido elágico y el ácido clorogénico (2,5, 5 y 10 mg / kg) también inhibieron la migración de los leucocitos al sitio de la inflamación. El extracto, las fracciones y los compuestos mostraron un potencial antioxidante significativo cuando se evaluaron en diferentes ensayos. Los resultados mostrados en este trabajo sugieren el potencial antiinflamatorio del extracto foliar de *S. mombin* en el modelo de peritonitis inducido por carragenano, también se observaron propiedades antioxidantes asociadas con la ausencia de citotoxicidad en el cultivo celular. Se requieren estudios adicionales in vivo para confirmar la acción antiinflamatoria de *S. mombin* y sus posibles mecanismos de acción antiinflamatorios.

Seguidamente López Martínez, Bolio López, Veleza, López Martínez, Salgado García y Córdova Sánchez (2016), en Tabasco México se realizó una investigación “Obtención de celulosa a partir de residuos agroindustriales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). El objetivo de este estudio fue la obtención de celulosa a partir de residuos agroindustriales de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). La metodología para la obtención de la celulosa incluyó procedimientos químicos, tales como hidrólisis ácida, cloración, extracción

alcalina y blanqueamiento. El producto final fue caracterizado por Espectroscopia de Infrarrojo (FTIR), Difracción de Rayos-X (XRD) y Estereoscopía. Los patrones de difracción de Rayos-X indican $55\pm 2.2\%$ de cristalinidad, debido a la manera eficiente de disolución de las regiones amorfas (lignina y hemicelulosa) por los tratamientos ácidos. Estos resultados fueron confirmados con los espectros de FTIR. La estereoscopía nos permite observar las dimensiones características de las fibras de celulosa, mostrando una alta relación de aspecto ($l=d$) para actuar como refuerzo en materiales compuestos, evidenciando el potencial de los desechos agroindustriales de la caña de azúcar como una fuente para la obtención de celulosa.

Siguiendo con estudios Internacionales, Moya, Duran y Sibaja (1992) “Obtención de lignina y celulosa de residuos de maíz”, en Costa Rica. El objetivo de este estudio fue mediante un método de pulpeo sencillo se obtuvo la lignina y la celulosa de tusa y olote de maíz con buenos rendimientos. Los estudios de termo gravimetría mostraron que estas ligninas son térmicamente menos estables que la lignina kraft de maderas suaves. Por medio de varios métodos se determinó que las celulosas de desechos de maíz son menos cristalinas que la celulosa Avicel de la casa Merck.

Otro trabajo interesante en África, corresponde a Duvall (2006) “Sobre el origen del árbol (*Spondias mombin* L) en África”. Este artículo examina la evidencia para el origen del árbol *Spondias mombin* en África, en el que se describe generalmente como una presentación de los Neotrópicos. Basado en la evidencia biogeográfica, ecológica e histórica, este documento sostiene que el árbol llegó a África a través de la dispersión natural de larga distancia, y debe ser considerada como una planta nativa de África. La idea de que se introduce apareció en 1868, cuando era una científicamente justificable conclusión reflectante las limitaciones del

conocimiento biogeográfico del siglo XIX. Autores recientes continúan describiendo *Spondias mombin* como se introdujo porque no hay suficientemente los contextos históricos de fuentes primarias y secundarias sobre la introducción de plantas neotropicales en África. Este documento concluye que el papel humano en la creación de la parte africana de la trata transatlántica de la flora tropical se ha exagerado. La dispersión natural de la planta a través del Atlántico puede ser más frecuente de lo que generalmente es aceptada.

Según Hauck Tibursk, Rosenthal, Deliza, de Oliveira Godoy y Pacheco, (2011) en Brasil se llevó a cabo una investigación llamada “Propiedades nutricionales de *S. mombin* amarillo (*Spondias mombin* L.) De pulpa”. El ánimo de este trabajo fue para evaluar la composición centesimal, contenido de minerales, fenoles totales, actividad antioxidante, y caracterizar los carotenoides de la pulpa congelada jobo. Los resultados indicaron que la pulpa mombin amarillo contenía una cantidad importante de potasio y cobre. La actividad antioxidante y los valores fenólicos totales obtuvieron 17,5 mol TEAC g⁻¹ y 260 mg de ácido gálico / 100 g, respectivamente, mayores que los reportados para otras frutas. Cinco carotenoides se identificaron, β -criptoxantina, luteína, zeinoxanthin, α y β caroteno, siendo β -criptoxantina el más importante, lo que representa el alto nivel de pro-actividad de vitamina A en la pulpa. Una porción de 100 g de pulpa mombin amarillo puede proporcionar más de 37% de la cantidad diaria recomendada de vitamina A.

Otra investigación corresponde a Obi-Egbedi, Obot, & Umoren, (2012) en Nigeria “*Spondias mombin* L. como inhibidor de la corrosión verde para aluminio en ácido sulfúrico: correlación entre el efecto inhibidor y las propiedades electrónicas de extraer los componentes principales usando la teoría funcional de densidad”. Fue investigado utilizando la técnica gravimétrica

estándar a 30-60 C. La tendencia de la inhibición eficiencia con la temperatura se utiliza para proponer el mecanismo de inhibición. Se encontró que la *S. mombin*. Extracto actúa como un inhibidor para la corrosión inducida por ácido de aluminio. La Inhibición del extracto aumentó con un aumento en la concentración de la *S. mombin* L. al extraer; pero disminuyó con la temperatura. Además, la inhibición) aumento sinérgico de la adición de yoduro de potasio. Características de adsorción de inhibidor fueron aproximados por isoterma de adsorción a todas las concentraciones y temperaturas estudiadas. El mecanismo de la adsorción física se propone de la tendencia de la inhibición eficiencia con la temperatura y de los valores calculados de energía libre de Gibbs, energía de activación y el calor de adsorción. Cálculos químicos cuánticos se realizaron utilizando la teoría funcional de la densidad en B3LYP / 6-31G (d) nivel de la teoría de encontrar a cabo si existe un vínculo claro entre el efecto inhibidor del extracto y las propiedades electrónicas de sus principales constituyentes.

En Brasil se desarrolló una investigación por Dos Santos Sampaio, y otros,(2018) “Hojas de *Spondias mombin*. Un ansiolítico tradicional y antidepresivo: Evaluación farmacológica del pez cebra (*Danio rerio*). El extracto hidroetanólico de hojas de *S. mombin* (HELSm) se evaluó por administración oral (25 mg / kg) y por inmersión (25 mg / l) en la prueba de scototaxis en pez cebra (*Danio rerio*). Para este estudio, se usaron cafeína (100 mg / kg) y buspirona (25 mg / kg) como fármacos estándar. La acción antidepresiva de la HELSm fue evaluado en la nueva prueba de buceo en tanque (NTDT). En este estudio, un grupo con 1% de etanol, uno con estrés leve crónico impredecible (UCMS), y otro con el desarrollo, el aislamiento social (DSI) fueron utilizado como grupos de inducción para el comportamiento similar a la depresión y la fluoxetina (20 mg / kg) como un patrón de drogas. Resultados: mediante el análisis de huellas dactilares HPLC-UV, el HELSm presentó varios derivados de compuestos polifenólicos y flavonoides e identificados

ácido elálgico e isoquercitrina, y por cromatografía de gases, la mayoría de los compuestos identificados fueron ácidos grasos, ésteres y alcoholes. Por inmersión, el LC50 fue de 49.86 mg / l y por vía oral a través de la LD50 en 48 h, fue de 4.515 g / kg en el pez cebra. Para todas las variables espaciotemporales y de comportamiento (tiempo transcurrido, compartimiento blanco, latencia, alternar, natación errática, duración de congelación, tigmotaxis y riesgo evaluación), el tratamiento con HELSm produjo un efecto similar a la bupirona y fue significativo en comparación a la cafeína y al grupo de control ($p < 0.01$, prueba de Tukey-Kramer). Para todos los espaciotemporales y conductuales variables evaluadas (tiempo pasado en la parte superior del aparato, cuadrantes cruzados, natación errática y duración de congelación), el tratamiento con HELSm produjo un cambio en el comportamiento similar a la depresión en los grupos evaluados, con un efecto similar a la fluoxetina, ambos con una diferencia significativa en comparación con los grupos de control ($p < 0,01$). Conclusiones: nuestros resultados sugieren que la administración aguda de HELSm en la escototaxis y las pruebas NTDT en un modelo de pez cebra (*Danio rerio*) produjo efectos ansiolíticos y antidepresivos, sin hipnótico y sedante acciones por inmersión, y esta acción se mejoró cuando se administra por vía oral. Posiblemente, la presencia de La isoquercitrina en las hojas de *Spondias mombin* participa en los efectos ansiolíticos y antidepresivos.

Ámbito Nacional. Cataño (2009) Desarrollaron la “Obtención y caracterización de nanofibras de celulosa a partir de desechos agroindustriales” en Medellín. En este trabajo se aislaron y caracterizaron fibras de celulosa a partir del bagazo de la caña de azúcar por medio de tratamientos químicos y mecánicos aplicados sobre dicho residuo agroindustrial. En primer lugar, se llevó a cabo una hidrólisis ácida con una solución de ácido acético-ácido nítrico donde se removió gran parte de la lignina y hemicelulosa presente en la muestra, y posteriormente se

realizó un tratamiento alcalino con hidróxido de sodio que permitió obtener la celulosa. Finalmente, la muestra tratada químicamente se congeló en nitrógeno líquido y se sometió a impacto mecánico con el fin de individualizar las fibras de celulosa, que fueron caracterizadas textural y estructuralmente para valorar su capacidad en una eventual aplicación en el reforzamiento de compuestos termoplásticos.

García Muñoz y Riaño Luna (1999) Desarrollaron “Extracción de celulosa a partir de la borra de café”. Se caracterizó químicamente la borra de café, subproducto de la extracción del colorante contenido en la misma. La digestión de esta materia decolorada produjo pulpas con alto contenido de celulosa que pueden ser utilizadas en la fabricación de papel o en industrias de derivados de celulosa, entre otras. El proceso se optimizó con base en la caracterización inicial de la borra, los rendimientos de extracción, las condiciones de operación del proceso y la calidad de la pulpa, la cual presentó un contenido de 8,72% de lignina, 85,75% de α -celulosa y 0,44% de sustancias que pudieron extraerse mediante alcohol: benceno. Las condiciones de trabajo fueron: 22% de sulfidez, 9 atmósferas de presión y 3 horas de digestión. Se ajustaron las superficies de respuesta de forma cuadrática que rigen los procesos de extracción con alcohol: benceno, separación de lignina, separación de α -celulosa y el rendimiento de la digestión. Se purificaron las pulpas hasta un 95% en contenido de α -celulosa con una secuencia de blanqueo Cloro-Extracción-Hipoclorito y una eficiencia del 86%.

2.2 Marco Teórico

Definición Jobo (*Spondias mombin*). El nombre natural de esta especie fue probablemente cozticxocotl. Fue descubierta en América central y se encuentra en zonas desde el sur El nombre

natural de esta especie fue probablemente cozticxocotl. Fue descubierta en América central y se encuentra en zonas desde el sur de México, Centroamérica, Suramérica, las Antillas. Es una fruta que se la consume por lo general cruda como sus variantes. Se le llama también ciruela de monte o ciruela de puerco debido a que es un árbol silvestre, las frutas caían a tierra y cerdos se alimentaban de ella. (Perez Bajaña & Montigue Hurtado, 2017)

El área de distribución natural del jobo se extiende a lo largo tanto de la costa del Pacífico como la del Golfo de México en el centro de México, hacia el sur a través de la América Central, incluyendo las Indias Occidentales, hasta Ecuador, la Cuenca Amazónica en Brasil, y Perú (fig. 1), cubriendo aproximadamente desde la latitud 25° hasta la 10° S. Parte de esta área, en particular algunas de las islas de las Antillas, puede constituir un área de naturalización. Sin embargo, ha estado presente en las Indias Occidentales por mucho tiempo, posiblemente desde los tiempos precolombinos. La especie se ha naturalizado también extensamente en África y en otras áreas tropicales y se le planta de manera extensa. (Francis, 1992)



Figura 1. Área de distribución natural y naturalizada del jobo, *Spondias mombin*, en la América Tropical. Las líneas punteadas indican el límite exterior de esa área. Fuente: Francis (1992, pág. 354)

Su nombre científico es *Spondias Mombin* tiene otros sinónimos como *Spondias purpureas*, *Spondias cirouella* y *Spondias cythera* su división es de las Magnoliophyta. Pertenece a la familia de las Anacardiaceae del género *Spondias* especie *Spondias*. Se la conoce también con los siguientes apelativos: Hog plum (Indias occidentales), Yellow Mombin (Norteamérica), Taperebá, cajá (Brasil), Ciruela (México), Jobo, ciruela de puerco (Ecuador, Perú), Jobo colorado (Colombia) (Perez Bajaña & Montigue Hurtado, 2017)

Tabla 1. Lista de sinónimos botánicos de *Spondias mombin*

Nº	Nombre científico	Descriptor
1	<i>Spondias aurantiaca</i>	Thoen. & Schum.
2	<i>Spondias axilaris</i>	Roxb.
3	<i>Spondias brasiliensis</i>	M.
4	<i>Spondias cythera</i>	Tussac.
5	<i>Spondias dubia</i>	A. Rich.
6	<i>Spondias graveolens</i>	Macf
7	<i>Spondias lucida</i>	Salisb.
8	<i>Spondias lutea</i> L. var. <i>glabra</i>	Engler
9	<i>Spondias lutea</i> L. var. <i>maxima</i>	Engler
10	<i>Spondias myrobalanus</i>	Linneo
11	<i>Spondias nigriscens</i>	Pittier
12	<i>Spondias oghigee</i>	G. Don.
13	<i>Spondias pseudomyrobalanus</i>	Tussac.
14	<i>Spondias purpurea</i> L. var. <i>venulosa</i>	Engler
15	<i>Spondias radlkoferi</i>	J. D. Smith
16	<i>Spondias venulosa</i>	(Engler) Engler
17	<i>Spondias zansee</i>	G. Don

Nota: Fuente: (Justiniano, Fredericksen, & Nash G., 2001)

Suelos y topografía. El jobo crece tanto en sitios elevados como bajos, y en una gran variedad de suelos. Los órdenes de suelo en los que crece aparentemente más importantes son los Oxisoles,

Ultisoles e Inceptisoles. El pH del suelo puede variar desde tan bajo como 5.0 hasta arriba de 7.0. La especie también tolera suelos que tienen una concentración moderadamente baja de nutrientes y que son hasta cierto punto compactos. La especie coloniza suelos desde arenas hasta arcillas; el drenaje del suelo puede variar desde un cierto exceso de drenaje (arenoso o rocoso) hasta una cierta falta de drenaje (arcilloso por lo general). En los llanos inundables de la Cuenca Amazónica, los árboles pueden soportar el empantanamiento de los suelos por 2 a 3 meses por año.

Clima. A pesar de que llueve en cada mes en ciertas áreas, en la mayoría de su área de distribución existe una estación seca de 1 a 5 meses de duración. El jobo crece en el bosque Alisio de Venezuela, que recibe una precipitación anual promedio de 1,000 a 2,000 mm y tiene una temperatura anual promedio que varía entre 23 y 28 °C (21). En Brasil, la especie se puede encontrar por lo general creciendo en áreas con una precipitación anual de 1500 mm o más (13). En Puerto Rico, el jobo crece en bosques que reciben una precipitación anual de 1250 a 2000 mm (observación personal del autor). También crece en áreas secas como una especie ribereña.

Reproducción. El árbol frecuentemente se propaga mediante la colocación de estacas grandes de las ramas, de 50 cm a 1 metro de largo en suelo húmedo y se entierran hasta 30cms de profundidad insertadas verticalmente hasta la mitad, en la estación seca. La distancia de siembra es de 8 a 10 metros de un árbol al otro. Los arboles con menos años retoñan bien, y los árboles con mayor antigüedad a veces retoñan después de ser cortados.

Características generales del Jobo. Es un árbol de copa ancha que alcanza de 4 a 8 m. de altura. Tiene una amplia copa muy extendida es un árbol o arbusto caducifolio de tronco corto e irregular que se ramifica desde 1 m de altura, alcanzando 80 centímetros de diámetro. Las ramas

son gruesas, retorcidas incluyendo otras frágiles y quebradizas (vidriosas o volubles). (Perez Bajaña & Montigue Hurtado, 2017). Ver figura 2



Figura 2. Árbol Jobo (*Spondia mombin*).Fuente: Propia

Las Hojas tienen de 7 a 22 cm. de largo y de 4 a 12 cm. de ancho, están compuestas de 5 a 12 pares de folíolos elípticos de color púrpura cuando jóvenes y verdes cuando maduran, que caen antes de la floración. Las hojas además son alternas, pintadas de color verde amarillento.¹⁹ ver figura 3.



Figura 3. Hoja del Jobo (*Spondia mombin*).Fuente: Propia

Las flores en general son rojas, rosadas y en algunas variedades son blancas (masculinas, femeninas y hermafroditas) de aproximadamente 0.63 cm con un cáliz diminuto de 5 lóbulos y 5 pétalos. Se agrupan en panículas de 3-5 cm. finamente vellosas, situadas a lo largo de las ramillas más pequeñas. Ver figura 4.



Figura 4. Flor del Jobo (*Spondia mombin*). Fuente: biogeodb.stri.si.edu

El Fruto pertenece al género Spondias, la forma, color y sabor de los frutos varía de acuerdo a la variedad, desde amarillo pasando por el rojo hasta el púrpura. La pulpa es amarilla algo ácida y astringente, jugosa y de agradable aroma. La ciruela de huesito es rica en vitamina C, tiene un fruto de sabor agradable que se come al natural o en mazamorra, mermelada, helados, natilla y vino. En mermelada esta fruta tiene un sabor parecido al de la ciruela común europea. Las semillas “El endocarpio (pepa) ocupa la mayor parte del fruto, es un cuerpo duro como madera, constituido por fibras entre las que se hallan los restos de semillas mal formadas en forma de escama. Ver figura 5.



Figura 5. Fruto Jobo (*Spondia mombin*). Fuente: Propia

El endocarpio es la parte más característica de la drupa, de los frutos de las especies del género Spondias. Sin embargo, no existe uniformidad en el uso de este término, el endocarpio es el conjunto de los derivados del meristemo adaxial, es decir, la masa dura, lignificada, que rodea los lóculos y el parénquima en que se distribuyen la, "fibras", originado a partir del mesofilo de la hoja carpelar. Ver figura 6.



Figura 6. Semilla del Jobo (*Spondia mombin*). Fuente: Propia

A este conjunto se le denomina comúnmente "pepa". Distingue entre endocarpio y el mesocarpio donde se localizan las "fibras" del endocarpio. La estructura histológica del endocarpio es compleja, ya que está formado por tres tipos de células: fibras, esclereidas, parénquima; incluye además la epidermis interna y los haces conductores.

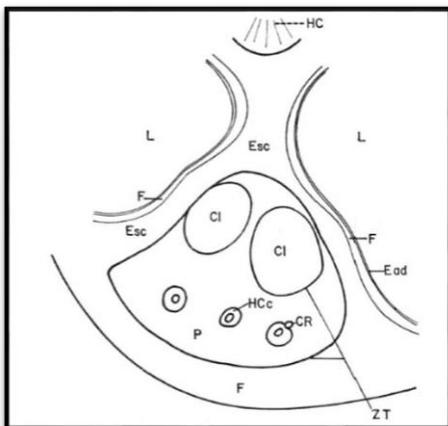


Figura 7. Zonificación histológica del endocarpio del fruto maduro. Fuente: (De Lozano, 1986)

HC = haz conductor, L = lóculo, Esc = esclereidas, F = fibras, CL = cavidad lisígena, Ead = epidermis adaxial, HCc = haz conductor colateral, P = parénquima, Zt = zona de taninos. X 32.

Constituyentes de las fibras. Los materiales vegetales están compuestos principalmente por: celulosa, hemicelulosa y lignina (figura 7). Esta última, principalmente se encuentra en la pared primaria y capa intercelular y algo en la pared secundaria. En general, puede decirse que la capa intercelular, que es la capa formada entre las paredes primarias vecinas de la celulosa, consiste principalmente de lignina y hemicelulosa, la pared secundaria de la celulosa con algo de hemicelulosa y pequeñas cantidades de lignina.

Las cadenas celulósicas y hemicelulosicas se encuentran unidas entre sí en el seno de los filamentos celulósicos constituyentes de las fibrillas elementales mediante fuerzas atractivas internas a través de los grupos funcionales hidroxilo y carboxilo de las macromoléculas de celulosa y las hemicelulosas. (Cataño, 2009)

Celulosa. La celulosa es el principal componente de las paredes celulares de las plantas, es un polisacárido $(C_6H_{10}O_5)_n$ formados por moléculas de cadenas lineales de β (1,4)- D-glucopiranosas, que tienden a formar microfibras con diámetros que van de valores de 1 a 2 y de 4 a 10 nanómetros y con longitudes de 25nm. Aparentemente el diámetro de las microfibrillas de celulosa depende del contenido de agua de la porción que sea examinada. Es el polímero más abundante de la naturaleza, además es utilizado como materia prima en industrias de madera, papel y textil. La celulosa se encuentra en la naturaleza como material de sostén en árboles, arbustos, hierbas entre otras. A estas se les llama celulosas nativas. A su vez la hemicelulosa se une a la

lignina por medio de enlaces cruzados. (Jiménez Muñoz, Prieto García, Prieto Méndez, Acevedo Sandoval, & Rodríguez Laguna, 2017).

La celulosa es también un polímero de glucosa de características similares a la amilosa del almidón (la fracción no ramificada). Sin embargo, la celulosa es radicalmente diferente de la amilosa en muchas de sus propiedades claves:

- Es insoluble, retiene poca agua.
- Forma fibrillas rectas, a diferencia de las espirales que forma la amilosa.
- No se hidroliza con la maltasa
- No es digestible por los mamíferos.

Todas estas diferencias respecto de la amilosa se deben a un único cambio químico: el anómero de glucosa que constituye la celulosa está en posición beta, a diferencia de lo que ocurre con la amilosa. (Cataño, 2009)

Proceso productivo de la celulosa. Existen básicamente dos tipos de procesos productivos de celulosa, el mecánico y el químico. El proceso mecánico se caracteriza por que el producto es triturado físicamente, y además, es sometida a altas temperaturas y presiones. Este proceso solo se utiliza fibra larga. En el proceso químico, que se denomina Kraft, se agrega el uso de diversas

sustancias químicas para disolver la lignina contenida lo que permite el blanqueo del producto. (Luraschi, 2005).

Celulosa Mecánica. La celulosa mecánica se obtiene a partir de un proceso en el cual la madera, una vez molida y triturada, se somete a altas presiones y a una temperatura de unos 140 °C, que es la temperatura de transición vítrea de la lignina. Este proceso requiere un elevado consumo de energía, 1600 kW-h/Tm producidas. La celulosa mecánica se caracteriza por su alto rendimiento, normalmente entre un 85% y un 95%. Esto significa que en el producto final (fibras de celulosa) queda de un 85 a un 95% del material original (madera). Un inconveniente que deriva de este hecho es que la lignina remanente en el producto es susceptible de oxidarse, generando el color amarillo que caracteriza a los diarios viejos. Los principales usos de estas celulosas son la fabricación de papel para periódicos y papeles para impresión y escritura de menor calidad. Esta celulosa es menos resistente que la química, no por la presencia de la lignina remanente, sino porque las fibras en ella contenida se han cortado en el proceso de fabricación. A nivel mundial, del total de 300 millones de toneladas de celulosas producidas, cerca de un 76% correspondieron a celulosas químicas y sólo un 24% a celulosas mecánicas. (Sanz Tejedor, 2015)

Celulosa Química. En el proceso de producción de celulosa química la mayor parte de la lignina se remueve por disolución con agentes químicos, evitando que el papel final se vuelva amarillo por oxidación de la lignina. Para eliminar la lignina se realiza un proceso de cocción química de las (astillas) a altas temperaturas y presiones. Dependiendo de los compuestos químicos (lejías) usados en la cocción, existen celulosas químicas kraft o al sulfato y celulosas al sulfito. Actualmente la producción de pasta de celulosa al sulfato es la más utilizada a nivel mundial. El

proceso al sulfito requiere un medio ácido y es muy contaminante, por lo que prácticamente no se utiliza en la actualidad.

Proceso de fabricación de la celulosa. Las astillas procedentes de la trituración, donde se impregna con vapor de agua para eliminar su contenido de aire (vaso impregnador de alta presión). Es en esta etapa donde comienza a agregarse una disolución acuosa de sosa (NaOH) y sulfuro de sodio (Na₂S) denominada licor blanco o lejía blanca. Esta mezcla se introduce en el digestor continuo que es como una gran olla a presión con forma de cilindro, dentro del cual las astillas se someten a cocción con la lejía blanca. El rango de temperatura de cocción varía entre 130 y 170 °C, siendo más alta en la etapa inicial (parte superior del digestor).

Continuamente, a través de las diversas secciones del digestor, se agregan y se retiran líquidos de cocción. A medida que la mezcla de astillas va descendiendo dentro del cilindro, se van liberando las fibras de celulosa y se forma una pasta compuesta por fibras de celulosas y lejía negra que es una mezcla de licor blanco y lignina disuelta. Terminada la cocción la pasta obtenida se separa de la lejía residual, que se dirige al horno de recuperación.

La pasta de celulosa obtenida se somete a una etapa de lavado a altas temperaturas dentro del digestor, en el cual flujos a contracorriente de agua van eliminando el licor negro de la pasta. La operación de lavado es crítica, ya que un lavado ineficaz deja en la pasta restos de lejías negras que consumirán más reactivos en la etapa posterior de blanqueo. Además, una buena eficacia en el lavado permite recuperar más reactivos de cocción, y disminuye la cantidad de estos que es necesario introducir en el sistema para mantener constante su concentración a lo largo del tiempo en cada ciclo de cocción. Se puede lograr una eficacia del 99% en la etapa de lavado. Este es un

procedimiento muy eficaz si bien presenta la desventaja de los malos olores producidos por la emisión de tioles y sulfuros. La pulpa que se obtiene es muy blanca. El agua del proceso contiene SO_2 y un pH entre 8 y 9. La celulosa química, así obtenida, se caracteriza por tener un bajo porcentaje de lignina y por su resistencia, ya que las fibras de celulosa quedan intactas, son fáciles de blanquear y poco propensas a perder sus cualidades en el tiempo. El rendimiento del proceso es bajo ya que sólo entre un 40 y un 60% del material original (madera) queda retenido en el producto final (fibras de celulosa).

2.3 Marco Contextual

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en la Universidad Francisco de Paula Santander en los laboratorios del complejo experimental Campos Elíseos ubicado en el municipio de los Patios. Los patios es un municipio colombiano, ubicado en la región oriental del departamento de Norte de Santander, en las coordenadas $7^{\circ}50'17''\text{N}$ $72^{\circ}50'47''\text{O}$ y a una altura de 410 msnm. Su clima es cálido, su temperatura promedio es de 27°C y hace parte del área Metropolitana de Cúcuta.

2.4 Marco Legal

La siguiente normatividad es el soporte legal de este proyecto de investigación.

Tabla 2. Normatividad del proyecto

NORMA	DESCRIPCIÓN
NTC 6019 Del 2015	Etiquetas ambientales tipo I. sello ambiental colombiano (SAC). Criterios ambientales para pulpa, papel y cartón y productos derivados. Esta norma especifica los requisitos ambientales para pulpa, papel, y productos derivados.
ISO 2470 DE 2016	Norma del blanqueo de celulosa. Papel, cartón y pastas. Medición del factor de reflectancia azul difuso. Parte 1: condiciones de luz diurna interior (brillo ISO). Está limitado en su alcance a las pulpas, papeles y cartones blancos y casi blancos.
NTC 5131 DE 2011	Etiquetas ambientales tipo I. sello ambiental colombiano. Criterios para productos limpiadores, institucionales, industriales y para uso doméstico. Esta norma se basa en los principios fundamentales de la norma NTC 14024 “etiquetas y declaraciones ambientales. Principios y procedimientos”
NTC ISO 6865	Hace referencia al Análisis de la fibra cruda (FC) en el pienso, describe un procedimiento analítico basado en el método de crisol o Fibertec
NTC ISO 13906	Hace referencia al análisis de fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA) en el pienso, describe un procedimiento analítico basado en el método de crisol o Fibertec.
NTC ISO 16472	Hace referencia al análisis de fibra detergente neutra (FDN) en el pienso, describe un procedimiento analítico basado en el método de crisol o Fibertec

2.5 Marco Conceptual

Celulosa: la celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales en plantas, madera y fibras naturales, y se encuentra combinada, generalmente con sustancias como la lignina, hemicelulosa, pectinas y ácidos grasos.

Extracción: la extracción separa la lignina de la celulosa para que esta quede como producto final. Esto se logra mediante hidrolisis en condiciones de mayor temperatura, con uso de productos químicos y con gran consumo de energía.

Residuos: los residuos son todos los desechos que producimos en nuestras actividades diarias, y de los que nos tenemos que desprender porque han perdido su valor o su utilidad.

Drupa: es un fruto simple de mesocarpo carnoso, coriáceo o fibroso que rodea un endocarpo leñoso.

Semilla: grano contenido en el interior del fruto de una planta y que, puesto en las condiciones adecuadas, germina y da origen a una nueva planta de la misma especie.

3. Metodología

3.1 Tipo de investigación

El desarrollo de esta investigación será de tipo cuasi experimental en la cual solo se tendrá en cuenta una de las variables del proceso, para ellos se seguirá la metodología propuesta por Jiménez Muñoz y otros (2017).

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población a trabajar estará conformada por la semilla del fruto jobo (*Spondia mombin*) el cual se encuentra ubicado en algunas zonas de la ciudad de Cúcuta, Departamento Norte De Santander.

3.2.2 Muestra

La muestra estará conformada por 5 Kg de semilla del fruto tipo drupa del árbol Jobo (*Spondia mombin*) recolectada en época de cosecha de los árboles presentes en la sedede campos elíseos Universidad Francisco de Paula Santander.

3.3 Hipótesis

Ha: Será posible la extracción de celulosa de la semilla de drupa del Jobo (*Spondia mombin*)

Ho: No será posible la extracción de la celulosa de la semilla del Jobo (*Spondia mombin*)

3.4 Variables

Las variables a tener en cuenta en el proceso de extracción de celulosa son: pH, temperatura, grado de refinado, condiciones de secado y reactivos.

3.5 Fases De La Investigación

El desarrollo de esta investigación se realizará siguiendo la metodología propuesta por (Cazaurang et al., 1990):

3.5.1 Extracción de la fibra de celulosa

40 g de drupa se tratarán con hidróxido de sodio (NaOH, meyer) al 10% para eliminar ceras, pectinas y resinas. Seguidamente se realizará una cocción en un vaso precipitado de 1000 ml y se coloca a calentar en una plancha. Una vez que se observe la primera burbuja dejar calentar por 10 minutos a 90°C, posteriormente se deja en reposo por 20 minutos para enfriar y lavar con agua corriente; después se enjuaga con agua purificada (pH 7) para posteriormente desfibrar manualmente. Enseguida se seca en una estufa de aire forzado a 65°C y se deja reposar 12 horas. El proceso se realizará por duplicado para contar con suficiente fibra de celulosa para la etapa posterior.

3.5.2 Blanqueo

20 gr de fibra de celulosa se someterán a una hidrólisis ácida con H_2SO_4 JT Barkeral 0.4%. Una vez que hierva la solución se procede a contar un determinado tiempo de reacción se deja reposar 10 minutos para enfriar y lavar con agua purificada hasta llegar a un pH de 7. Luego se llevará a cabo una cloración con NaClO_2 al 3.5%. En seguida se realizará un baño maría en una plancha a 95°C . Después se realizarán lavados con agua purificada hasta llegar a un pH neutro, una extracción alcalina con NaOH al 20% con agitación constante en un agitador magnético por una hora, seguido de lavados con agua purificada, hasta llegar a un pH de 7 blanqueo con NaClO_2 al 0.5% homogeneizando la muestra con un agitador magnético en un lapso de una hora.

3.5.3 Contenido de celulosa

Se refiere a la cantidad de pulpa de celulosa extraída de las muestras de paja.

3.5.4 Rendimiento de fibra de celulosa

Se refiere al porcentaje de fibra recuperada después de la extracción con hidróxido de sodio y para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación

$$\text{Rendimiento de fibra de celulosa \%} = (X/P) 100$$

Donde X es la cantidad de fibra de celulosa (g), y P la cantidad de paja seca (g)

3.5.5 Rendimiento de pulpa de celulosa

Se refiere al porcentaje de pulpa de celulosa recuperada después del blanqueo; su cálculo se utiliza la siguiente ecuación

$$\text{Rendimiento de celulosa (\%)} = (C/Z) * 100$$

Donde C es la cantidad de pulpa de celulosa extraída (g), y Z cantidad de fibra de celulosa (g)

La metodología está basada en el siguiente proceso:



Figura 8. Flujograma de procesos

4. Resultados y discusiones

En la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados en cada una de las siguientes fases:

4.1 Molienda y Secado

Se recogieron 2.5 kg de fruto *Spondian Mombin*. del cual se realizó la extracción de la semilla retirando la pulpa del fruto, posteriormente se realizaron dos secados con el fin de realizar una doble comparación y determinar el más efectivo para retirar la humedad de la almendra un secado a una temperatura ambiente por 10 días utilizando el sol como fuente principal de ello.

Para lo cual la reducción de la humedad solo fue del 40% equivalente al 1.0 kg del fruto esto debido a la humedad presente en el fruto, por lo que el tiempo de secado se debió prolongar

Un segundo secado por charolas por el método de la curva característica de secado siguiendo la metodología planteada por López 2016, para lo cual se utilizó un secador de charolas, modelo PS-ECE-001/PE y serie GEN-0412-237, a una temperatura de 50°C, por un tiempo de 140 minutos buscando reducir la humedad. Ver figura 9.

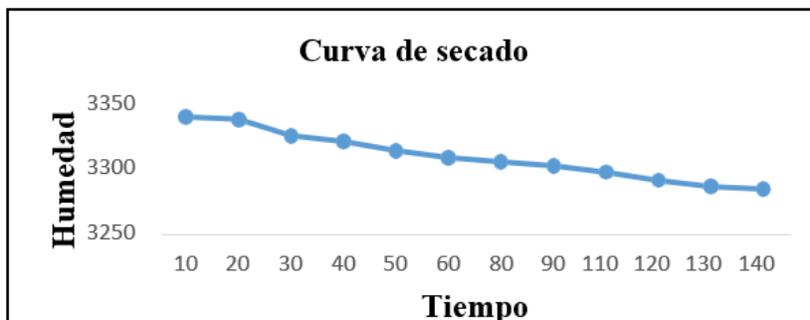


Figura 9. Curva de secado

Evidenciando que en los primeros 10 minutos la masa se mantiene constante y al transcurrir el tiempo se observándose descenso de la humedad, hasta obtener una masa constante, reduciendo la humedad para así proceder al proceso de extracción. Figura 10. En este proceso entraron 1150,8 g de almendra y se obtuvo 942,5 g de almendra seca, lo que representa un 81,9% en materia seca, indicando que en el proceso de secado se presenta una pérdida significativa de masa por disminución de humedad. Terminado el secado, la almendra se sometió a molienda para su respectiva reducción de tamaño en un molino manual, proceso en la que entraron 942.5 g almendra obteniéndose un 97% de rendimiento saliendo del proceso 914,2 g de almendra seca con un porcentaje de humedad de 6 %, Se procedió a tamizar para establecer los tamaños de partícula de la almendra en un tamiz Analysette 18 Heavy Duty slere Shater, con un diámetro de 0,5 mm, obteniendo un 99% de rendimiento, del proceso con tamaños de partícula de 0,600 μm y 1,18 mm, respectivamente.



Figura 10. Despulpado y secado de Almendras

Posteriormente se hizo un proceso de trituración y molienda utilizando un molino manual de granos donde se molieron 30gr de muestra de semilla de *Spondian mombin.*, Ver figura 11.



Figura 11. Triturado De Almendras

Extracción de la celulosa

En este proceso de la investigación la fibra obtenida por la molienda fue sometida a procesos físicos y químicos para así eliminar presencia de ceras pectinas y resinas. Se realizó un proceso de hidrolisis acida obteniéndose un pH neutro posterior a los lavados realizados, se realizó la extracción de fibra de celulosa aplicando NaOH, formándose una sustancia de color marrón “celulosa” Ver figura 12.



Figura 12. Blanqueamiento y extracción de celulosa

Posterior a ello la muestra fue sometido a una estufa de aire con temperatura de 64°C. durante un tiempo de 6 hrs.



Figura 13. Secado de celulosa

Finalmente se realizó el blanqueo de la celulosa obtenida del cual se obtuvo un peso de 15 gramos.



Figura 14. Peso final obtenido de celulosa

Se realizó el análisis de determinación de celulosa para lo cual se realizó el muestreo de acuerdo lo permitido con la norma OAC 973.18 por la cual se tomó como muestra 1 gramo de muestra.

4.2 Análisis de celulosa

Para la determinación de celulosa el método se basó en la disolución de todos los componentes de la muestra con excepción de celulosa mediante un reactivo ácido para lo cual se pesaron 100 g muestra, los cuales se transfirieron a un balón tipo kjeldahl, al cual se le añadió 16,5 mL solución ácida Llevándolo a baño maría en ebullición por 30 minutos en la cual se realiza la digestión de las proteínas y los carbohidratos, seguidamente se retiró el balón y adicione 20 ml de etanol y se dejó enfriar, para ser Filtrar en un crisol gooch (previamente tarado), posterior a ello se lavó con etanol, el contenido del balón, filtrando después el contenido del balón con 20ml de etanol, para luego ser llevado al horno por 12 horas a una temperatura de 105°C, la muestra obtenida seca fue llevado a una mufla 1 hora a 350 °C y luego a 550°C, pesando el crisol con las cenizas para luego poder calcular el % de celulosa.

Tabla 3. Datos del proceso de celulosa obtenido

W. Crisol	Muestra	W. Muestra	W. ms	W.cz	% Celulosa
22,598 3	Semilla jobo	1,00 0	22,9786	22,6011	37,7 5
23,984 5	Semilla jobo	1,00 0	24,3719	23,9847	38,7 2

W₁: peso del crisol filtrante tarado

W₂: peso del crisol + materia seca

W₃: peso del crisol + cenizas

W₄: peso de la muestra

$$\%celulosa = \frac{(w_2 - w_1) - (w_3 - w_1)}{w_4} * 100$$

$$x = \frac{(22,9786 - 22,5983) - (22,6011 - 22,5983)}{1} * 100$$

gr

$$X = 0.1003$$

Se realizo un análisis de fibra en detergente acido, procedimiento donde casi toda la hemicelulosa es hidrolizada, aunque la fracción cristalina de la celulosa no lo es. Adicionalmente, la lignina, presente en esta fracción, no es digerida, por lo que la fracción la constituye lo que se conoce comolignocelulosa, para ello se taro un crisol gooch de porcelana por 4 horas a 105°C,

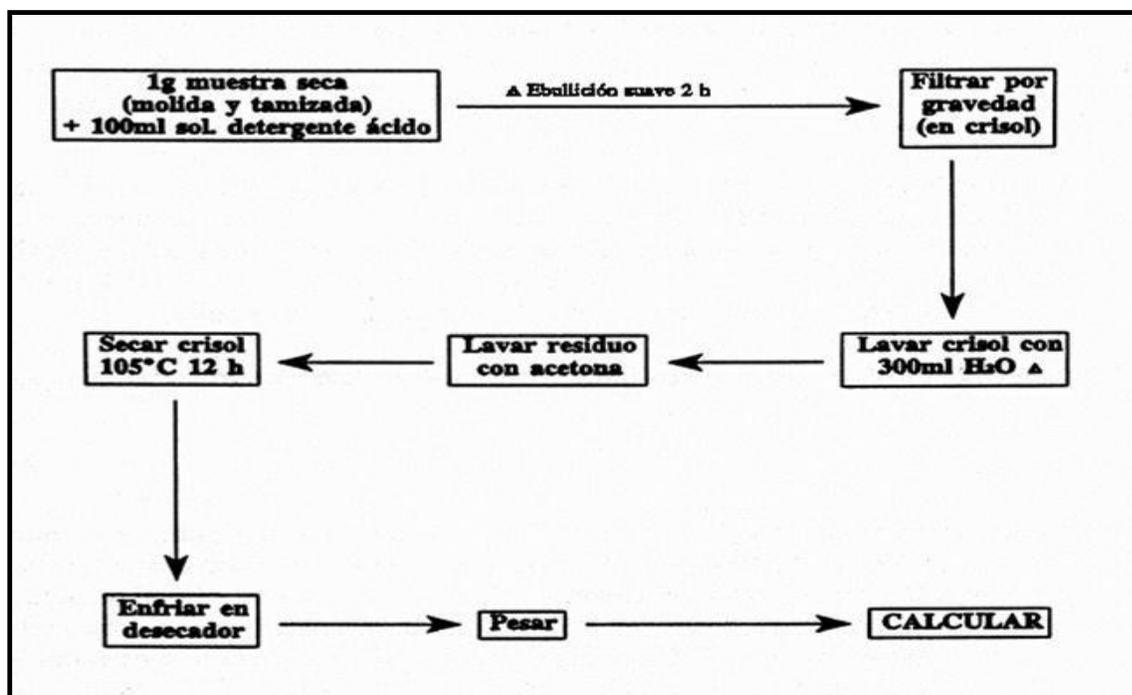


Figura 15. Análisis de fibra en detergente ácido

Seguidamente se pesó en una balanza analítica, de igual manera se tomaron 0.5 g de muestra previamente seca, al cual se le adicionaron 50 ml solución FDA y 3 gotas antiespumante, ajustando el sistema de recirculación de agua, posterior a ebullición se dejó pasar una hora para luego realizar la filtración a vacío, lavando con agua por 4 veces para luego filtrar con acetona realizando 3 lavados con volumen de 20 ml, el resultado del filtrado se llevó al horno por 12 horas y posterior a ello a una mufla por 1 hora a 250°C y 2 horas a 550°C, pesando en la balanza analítica las Cz de la muestra calculando la fibra mediante la siguiente ecuación:

$$\% FDA = \frac{(w_{\text{crisol con } Ms} - W_{\text{crisol con } Cz})}{W_{\text{muestra}}} * 100\%$$

Tabla 3. Datos detergente acido en fibra (FDA)

W. Crisol	Maestra	W. Maestra	W.ms	W.cz	% FDA
20.389	Semilla Jobo	0,5000	20,6787	20,8905	57,64
25.7108	Semilla jobo	0,5000	25,7106	25,7106	57,40

$$x = \frac{(25,7106 - 25,3905) * 100}{0.5 \text{ gr}}$$

Del cual se obtuvo como resultado en porcentaje de celulosa es 38,24 % y en fibra acida (FDA) un 57.52 %, que de acuerdo con Lamghari El Kossori et; al 2000 , Chau et; al 2003, su composiciones diferente dependiendo del origen. por lo que la semilla de *Spondias mombin* se convierte en un residuo de gran importancia a lo que Fahmy, Mobarak, El-Sakhawy, & Fadl, 2017, la denominan fibras no madereras, la cual hace que esta se convierta en material prima para la industria de papel.

5. Conclusiones

Se logró determinar que el proceso de secado por charolas fue fundamental para la identificación de los componentes presentes en la semilla de *Spondias Mombin* que en su gran mayoría fue celulosa y fibras de hemicelulosa componentes esenciales en la industria de los maderables.

En el desarrollo de la investigación se logró la aplicabilidad de procesos de extracción tanto mecánicos como físicos que permitieron la identificación y obtención de la celulosa, presente en la semilla de *Spondias Mombin* obteniendo resultados similares en ambos procesos.

De la semilla de *Spondias mombin* se logró obtener un porcentaje de rendimientos importantes de celulosa en el extracto seco de la semilla el cual fue de 38.24% y 57.52 % de fibra rendimientos significativos, sin embargo, la producción de semilla se encuentra limitado a una cosecha por año.

Se logró concluir que la semilla del fruto *Spondias Mombin* se podría catalogar como una fuente importante para la obtención de celulosa ya que estos residuos generados podrían ser utilizados en procesos agroindustriales como la producción de papel, reduciendo de esta manera el problema de la contaminación generada por estos.

Referencias

- Cabrera, B., Siqueira, E. M., Bitencourt, M. A., Lima, M. C., & Lima, A. K. (2016). Estudio fitoquímico y antiinflamatorio y antioxidante. *Brasileira de Farmacognosia*.
- Canché Escamilla, G., De los Santos Hernández, J., Andrade Canto, S. & Gómez Cruz, R. (2005). Obtención de Celulosa a Partir de los Desechos Agrícolas del Banano. *Inf. tecnol.* [online],16(1),pp.83-88. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642005000100012&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642005000100012>.
- Cataño Rueda, E. (2009). *Obtención Y Caracterización De Nanofibras De Celulosa A Partir De Desechos Agroindustriales*. Medellín: Universidad Nacional De Colombia.
- De Lozano, N. (1986). Desarrollo Y Anatomía Del Fruto Del Jobo (Spondias Mombin L). *Caldasia*, 14 (68/70); 465-490.
- Dos Santos, T., Costa, N., Thais, B., Da Silva, G., Da Silva, F., Ribeiro, H., Tavares, J. (2018). Hojas de Spondias mombin L. un ansiolítico tradicional y antidepresivo: Evaluación farmacológica del pez cebra (Danio rerio). *Etnofarmacología*, 563-578.
- Duvall, C. (2006). Sobre el origen del árbol Spondias mombin en África. *Geografía Histórica*, 249- 266.

EcuREd. (s.f.). *Spondias mombin*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Spondias_mombin

Eromosele, C. & Paschal, N. (26 de septiembre de 2003). Characterization and viscosity parameters of seed oils from wild plants. *Bioresource Technology*, 86(2), 203-205. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Spondias_mombin

Francis, J. (1992). *Melicoccus bijugatus Jacq. Quenepa, mamón*. Obtenido de: <https://rngr.net/publications/arboles-de-puerto-rico/spondias-mombin/at.../file>

García-Muñoz, A. & Riaño-Luna, C. (1999). Extracción De Celulosa A Partir De La Borra De Café. *Cenicafe*, 50(3); 205-214.

Hauck Tibursk, J., Rosenthal, A., Deliza, R., de Oliveira Godoy, R. & Pacheco, S. (2011). Propiedades nutricionales de mombin amarillo (*Spondias mombin* L.) de pulpa. *Food Research International*, 2326- 2331.

Jiménez Muñoz, E., Prieto-García, F., Prieto Méndez, J., Acevedo Sandoval, O., Rodríguez Laguna, R. (marzo de 2017). Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de *Agave salmiana* B. Otto ex Salm Optimización. *Dyna*, 84 (200); 253-260. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/496/49650910031.pdf>

Justiniano, M., Fredericksen, T., & Nash G. (2001). *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible Bolfor. Ecología Y Silvicultura De Especies Menos Conocidas: Azúcar Spondias mombin*

L. Anacardiaceae. Santa Cruz, Bolivia. Obtenido de:

https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnacm061.pdf

López Martínez, M., Bolio López, G., Veleza, L., López Martínez, A., Salgado García, S., & Córdova Sánchez, S. (2016). *Obtención De Celulosa A Partir De Residuos Agroindustriales De Caña De Azúcar (Saccharumofficinarum L.)*. Tabasco, México.

Luraschi, M. (2005). Análisis de la cadena productiva de la celulosa y el papel a la luz de los objetivos de desarrollo sostenible: Estudio de Caso Chile. Santiago de Chile Cepal

Moya P, M., Duran Ch, M., & Sibaja B, M. (1992). Obtención de lignina y celulosa de residuos de maíz. *Univiencia*, 9, 45-50.

Obi-Egbedi, N., Obot, I., & Umoren, S. (2012). Spondias mombin L. como inhibidor de la corrosión verde para aluminio en ácido sulfúrico: correlación entre el efecto inhibidor y las propiedades electrónicas de extraer los componentes principales usando la teoría funcional de densidad. *Diario de Química Arabian*, 361- 373.

Perez Bajaña, K., & Montigue Hurtado, F. (2017). *Análisis Gastronómico del Jobo (Spondias Mombin) en el Recinto Petrillo-Cantón Nobol*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
Obtenido de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20790>

Sanz Tejedor, A. (2015). Química Orgánica Industrial. La industria de los agentes tesoactivos.
Objetivos <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>