

**CRASSIPIA: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL DE UN  
BIOMATERIAL CON LA FIBRA NATURAL DEL BUCHÓN DE AGUA DE LA  
LAGUNA DE FÚQUENE**

presentado por:

Juana Valentina Moya Ballesteros

Presentado a: Mg. Juan Manuel España, Mg. Edgar Patiño Barreto.



---

Proyecto de grado para optar por el título de Diseñadora Industrial

Grupo de estudio de fibras naturales del semillero de diseño, pensamiento y creación.

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Facultad de Artes y Diseño

mayo 2022

## Resumen

Dentro del Semillero grupo de estudio de fibras naturales del semillero de diseño, pensamiento y creación en el grupo de estudio en fibras naturales desarrollado por los profesores Juan Manuel España y Edgar Patiño Barreto se realiza un proceso de investigación enfocado en la utilización de fibras naturales y material vegetal en la experimentación y creación de materiales compuestos y biomateriales, debido a la preocupación latente por la preservación del medio ambiente ya que las fibras naturales ofrecen la posibilidad de reducir considerablemente fibras sintéticas y materiales contaminantes, para esto se toma como ejemplar al buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) siendo esta una especie invasora que contribuye al desequilibrio del medio ambiente donde se encuentra, como es el caso del ecosistema del complejo lagunar en el municipio de Fúquene con el enfoque proyectual de explorar nuevas posibilidades de materiales desarrollando compuestos de fibras vegetales particularmente en el caso del concreto y biopolímeros con la finalidad de experimentar con las diferentes formas en las que se puede aprovechar esta fibra, al finalizar este proceso los resultados más favorables en cuanto a la experimentación con concreto fueron la reducción de peso, aproximadamente un 15% y en cuanto a la experimentación con biopolímero se realizaron una serie de láminas de biopolímero con las fórmulas que arrojaron los mejores resultados encontrados a lo largo del proceso, las pruebas realizadas durante toda la experimentación se registran en una tabla anexa para una mejor comprensión de los tipos de mezclas, esto incluye los porcentajes, materiales y procesos utilizados en cada fase.

*Palabras claves:* Fibras vegetales. Materiales compuestos. Polímeros. Concreto, experimentación.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.3. ALCANCES.....	12
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>13</b>
3.1. MARCO CONTEXTUAL.....	13
3.1.1. INTERVENCIONES EN EL COMPLEJO LAGUNAR.....	14
<b>3.1.2. AFECTACIONES AL ECOSISTEMA.....</b>	<b>15</b>
3.1.3. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA FAUNA AMENAZADA.....	16
3.1.3.1. ANFIBIOS.....	17
3.1.3.2. AVIFAUNA.....	18
3.1.3.3. ICTIOFAUNA.....	18
3.1.3.4. MAMÍFEROS.....	19
3.2. MARCO TEÓRICO.....	20
3.2.1. FIBRAS VEGETALES.....	20
3.2.2. PARTES Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA EICHORNA CRASSIPES.....	20
3.2.3. TAXONOMÍA DE EICHORNA CRASSIPES.....	21
3.2.4. NOMBRES COMUNES.....	22
3.2.5. FENOLOGÍA.....	22
3.2.6. PLANTAS INVASORAS.....	23
3.2.7. BIOPOLÍMEROS.....	24

3.2.8.	MATERIALES COMPUESTOS .....	25
3.3.	MARCO LEGAL .....	26
<b>4.</b>	<b>ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>28</b>
4.1.	ARTESANÍA. ....	28
4.2.	CELULOSA.....	28
4.3.	ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS.....	30
4.4.	MÉTODOS Y PROPIEDADES DE EXTRACCIÓN. ....	31
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>32</b>
5.1.	ARGUMENTO 1. AMBIENTAL .....	32
5.2.	ARGUMENTO 2. DESARROLLO DEL MATERIAL.....	33
<b>6.</b>	<b>ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....</b>	<b>33</b>
6.1.	DESCUBRIR. ....	34
6.2.	DEFINIR.....	34
6.3.	DESARROLLAR.....	34
6.4.	ENTREGAR. ....	35
6.5.	FASES. ....	36
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS. ....</b>	<b>36</b>
	EXPERIMENTACIÓN.....	36
7.1.1.	CONCRETO. ....	36
7.2.	<i>Biopolímero</i> .....	43
7.3.	DESARROLLO DE PRODUCTO. ....	50
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
8.1.	APRENDIZAJES. ....	54
8.2.	DIRECCIONES FUTURAS.....	55

9. ANEXOS .....	56
10. REFERENCIAS.....	59

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 0-1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA LAGUNA DE FÚQUENE. ....	14
FIGURA 0-2. RANA SABANERA, MAURICIO RIVERA CORREA. ....	17
TABLA 1 CARACTERIZACIÓN AVIFAUNA .....	18
FIGURA 0-3 CAPITÁN DE LA SABANA, GRUPO BIODIVERSIDAD DRN 2017.....	18
FIGURA 0-4. GUAPUCHA, CIROMAR LEMUS-PORTILLO BIÓL. MSC. ....	19
FIGURA 0-5. CAPITANEJO, CIROMAR LEMUS-PORTILLO BIÓL. MSC. ....	19
TABLA 2. CARACTERIZACIÓN MAMÍFEROS .....	19
FIGURA 0-6. CARACTERIZACIÓN EICHORNA CRASSIPES.....	21
TABLA 3 TAXONOMÍA EICHORNA CRASSIPES, UNAL. ....	21
FIGURA 0-7 POBLACIONES DE EICHHORNIA CRASSIPES. CAR, DRN, 2019. ....	23
FIGURA 0-8 EJEMPLARES EICHORNA CRASSIPES, CAR, DRN, 20119. ....	23
TABLA 4 MARCO LEGAL.....	26
FIGURA 9. MÉTODOS Y PROPIEDADES DE EXTRACCIÓN, -AJITHRAM, A., WINOWLIN JAPPES, JT Y BRINTHA, NC (2020.....	32
FIGURA 10. METODOLOGÍA DE DOBLE DIAMANTE, BRITISH DESIGN COUNCIL, .....	33
FIGURA 1 1. MATERIALES PRIMERA FASE.....	37
FIGURA 1 2. EXPERIMENTACIÓN A) PRIMERA FASE. ....	37
FIGURA 1 3. EXPERIMENTACIÓN B) PRIMERA FASE.....	38
FIGURA 1 4. EXPERIMENTACIÓN SEGUNDA FASE. ....	38
FIGURA 1 5. MUESTRA #3 .....	39

FIGURA 1 6. MUESTRA #4 .....	39
FIGURA 1 7. MUESTRA #5. ....	40
FIGURA 1 8. MUESTRAS #6, 7, 8 Y 9. SEGUNDA FASE. ....	41
FIGURA 1 9. MUESTRA #10 TERCERA FASE. ....	42
FIGURA 20. MUESTRA #11 TERCERA FASE. ....	42
FIGURA 21. MUESTRA #12. TERCERA FASE. ....	42
FIGURA 22. RECOLECCIÓN. ....	43
FIGURA 23. SEPARACIÓN Y LAVADO. ....	43
FIGURA 24. CLASIFICACIÓN. ....	44
FIGURA 25. CORTE Y SECADO. ....	44
FIGURA 26. MUESTRA # 2 BIOPOLÍMERO. ....	45
FIGURA 27. MUESTRA #6 BIOPOLÍMERO. ....	46
FIGURA 28. MUESTRA #9 BIOPOLÍMERO. ....	46
FIGURA 29, MUESTRA #3 BIOPOLÍMERO. ....	47
FIGURA 30. MUESTRA #8 BIOPOLÍMERO. ....	48
FIGURA 31. MUESTRA #4 BIOPOLÍMERO. ....	48
FIGURA 32. LÁMINA #2. ....	49
FIGURA 33. LÁMINA #5. ....	49
FIGURA 34. BASE DE CONCRETO. ....	50
FIGURA 35. CAPA POSTERIOR DE CEMENTO BLANCO. ....	50
FIGURA 36. CONCRETO CON FIBRA PICADA Y TRITURADA. ....	51

<b>FIGURA 37. LÁMINAS DE BIOPOLÍMERO, MUESTRAS #1 Y 5.....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 38. MODELO FINAL CONCRETO. ....</b>	<b>52</b>

## **1. Introducción**

Este proyecto de grado está directamente vinculado al grupo de estudio de fibras naturales del semillero de diseño, pensamiento y creación. Y es parte de un proceso investigativo mancomunado, que busca aportar y fortalecer a la generación de conocimiento en el campo de fibras vegetales, posicionando a la escuela de diseño de producto y al programa de diseño industrial de la Universidad Jorge Tadeo Lozano en la vanguardia de la investigación en este campo. El autor de este documento es miembro activo del semillero.

El uso de fibras naturales para la creación de materiales compuestos ofrece alternativas que contemplan el impacto ambiental y económico al provenir de fuentes renovables además de aportar una serie de beneficios dependiendo de la fibra. Los temas por tratar en este documento se desarrollarán bajo el enfoque de la experimentación para la obtención de materiales compuestos y biomateriales teniendo como punto de enfoque la fibra del buchón de agua así mismo se genera un aporte y fortalecimiento del conocimiento de procesos y técnicas que permitan desarrollar nuevos y mejores materiales para este campo además de la relación directa de dichas fibras con el mejoramiento de los ecosistemas.

La laguna de Fúquene ubicada en el altiplano cundiboyacense Colombiano es un importante ecosistema acuático que juega un papel importante en el desarrollo de la vida de animales silvestres y vegetación acuática (informe de investigación, artesanías de Colombia, 2012), que han servido como sustento y materia prima para el desarrollo de actividades económicas y culturales dentro de la comunidad asentada a los alrededores de la laguna, asimismo dicha relación entre la comunidad de artesanos y las fibras proporcionadas por la laguna es ancestral, dicho oficio se enfoca en la creación de variedades de artesanías a partir de la tejeduría del junco como la cestería y se ha transmitido a través de generaciones dentro de sus familias. La finalidad

de este proyecto es contribuir a la investigación de las diferentes oportunidades que proporciona la materia orgánica de la laguna de Fúquene que actualmente perjudica este ecosistema a partir de la exploración y experimentación de los nuevos materiales y así contribuir al mejoramiento del ecosistema y las actividades que giran en torno a este.

### **1.1. Planteamiento del problema**

¿Cómo generar un material compuesto con fibra buchón de agua para la investigación en cuanto al desarrollo de nuevos materiales y la preservación del ecosistema de la laguna de Fúquene?

El ecosistema de la laguna de Fúquene ha sufrido un gran deterioro a lo largo de los años debido a un manejo irresponsable de los recursos por parte de los habitantes del valle de Ubaté, algunas de las causas son: la extracción indiscriminada de agua para el regadío, el depósito de sedimentos que no cesan, y la propagación descontrolada del jacinto o buchón de agua (contraloría de Cundinamarca), entre otras. Debido a que hay un desequilibrio del ecosistema la vegetación acuática ha disminuido y la escasez de materias primas para la artesanía es más notoria con el pasar del tiempo (Hernando Castiblanco, artesano) y por consiguiente se ha afectado la comunidad que depende de la laguna para su sustento, esto también pone en riesgo la importante tradición y costumbres que ha construido esta comunidad a lo largo de las generaciones. Ante esta problemática, es de vital importancia explorar el uso y manejo del material vegetal como lo es el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) que puede afectar negativamente el ecosistema.

## **1.2. Justificación.**

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el mundo industrial es la producción de residuos que generan problemas ambientales, el estudio de las diferentes alternativas de materiales no contaminantes ha llevado al desarrollo de biomateriales y materiales compuestos a partir de fibras naturales, el aprovechamiento de estas permitirá disminuir el impacto ambiental debido a que poseen una gran variedad de propiedades físicas y químicas (N. Abilash, M. Sivaragash, 2013), dependiendo de la fibra durante y después de su vida útil, estas propiedades dependen de la composición de la fibra, lo que permite la creación de materiales que cumplan con diversas especificaciones, asimismo pueden surgir diferentes potencialidades y aplicaciones, además de algunas ventajas como la biodiversidad y el estilo de vida sostenible.

Para esta investigación se seleccionó la fibra de buchón de agua (*Eichornia crassipes*) ya que debido a esta planta acuática la laguna de Fúquene presenta un deterioro importante que afecta negativamente al complejo lagunar (CAR, 2020) y a la comunidad que depende de los recursos proporcionados por este ecosistema, por todo lo anterior existe la oportunidad de construir conocimiento desde el diseño al encontrar y estudiar el comportamiento y las diferentes alternativas que ofrecería un material compuesto reforzado con fibra de buchón de agua para el mejoramiento progresivo de este ecosistema ya que es una especie invasora que en este momento representa un problema ecológico y social ya que al afectar la flora y fauna presentes impiden el crecimiento de plantas como del junco, materia prima empleada en la artesanía.

### **1.3. Alcances.**

El alcance general de este proyecto consiste en desarrollar un biomaterial y/o material compuesto con materiales como el concreto y los biopolímeros, cada uno de estos en conjunto con la fibra vegetal de buchón de agua (*Eichornia crassipes*) identificando las principales características del mismo durante el desarrollo de prácticas experimentales para así vislumbrar los posibles escenarios de aplicación, para esto se recogerá información sobre casos de estudio acerca de desarrollo y experimentación en materiales compuestos con fibras naturales, esto supondrá una guía para el proceso de creación.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Desarrollar un material derivado de fibras vegetales obtenidas en la laguna de Fúquene para la generación de un material compuesto y un biomaterial que sienta las bases para la exploración de estos y sus posibles usos.

### **2.2. Objetivos específicos**

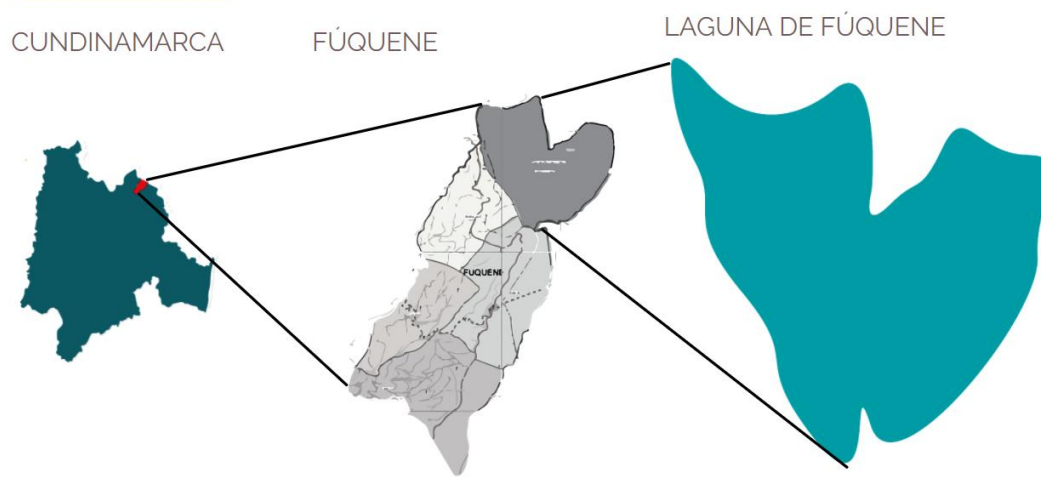
- Producir conocimiento de materiales compuestos con el material vegetal *Eichornia crassipes* extraído de la laguna de Fúquene.
- Generar procesos técnicos y experimentales para la elaboración de un material compuesto de concreto y fibra natural del buchón de agua.
- Experimentar con diferentes procesos para la creación de un biomaterial en conjunto con la fibra natural *Eichornia crassipes*.

### **3. Marco de referencia.**

#### **3.1. Marco contextual**

La laguna de Fúquene se ubica en el departamento de Cundinamarca sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental. Su situación respecto al globo terrestre es de 50° 28' 12" latitud norte y 73° 44' 14" longitud oeste, con una elevación sobre el nivel del mar de 2.543 metros. Su área y volumen es de 2400 hectáreas y 45 millones de metros cúbicos, es el principal sistema hidrográfico de la región por ser la proveedora de agua, es reserva ecológica, económica, social y cultural; es afectada por un proceso acelerado de sedimentación (pérdida de profundidad y de área de espejo de agua) por la proliferación de vegetación acuática que está invadiendo, no sólo las orillas pantanosas, sino también el espejo de agua que se ha reducido de una forma alarmante (58%) en el período entre 1955 y 1993 (CAR 1999).

En el área, se conservan valores, tradiciones, cultura, creencias religiosas entre la población. Algunas de las creencias están íntimamente ligadas a los cultos de los indígenas relacionados con los entierros en aguas de la laguna y los ríos que la abastecen. En Fúquene la extracción de enea (*Typha angustifolia*) y junco (*Schoenoplectus californicus*) para la fabricación de artesanías (bateas, materas, jarrones, bolsos, entre otros) constituye una actividad productiva de importancia social, cultural y económica para la comunidad campesina local (habitantes de inmediaciones de la laguna) y algunos comerciantes de Bogotá y Chiquinquirá (DGOAT, 2011)



*figura 0-1. Ubicación geográfica de la laguna de Fúquene.*

### **3.1.1. Intervenciones en el complejo lagunar**

Se han dedicado varios proyectos a la recuperación ambiental de la laguna desde 1961, las principales acciones han sido:

1. La realización del canal perimetral que trae fuertes repercusiones sobre la estructura y mejoramiento del ecosistema, el canal se abrió con el propósito de evitar la desecación causada por los campesinos y los terratenientes que rellenaban las zonas someras para apropiarse de terrenos de la laguna. La construcción del canal se hizo excavando y depositando el sedimento extraído en el borde creando una barrera adicional entre la ribera y el agua. Debido a esto y a factores externos adicionales, el buchón y otras macrófitas han crecido notoriamente.
2. El proyecto Checua, el proyecto JICA, los programas de reforestación de la cuenca, la protección de páramos y los programas de educación ambiental.

3. Control mecánico, Según el CONPES la CAR planeó destinar 331.046.000 millones entre el 2007 y 2010 a actividades de extracción mecánica, la implementación de control biológico y químico para las malezas acuáticas en los canales principales, secundarios y en el espejo de agua de la laguna (CONPES, 2006)
4. Clasificación y estado actual de los hábitats de la laguna, Caracterización biofísica, ecológica y sociocultural (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2004) entre otras intervenciones.

### ***3.1.2. Afectaciones al ecosistema.***

Los impactos al ecosistema refieren cambios físicos y químicos en agua, suelo, aire y luz, los problemas que ocasiona el buchón en las lagunas puede ser de diferente índole como de orden ecológico ya que facilitan la sedimentación en los cuerpos de agua y favorece la desecación y la formación de suelo. Existe evidencia de que la especie causa cambios sustanciales temporales y reversibles a largo plazo (> de 20 años) en grandes extensiones, Una vez que se prolifera altera drásticamente el ecosistema y menudo resulta en la degradación del medio ambiente y la reducción de la biodiversidad (CABI, 2015).

El contenido de oxígeno del agua es menor debajo del manto del jacinto de agua y puede reducirse hasta cero. Los efectos sobre los peces y otros animales acuáticos son catastróficos (Harley, 1996). Provoca la disminución de la capacidad de intercambio de oxígeno entre la interfase aire-agua evitando la transferencia de oxígeno y la penetración de luz a la columna de agua. Al morir, *E. crassipes* se deposita en el fondo del cuerpo de agua produciendo condiciones anaeróbicas que interfieren con las funciones de los organismos bentónicos (Meas-Vong, 2002).

La sombra proyectada por el lirio acuático inhibe el crecimiento del fitoplancton causando, a su vez, una reducción en la densidad poblacional de zooplancton que afecta de manera directa a la cadena alimenticia (Harley, 1996).

Otro factor resultante de los cambios en el sistema lagunar es el proceso de eutroficación de agroquímicos y fertilizantes como parte de las actividades agropecuarias (Y. Montoya y N. Aguirre, 2009) lo que favoreció la expansión del buchón y la elodea. En Fúquene han tenido una proliferación exitosa, pues ocupan más del 60% del espejo de agua (según datos Cartográficos generados por el proyecto, Rivera Rondón et al. 2008 y Roldán & Ramírez 2008). Al verse afectado todo este ecosistema, la flora por consiguiente sufre un deterioro importante lo que afecta también a la economía local ya que se reduce considerablemente el crecimiento del junco utilizado en prácticas ancestrales por la artesanía.

### **3.1.3. Caracterización biofísica de la fauna amenazada.**

El ecosistema del complejo lagunar de Fúquene cuenta con una gran diversidad de fauna que está constituida de siete especies, pertenecientes a siete géneros, distribuidos en cinco familias y cinco órdenes, Characiformes, Siluriformes, Cypriniformes, Cyprinodontiformes y Salmoniformes. En la zona se encuentran tres de las cuatro especies de peces que Hernández-Camacho et al. (1992) reportaron como endémicas para el altiplano Cundiboyacense, y que en el humedal de Fúquene están albergadas las poblaciones más grandes de dos de estas especies: el capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*) y la guapucha (*Grundulus bogotensis*; Valderrama 2007) dentro de la cual están contempladas las siguientes especies. (Valderrama et al. 2007).

La diversidad del grupo no se debe a las especies nativas del altiplano, sino a las especies invasoras como la carpa común (*Cyprinus carpio*), el pez dorado (*Carassius auratus*), el guppy (*Poecilia reticulata*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Para el área del Complejo Lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacio se tiene información sobre la presencia de especies de herpetos, aves, peces y mamíferos los cuales fueron reportados por Conservación Internacional CI (2010) y CAR (2014).

La información presentada a continuación ha sido proporcionada por la corporación autónoma regional CAR de Cundinamarca mediante el plan de manejo ambiental, distrito regional de manejo integrado del complejo lagunar de Fúquene, Cucunubá y Palacio.

Hasta el 2018, año en el que se realizó el informe se identificaron 64 especies amenazadas, 12 de ellas en peligro crítico 25 en peligro y 16 en vulnerable de las 11 especies restantes, 4 se encuentran vedadas y las otras 7 en categorías de Casi Amenazada y Preocupación Menor. A continuación, se evidencian las especies amenazadas.

#### **3.1.3.1. Anfibios.**

Rana Sabanera: *Dendropsophus labialis* (Peters, 1863)



*figura 0-2. rana sabanera, Mauricio Rivera Correa.*

### 3.1.3.2. Avifauna.

Tabla 1 caracterización avifauna

ESPECIE	NOMBRE COMÚN
<i>Anas discors</i>	Pato careto
<i>Anas georgica</i>	Pato Pico dorado
<i>Ardea alba</i>	Garza Real
<i>Ardea herodias</i>	Garza ceniza
<i>Chrysomus icterocephalus</i>	Monjita cabeciamarilla
<i>Cistothorus apolinari</i>	Cucarachero de apolinari
<i>Conirostrum rufum</i>	Mielero de rufo
<i>Eriocnemis vestita</i>	Calzadito reluciente
<i>Fulica americana</i>	Tingua pico amarillo
<i>Gallinula galeata</i>	Tingua pico rojo
<i>Gallinula melanops</i>	Tingua pico verde
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Guaco común
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato turrio o pato andino
<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor común
<i>Rallus semiplumbeus</i>	Tingua Bogotana
<i>Sturnella magna</i>	Pradero Común
<i>Vanellus chilensis</i>	Alcaravan
<i>Zenaida auriculata</i>	Torcaza común o Zenaida
<i>Zonotrichia capensis</i>	Copetón
<i>Turdus fuscater</i>	Mirla común

### 3.1.3.3. Ictiofauna.

1. Capitán de la sabana: *Eremophilus mutisii*



figura 0-3 capitán de la sabana, Grupo biodiversidad DRN 2017.

2. Guapucha: *Grundulus bogotensis*.



figura 0-4. guapucha, Ciromar Lemus-Portillo Biól. MSc.

3. Capitanejo: *Trichomycterus bogotense*



figura 0-5. capitanejo, Ciromar Lemus-Portillo Biól. MSc.

**3.1.3.4. Mamíferos.**

Tabla 2. caracterización mamíferos

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
<i>Cerdocyon thous</i>	Zorro cangrejero, Zorro perruno
<i>Cunucilus tackzanowskii</i>	Borugo
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado
<i>Didelphis pernigra</i>	Zarigueya, Chucha, Fara
<i>Cavia sp</i>	Curí

### **3.2.Marco teórico.**

#### **3.2.1. Fibras vegetales.**

Existe un creciente interés en la utilización de fibras naturales, según el libro “Fibras vegetales utilizadas en artesanías en Colombia” son elementos que hacen parte de la composición estructural de los tejidos orgánicos de las plantas, presentan membranas que a menudo contienen lignina o celulosa; estas pueden formar bandas, redes y cordones que varía dependiendo del tipo de tejido presente en cada fibra. Los ejemplos incluyen lino, yute, algodón, cáñamo, sisal o fibra de coco y pueden ser clasificadas de la siguiente forma: fibra de semilla en el caso del algodón; fibra de hoja en el caso del sisal; fibra de piel en el caso de yute o el cáñamo teniendo estas una mayor resistencia a la tracción a comparación de otros tipos de fibra; fibra de fruta en el caso del coco y la fibra de tallo como la paja, un gran punto a favor es que este tipo de materia es más económica y tiene una mejor rigidez por peso que el vidrio lo que resulta en componentes más livianos (N. Abilash y M. Sivapragash, 2013), otra gran ventaja en cuanto a la implementación de fibras es la reducción del impacto ambiental al provenir de recursos renovables.

#### **3.2.2. Partes y descripción botánica Eichornia Crassipes.**

*Eichornia crassipes* es una especie acuática flotante con raíces sumergidas, puede llegar a medir de 50 a 1 m de largo según se lo permitan las condiciones ambientales, posee un rizoma ramificado que puede llegar a 30 cm de longitud los cuales producen una hoja y una raíz. Desarrolla hojas gruesas, brillantes que sobresalen por encima de la superficie del agua con forma ovoidea llegando a medir de 2 a 15 cm de longitud y de 2 a 10 cm de anchura, se disponen espiralmente, dando un aspecto de roseta; los peciolos son gruesos y esponjosos; son alargados,

hinchados en el medio y afilados hacia la estipula o pueden formar un bulbo flotante con tejido esponjoso, desarrolla una estipula ancha membranosa la cual forma una vaina alrededor de la siguiente hoja; produce entre 8 y 25 flores; cada flor tiene 6 pétalos azulados o violáceos, ovals con hasta 4 cm de longitud y el más superior tiene en el centro una mancha amarilla rodeada por un borde azul, esta planta tiene un potente sistema radicular, hasta el punto de que más del 50% de la biomasa de la planta pueden ser raíces, que son adventicias y fibrosas con una longitud entre 10 y 30 cm; tienen apariencia de plumas de color violeta o azul oscuro y contienen pigmentos solubles que pueden proteger a la raíz de los herbívoros. (Verdejo et al., 2006)

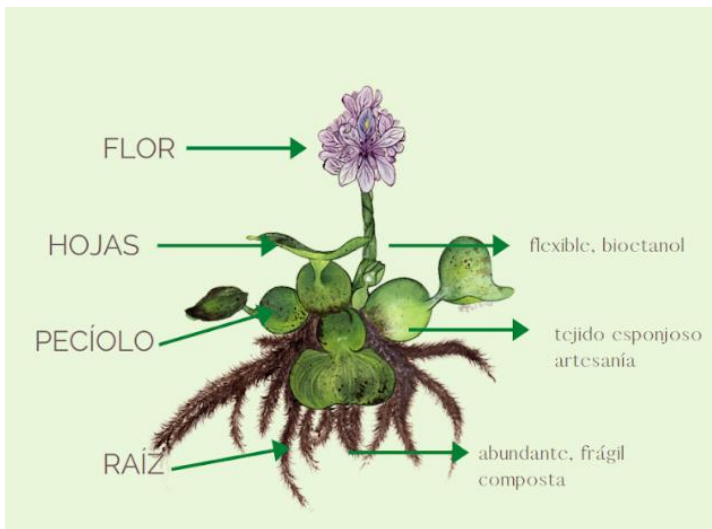


figura 0-6. caracterización *Eichornia Crassipes*

### 3.2.3. Taxonomía de *Eichornia Crassipes*.

Tabla 3 taxonomía *Eichornia crassipes*, unal.

Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida

Orden	Commelinales
Familia	Pontederiaceae
Género	Eichhornia
Nombre científico	Eichhornia crassipes

### 3.2.4. Nombres comunes

Buchón, Taruya, Cebolleta, Batata, Borra, Jacinto de agua, Lechuguilla, Lirio acuático, Oreja de mula, Oreja de mulo, Orejemula, Pato, Tapón.

### 3.2.5. Fenología.

Con base en el documento de Díaz-Espinosa A.M., Díaz-Triana J.E y O. Vargas. (eds.). 2012. Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá. Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, D.C., Colombia. 248 p. Se extrae lo siguiente: Un tapete flotante de esta especie puede migrar a una tasa de 61,08 cm por mes y las plantas se duplican cada 2 semanas por retoños. El incremento de las poblaciones de *E. crassipes* se da rápidamente por la separación de fragmentos (“hijos”), siendo capaces de doblar su número manteniendo condiciones adecuadas en 1 a 3 semanas (Edwards & Musil 1975, Gopal 1987). La propagación vegetativa se da vía ramets (clones) formados de retoños axilares o estolones producidos a través de elongación por los internodos. Una vez los nodos han desarrollado raíces, los estolones decaen o se parten, separándose así de la planta madre (OEPP/EPPO 2009). Las tasas de crecimiento se incrementan en aguas enriquecidas con nutrientes.



*figura 0-7 Poblaciones de Eichhornia crassipes. CAR, DRN, 2019.*



*figura 0-8 ejemplares Eichornia crassipes, CAR, DRN, 20119.*

### **3.2.6. Plantas invasoras.**

Las especies invasoras afectan negativamente a las especies nativas, la dinámica de las comunidades, la estructura y la función de los ecosistemas (Lonsdale 1999).

Para que una planta sea considerada especie invasora debe cumplir y superar una serie de requisitos; el espécimen debe ocupar nuevos territorios, es decir que debe cruzar barreras geográficas. Segundo, la especie debe sobrevivir y tolerar las condiciones ambientales del nuevo territorio. Tercero, la especie debe sobrevivir a la interacción y el contacto con los enemigos naturales y debe establecer relaciones mutualistas en la nueva área. Finalmente, la especie debe poder dispersarse y establecer nuevas poblaciones en nuevos sitios a través del paisaje. (Hellmann et al. 2008).

### **3.2.7. Biopolímeros.**

en los últimos años se ha visto un creciente interés por reemplazar materiales inorgánicos por nuevos materiales orgánicos y renovables, esto marca el camino para la investigación en biomateriales reforzados con fibras vegetales que representan alternativas, en este caso se plantea un primer enfoque en biopolímeros por lo que el almidón es de vital importancia para este proceso.

Es un polisacárido lineal de grupos de glucosa que se repiten, este consta de dos moléculas principales, 25% amilosa y 75% amilopectina, el enlace de amilosa con un plastificante como, en el caso de este proyecto, la glicerina, permite al almidón tornarse flexible, al mezclar el almidón con plastificantes hidrofílicos no volátiles y de alto punto de ebullición como el glicerol permite a las moléculas comportarse como un polímero sintético termoplástico (TPS) siendo este el bioplástico más utilizado actualmente (N.Abilash y M. Sivapragash, 2013) y al mezclarse con vinagre permite que la estructura del polímero se estabilice, al neutralizar los polímeros irregulares que se encuentran presentes en el almidón este fue de vital interés para la investigación ya que el TPS se desintegra fácilmente al entrar en contacto con el agua sin afectar

de manera negativa el medio ambiente ya que el almidón es completamente biodegradable además de ser de fácil acceso a un bajo costo.

Para la experimentación llevada a cabo en este proceso se utilizaron los siguientes materiales:

- Agua.
- Almidón.
- Glicerina.
- Vinagre.
- Fibra de buchón.

### **3.2.8. Materiales compuestos**

Los materiales compuestos en este caso a diferencia de los biomateriales se obtienen mediante la unión no química de dos o más componentes para conseguir la combinación de propiedades físicas que no es posible obtener en los materiales originales por separado dando lugar a nuevas características (Ingeniería Investigación y Tecnología, 2013), en este tipo de materiales se consideran dos elementos claves: la matriz y el refuerzo; el componente denominado como la matriz, en este caso el concreto es el responsable de aportar características como: rigidez, resistencia, transmisión de cargas y brindar protección y aislamiento y por otro lado aporta propiedades como: soporte a la fibra, transferencia de cargas, y protección de daños a la fibra, por otro lado el componente denominado como refuerzo, en este caso el buchón de agua puede presentarse en forma de partículas o fibras, puede proporcionar resistencia a la tensión y en este caso posee poco peso.

### 3.3. Marco legal.

El propósito del siguiente apartado es evidenciar diferentes normativas las cuales tienen una intención de regulación conservación y uso sostenible de las actividades que se relacionan de alguna forma con la laguna de Fúquene y su ecosistema.

*Tabla 4 marco legal*

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Resolución 0157 de 2004 (febrero 12)	por la cual se reglamenta el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en aplicación de la Convención Ramsar.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Resolución 196 de 2006 (1 de febrero)	Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia.
Ministerio del Medio Ambiente y Consejo Nacional Ambiental. 2002. Política Nacional para humedales interiores de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá D.C. 67p.	Propender por la conservación y el uso sostenible de los humedales interiores de Colombia con el fin de mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo del país.
Acuerdo CAR 018 de 2017	Por medio del cual se declara Distrito Regional de Manejo el complejo lagunar, Fúquene, Cucunubá y Palacio, ubicado en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional CAR.

<p>Constitución Política de Colombia - 1991</p>	<p>Art. 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación.</p> <p>Art. 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 afectar. 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>Ley 357 de 1997</p>	<p>Colombia ratifica su adhesión a la Convención RAMSAR, relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas.</p>
<p>CONPES No. 3451 del año 2006</p>	<p>Se estableció programa de recuperación de la Laguna de Fúquene, estableciéndose acciones específicas con miras a evitar el acelerado deterioro de esta fuente de vida.</p>
<p>Ley 388 de 1997</p>	<p>Uno de sus objetivos es: —Establecer los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto</p>

	riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes
--	---

## 4. Estado del arte

### 4.1. Artesanía.

Dentro de las actuales aplicaciones del buchón también se encuentran los oficios de la artesanía que se soportan en la tradición. Según el estudio de los oficios artesanales llevado a cabo por Herrera (1996) la artesanía en Colombia se lleva a cabo con gran variedad de fibras vegetales 84 especies para la cestería, 18 para la tejeduría y demás. Dentro de las cuales está el caso del junco situado en la laguna de Fúquene, así como la fibra del buchón, aunque no se utilice en la misma medida.

Su preparación consiste en la extracción de la planta por sujeción, la eliminación de hojas y raíz, a continuación, pasa por un proceso de secado de 15 días para finalmente realizar un tejido trenzado con la fibra sobre un molde metálico. Los tejidos son de trama irregular debido a la longitud de los tallos que varía entre 15 a 45 cm (artesanías de Colombia, 2020).

### 4.2. Celulosa.

En el estudio de esta fibra se han encontrado diferentes usos o aplicaciones para este como la obtención de celulosa partiendo del buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) mediante la hidrólisis básica, estudio realizado por Jessica Alexandra Muñoz Montañez y Diego Alejandro Zapata Moreno llevado a cabo en la fundación universidad de América, donde se expone que la

celulosa es un polímero natural formado por unidades de glucosa y es utilizada en el proceso de la fabricación de papel así como es la materia prima fundamental en la formación de pasta celulósica; la efectividad y pureza de la obtención de este componente recae principalmente en que cantidad se puede remover o eliminar la lignina, debido a que esta es la encargada de darle la rigidez a la fibra vegetal y también le proporciona el color oscuro a la pasta lo que industrialmente dificulta el proceso de blanqueo. El proceso consiste en retirar el buchón de agua del humedal el Gualí para promover la conservación de este y así poder evaluar la posibilidad de obtener celulosa a partir del buchón de agua, como segunda fase se realizó un desarrollo experimental preliminar para la determinación de parámetros como el montaje, la concentración y la proporción de cada uno de los procesos para establecer condiciones tanto en el proceso químico como en el biológico respectivamente.

Para la tercera fase se evalúan dos rutas de obtención de celulosa, la primera es un proceso por hidrólisis básica a partir del hidróxido de sodio (NaOH) donde se varió la concentración y el tiempo de reacción del reactivo con la fibra vegetal a 5%, 10% y 15% durante un periodo de tiempo de 1h, 1h 1/2 y finalmente 2 horas con la finalidad de obtener la pasta celulósica, usando una base fuerte y evaluando la menor concentración posible de reactivo en el tiempo, el segundo procedimiento se realizó por un proceso de hidrólisis enzimático donde se empleó el hongo *Pleurotus Ostreatus* considerado un microorganismo lignocelulósico donde se mide la capacidad de degradación de lignina y sus condiciones de crecimiento en la materia prima para la obtención de celulosa.

Por último, se realiza un análisis matemático y estadístico de los resultados obtenidos en ambos procesos con el propósito de establecer la cantidad de celulosa obtenida y el porcentaje de lignina removida en cada uno de ellos, y así poder brindar una estimación de si los procesos se consideran efectivos para este tipo de extracción.

Para finalizar, de acuerdo con la caracterización del buchón de agua, se puede concluir que, con respecto a la valoración bibliográfica mencionada en el proyecto, los valores obtenidos en el estudio experimental son consistentes en cuanto la relación de las características físicas y la composición del buchón de agua teniendo en cuenta componentes como celulosa (32,4%) y lignina (7.8%) los cuales fueron considerados como interés principal en la ejecución del proyecto. Teniendo en cuenta que el buchón de agua tiene un porcentaje de celulosa del 32,4 % y que esta se encuentra catalogada como alfa celulosa que se considera la mejor en la fabricación de papel.

### **4.3. Eliminación de contaminantes orgánicos.**

#### ***Removal of organic pollutants in water using water hyacinth (Eichhornia crassipes)***

L. Mzukisi (2021) Journal of Environmental Management, 2-7

Este artículo consistió en el estudio de la absorción de plantas de varios contaminantes orgánicos en el agua por parte del jacinto de agua indicando que es probable que el jacinto de agua desempeñe un papel importante en la fitorremediación, se ha descubierto que esta planta cosechada en aguas superficiales contiene productos farmacéuticos (medicamentos antiinflamatorios no esteroideos seleccionados y medicamentos antirretrovirales) que se creía que las plantas eliminaban del agua contaminada a través de sus raíces (Mlunguza et al., 2020a, 2020b; Sibeko et al., 2019). Esta es otra indicación de que el jacinto de agua es capaz de eliminar los contaminantes del agua, lo que ofrece una oportunidad de fitorremediación.

En un ambiente de humedales, las relaciones de translocación mostraron que el jacinto de agua es una planta acumuladora con potencial fitorremediador para todos los pesticidas organofosforados estudiados y algunos pesticidas organoclorados (Mercado-Borrayo et al., 2015).

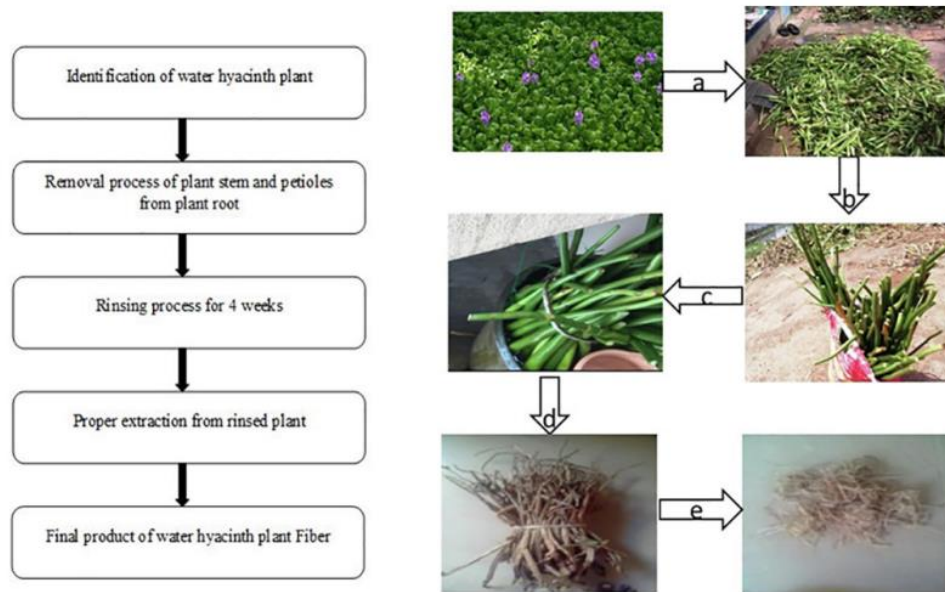
En este artículo se concluyó que tanto la forma natural como la químicamente modificada del jacinto de agua puede desempeñar un papel vital en la purificación del agua, y que el jacinto de agua en su forma natural como adsorbente no requiere ningún equipo, operación, energía o producto especial. El proceso de tratamiento y absorción de compuestos orgánicos del agua contaminada es un beneficio interesante de esta especie invasora en el agua.

#### **4.4. métodos y propiedades de extracción.**

*Water hyacinth (Eichhornia crassipes) natural composite extraction methods and properties – A review*

Este artículo documenta métodos de extracción del buchón de agua, se recolectó esta planta de regiones tropicales y subtropicales, como la mayoría de los estanques, lagos y canales en los distritos del sur del estado de Tamil Nadu, después de recolectar las plantas el tallo de la planta y los pecíolos fueron separados. Posteriormente, estas partes de la planta se enjuagaron adecuadamente y se sumergieron en el agua durante cuatro semanas. Este proceso se denomina proceso de enriado, luego de lo cual la planta se secó a la luz del sol para en el último paso con la ayuda del peine de acero, se extrajo la fibra vegetal de las partes secas de la planta.

Este trabajo concluye que, a diferencia de los diversos procesos de extracción, generalmente el proceso de enriado se lleva a cabo mediante la extracción de diversas fibras naturales de plantas acuáticas. Pero en este tipo de plantas de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), el proceso de enriamiento no es el adecuado porque estas plantas tienen una naturaleza más hidrófila. Por lo general, estas plantas contienen un mayor porcentaje de celulosa, aproximadamente el 70%. Sin embargo, después del proceso de enriado, el proceso de extracción de estas fibras vegetales es complejo, pero puede servir como guía para el proceso de extracción en este experimento.



*figura 9. métodos y propiedades de extracción, -Ajithram, A., Winowlin Jappes, JT y Brintha, NC (2020*

## 5. Metodología

Para el desarrollo y la investigación de este proyecto se identificaron 2 argumentos principales que lo estructuran y delimitan para así poder identificar las fases correspondientes para llevar a cabo el proyecto.

### 5.1. Argumento 1. Ambiental

Mediante un pensamiento en ecodiseño se busca el aprovechamiento del material vegetal invasor y contaminante presente en la laguna de Fúquene con el objetivo de incentivar la limpieza y el mejoramiento del hábitat gradualmente.

## 5.2. Argumento 2. Desarrollo del material

Mediante la investigación experimental se busca llegar al desarrollo de un material compuesto implementando una alternativa sostenible teniendo en cuenta el impacto ambiental del material durante y después de su vida útil enfocándose a un ciclo de vida sostenible que a su vez genere conocimiento en este campo.

## 6. Estrategia metodológica

Para el desarrollo de este proyecto se implementó la metodología del doble diamante, metodología de diseño de del *British Design Council*, que se divide en dos grandes secciones representadas con rombos, asimismo estos se dividen en dos, el primero consiste en dos etapas: descubrir y definir, mientras que en la fase final tenemos al segundo rombo dividido en las etapas de: desarrollar y entregar como se evidencia en el siguiente diagrama.

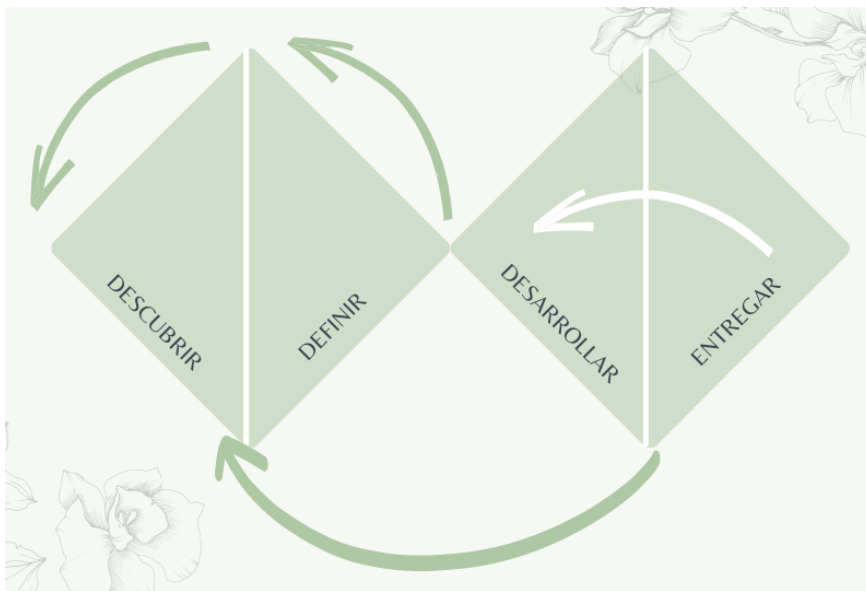


Figura 10. metodología de doble diamante, British Design council,

### **6.1. Descubrir.**

En esta etapa inicial del proyecto se indaga desde el semillero de diseño, pensamiento y creación los intereses particulares para marcar un punto de partida. Durante el proceso de investigación y desarrollo del proyecto damos inicio a una etapa de descubrimiento, recopilación y recolección de información centrada en las fibras vegetales, materiales y procesos de interés para la fase de experimentación tales como la fibra vegetal del buchón o jacinto de agua y materiales como el concreto y los biopolímeros, es en esta fase donde se detectan las diferentes problemáticas ambientales y sociales en el contexto elegido (complejo lagunar de Fúquene) que competen al desarrollo de este proyecto, siendo es de vital importancia ya que la fibra a tratar (*Eichornia crassipes*) es el principal foco del problema.

### **6.2. Definir.**

Teniendo en consideración la información de la etapa anterior donde se identificaron la problemática y las posibilidades de intervención desde el diseño, se definen estrategias que se relacionan y responden directamente a los objetivos planteados en una primera parte del proceso, trazando así la ruta a seguir para la siguiente etapa, en este caso particular el proyecto va a tomar un enfoque meramente experimental con el fin de recopilar información que pueda servir como punto de partida para estudios, proyectos y exploraciones futuras.

### **6.3. Desarrollar.**

En esta siguiente etapa desarrolla la fase de procesos planteada anteriormente donde se lleva a cabo la experimentación de materiales en taller con el caso de la fibra incorporada al concreto se realizaron alrededor 16 a 20 pruebas de material donde se incorporó la fibra en

diferentes presentaciones, con tamaños y cortes distintos a una variedad de mezclas de concreto con su respectiva diferencia de porcentajes encontrando distintas variaciones en el peso del material. Por otro lado en el laboratorio de bioprospección se llevó a cabo un proceso de experimentación totalmente distinto donde se busca observar el comportamiento de la fibra al acompañarse de otros materiales y sus respectivos procesos, a lo largo de esta fase se hicieron alrededor de 15 a 20 pruebas de material distintas integrando la fibra en diversidad de presentaciones a distintas mezclas con su respectiva variación de porcentajes para el desarrollo de biopolímeros donde se observó el comportamiento del material, teniendo estas modificaciones en el peso, estructura, retención de humedad etc. Después de pasar por fases de cocción y horneado.

#### **6.4. Entregar.**

En esta etapa final se presenta la conclusión llevando a cabo la fabricación del modelo final, así como la finalización de los entregables que lo complementan como el sistema de registro donde se puede encontrar todo el proceso de las pruebas de material semana a semana, así como una tabla general que contiene el registro de datos donde se encuentra la información de procesos, porcentajes y notas del desarrollo de cada muestra. Las muestras finales aún no han sido probadas de forma física y química, aunque se evidencian algunas de estas características en el documento anteriormente mencionado, este proceso puede seguir evolucionando en los proyectos de los próximos semestres, por último, después del compendio de toda la información se da la preparación del discurso final para la entrega del proyecto.

## **6.5. Fases.**

Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente se plantearon unas fases generales a corto, mediano y largo plazo que contemplan el proceso de experimentación llevado a cabo que consisten en:

- Investigación preliminar.
- pruebas experimentales con concreto
- Pruebas experimentales en laboratorio de biopolímeros.
- Desarrollar un diseño que evidencie la investigación en materiales.

## **7. Resultados.**

### **Experimentación.**

#### **7.1.1. Concreto.**

Durante la primera fase de la experimentación con concreto se estableció como objetivo la exploración del comportamiento del cemento blanco al ser reforzado con la fibra vegetal propuesta, para esto se inicia una serie de 8 muestras dividida en tres fases.

En esta primera fase la muestra #1 fue la primera aproximación al material por lo que no se siguió una fórmula específica ya que se buscaba ver cómo reaccionaba la fibra al ser mezclada con el cemento, en este caso se utilizó la fibra seca cortada en rodajas, se pudo evidenciar que a pesar de la consistencia pastosa del cemento, la fibra empezó a florar hacia la superficie en

cuanto esta fue cubierta con la mezcla, debido a esto fue necesario poner un peso sobre el molde para mantener la fibra en su lugar.



figura 1 1. materiales primera fase.



figura 1 2. experimentación a) primera fase.



*figura 1 3. experimentación b) primera fase.*

En la segunda fase se tuvieron en cuenta los hallazgos anteriores por lo que en el caso de la muestra #2 dividí el proceso en dos partes, la primera consta de extender una capa de la mezcla de cemento que diferencí con colorante azul y verde, enseguida ubicar la fibra seca cortada en rodajas y dejar fraguar, una vez completado este proceso la fibra se mantiene en la primera capa, lo que permite vaciar la segunda capa de la mezcla de cemento para dejar fraguar sin que la fibra flote hacia la superficie.



*figura 1 4. Experimentación segunda fase.*

Para finalizar la primera fase de la experimentación se llevan a cabo 3 pruebas de material.

Para la prueba #3 se licuó el agua con la fibra para después mezclarse con el cemento y verter en el molde. Para la prueba #4 se mezcló el cemento con la fibra triturada, después se incorporó el agua para verter en el molde. En el caso de la última muestra #5 primeramente se alistó la mezcla de cemento, se le incorporó la fibra triturada para después verter una capa de esta mezcla en el molde, ubicar trozos de fibra cortada en rodajas y finalmente cubrir con el resto de la mezcla.



*figura 1 5. muestra #3*



*figura 1 6. muestra #4*



*figura 1 7. muestra #5.*

Los resultados de esta última etapa arrojaron que la mezcla #3 tuvo un peso de 67g, este fue mayor al de la mezcla #4 que tuvo un peso de 50g evidenciando que la fibra al licuarse con el agua pierde volumen y absorbe humedad, por lo que se requiere más material, por consiguiente, pesa más. En el caso de la muestra #5 se utilizó un molde distinto que permitiera acomodar la fibra cortada ya que en el anterior no era posible, en este caso no se pretendía hacer una comparación de pesos sino observar el comportamiento del material, habiendo mencionado esto, en esta muestra no fue necesario dividir el proceso, sino que fue posible llevarlo a cabo en una sesión sin que la fibra grande flotara hacia la superficie.

En la segunda fase teniendo en cuenta la primera experimentación, se estandarizan los porcentajes de la mezcla base de la siguiente forma: Cemento blanco 66.5% y agua 33.5%, este proceso inicia con una muestra de cemento blanco (muestra #6) omitiendo la fibra reforzante con el fin de que esta sirva como punto de comparación para las muestras siguientes, teniendo esto claro se procede a hacer las respectivas combinaciones de la fibra de la siguiente forma: muestra #7 mezcla base + fibra cortada en rodajas obteniendo un peso de 85.1g; muestra #8 mezcla base + fibra triturada obteniendo un peso de 79.5g y la muestra #9 mezcla base + fibra triturada + fibra

cortada obteniendo un peso de 64.5g siendo esta la muestra con los resultados más favorables en cuanto a la reducción de peso, un 25% más ligero en comparación a la muestra #6.



*figura 1 8. muestras #6, 7, 8 y 9. segunda fase.*

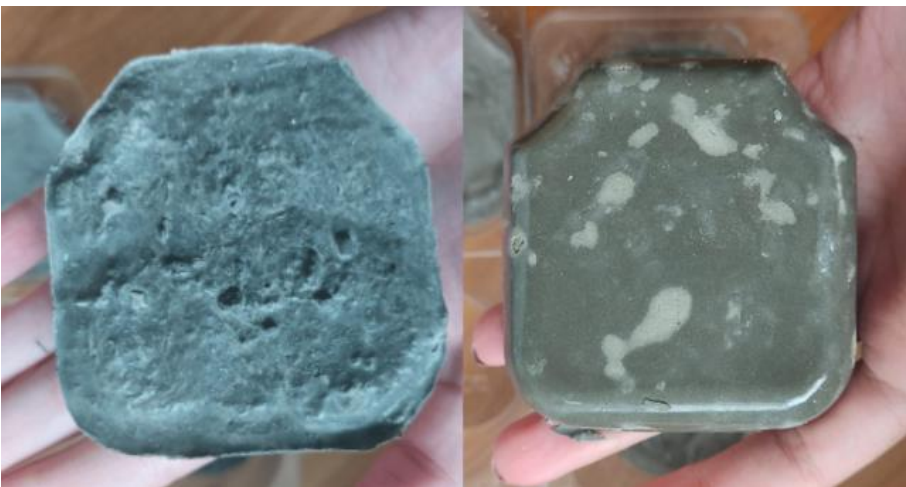
En la tercera fase se da inicio a la exploración con concreto o cemento gris, teniendo en cuenta la información recolectada de la experimentación anterior con cemento blanco, se mantienen las mismas proporciones de la mezcla base anterior 66.5% cemento gris y 33.5% de agua para enseguida hacer las respectivas combinaciones de la fibra de la siguiente forma: muestra #10 mezcla base + fibra cortada en rodajas obteniendo un peso de 101g; muestra #11 mezcla base + fibra triturada obteniendo un peso de 102g, en este caso, a diferencia de las muestras de cemento blanco, las muestras de cemento gris presentan una menor diferencia en cuanto al peso. Finalmente, la muestra #12 mezcla base + fibra triturada + fibra cortada obteniendo un peso de 87g siendo esta la muestra con los resultados más favorables en cuanto a la reducción de peso, aproximadamente un 15% menos que las anteriores de esta fase.



*figura 19. muestra #10 tercera fase.*



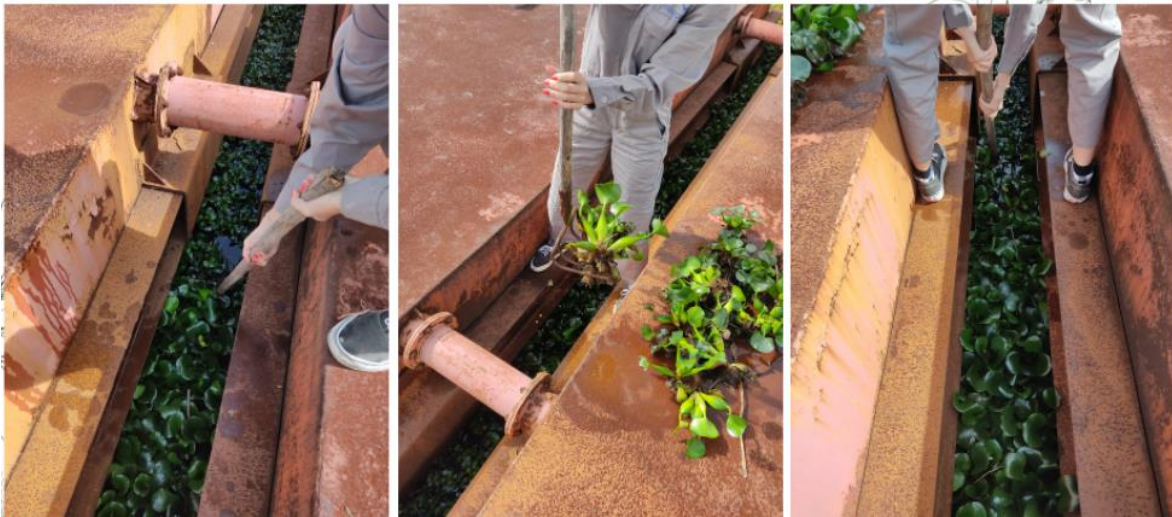
*figura 20. muestra #11 tercera fase.*



*figura 21. muestra #12. tercera fase.*

## 7.2. Biopolímero.

En este caso y a diferencia de la experimentación anterior, el proceso no se dividió en fases sino en semanas durante las cuales se realizó un proceso de recolección, separación y lavado, clasificación, corte y secado de la fibra en paralelo con las dos rutas de experimentación.



*figura 22. recolección.*



*figura 23. separación y lavado.*



figura 24. clasificación.



figura 25. corte y secado.

En primera instancia se definieron materiales para la matriz biodegradable que fueron: agua, almidón, vinagre y glicerina, materiales tomados de experimentaciones anteriores desarrolladas en el semillero, estos permiten que al final del proceso el biopolímero adopte cierto tipo de propiedades, por ejemplo, dependiendo del porcentaje de glicerina en cada muestra, el material puede adquirir cierto nivel de flexibilidad, esto también depende de las cantidades de almidón y agua por lo que al avanzar en cada prueba se tuvieron que ajustar todos los porcentajes como se muestra en la tabla de resultados anexa a este trabajo, cabe aclarar que al iniciar este proceso se tuvo en consideración un ingrediente adicional, la carragenina pero esta fue descartada porque así se usará en pequeñas cantidades provocaba que la matriz se endureciera antes de poder manipularla.

Durante los diferentes procedimientos la fibra tuvo un proceso de transformación individual para después integrarse a la matriz polimérica, en primera instancia tuvo lugar un proceso de experimentación con la fibra cortada en rodajas, estas varían el tamaño en el diámetro entre unas y otras aunque tenían un grosor uniforme, de 1 a 1.5 cm aproximadamente, con la fibra presentada de esta forma se utilizaron moldes de MDF, estos resultados no fueron satisfactorios ya que moldes de este material absorben el polímero durante el proceso de secado.



*figura 26. muestra # 2 biopolímero.*

Avanzando en el proceso la fibra también se presentó cortada en tiras delgadas, en este caso se incorporó a la matriz polimérica en moldes de silicona y extendida en láminas de aluminio, en el caso de la silicona la fibra absorbía el polímero por completo, motivo por el cual se descartó. El caso del aluminio fue más satisfactorio ya que al distribuir mejor el calor el resultado no solo la muestra fue más uniforme, sino que el proceso de secado también fue más rápido.



*figura 27. muestra #6 biopolímero.*



*figura 28. muestra #9 biopolímero.*

Por último la fibra se presentó molida y ya que todos estos procesos fueron paralelos, se hicieron pruebas en moldes de MDF, silicona y aluminio, en el primer caso el resultado fue satisfactorio ya que al no estar separada la fibra de la matriz, el molde no absorbió el polímero aunque las muestras resultantes se curvaron, esto se tuvo en cuenta para el siguiente proceso, en el caso del molde de silicona y debido a los porcentajes utilizados fue imposible desmoldar algunas muestras y otras no se secaron uniformemente, por último, en el caso de la lámina de aluminio se obtuvo el resultado más satisfactorio aunque después de varios procesos de experimentación con este tipo de molde se determinó que es necesario que el polímero tenga un proceso de secado con una lámina ejerciendo presión y otra sirviendo como base, esto último aplica para todos los procesos siguientes.



*figura 29, muestra #3 biopolímero.*



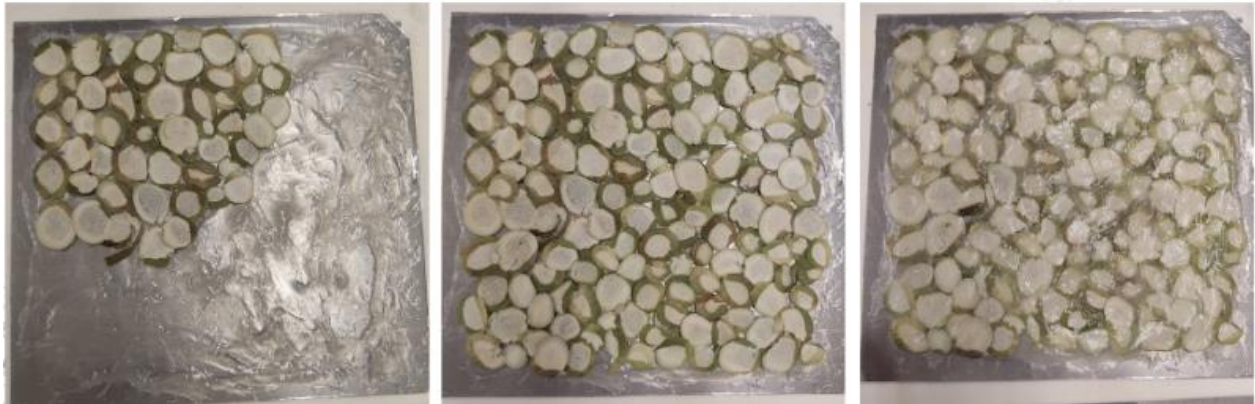
*figura 30. muestra #8 biopolímero.*



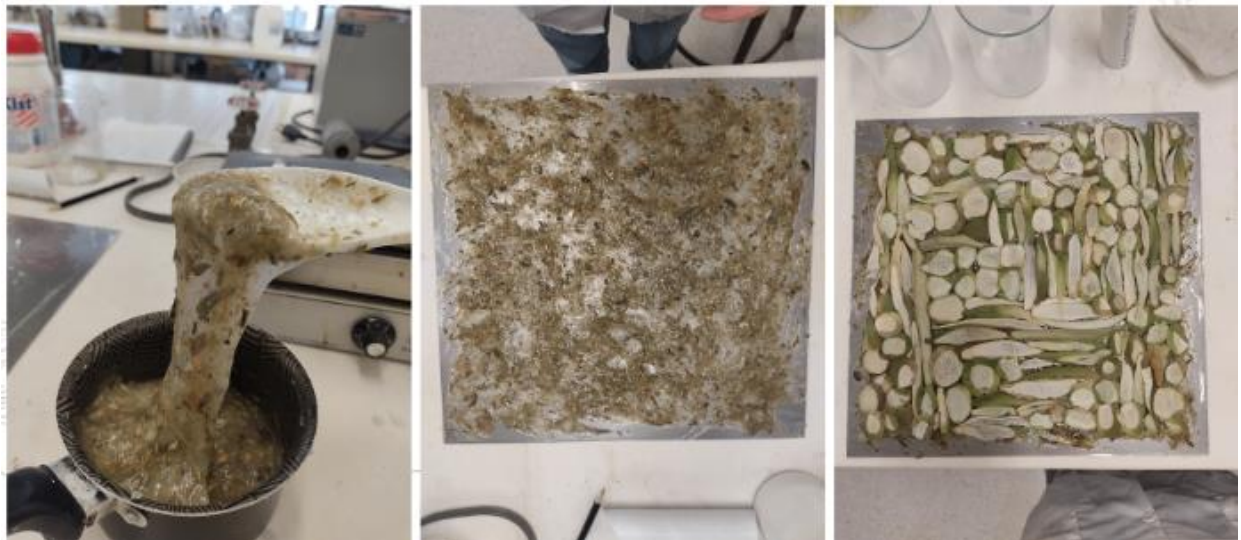
*figura 31. muestra #4 biopolímero.*

Para finalizar, también se incluyeron al proceso la fibra cortada en rodajas y en tiras con la particularidad de fueron aplanadas antes de integrarse a la matriz, esto sólo se tuvo en cuenta para el proceso de secado utilizando láminas de aluminio de la manera anteriormente mencionada, adicional a esto se hicieron una serie de láminas de biopolímero con las fórmulas de los mejores resultados encontrados a lo largo del proceso.

Las pruebas fueron registradas en una tabla para entender mejor los tipos de mezclas, esta incluye los porcentajes, materiales y procedimientos utilizados en cada muestra esto también sirve para que futuras generaciones del semillero de investigación puedan utilizar estas pruebas como base y se pueda acceder a esta información de una manera más ordenada y concisa.



*figura 32. lámina #2.*



*figura 33. lámina #5.*

### 7.3.Desarrollo de producto.

Este modelo final tiene como propósito explorar el concepto del peso intrínseco del concreto junto con la reducción de peso evidenciada en las pruebas de material, así como evidencia los resultados obtenidos del biopolímero, para esto se hizo un contrapeso con una torre cuya base está hecha de concreto solamente.



*figura 34. base de concreto.*

Enseguida esta base se integra con concreto que contiene fibra triturada y en trozos ya que esta muestra evidenció mejores resultados en cuanto a la reducción de peso, en la parte posterior cuenta con una capa de cemento blanco con fibra picada y en trozos por la razón explicada anteriormente.



*Figura 35. capa posterior de cemento blanco.*



*figura 36. concreto con fibra picada y triturada.*

Adicional a esto la torre está atravesada por un cilindro alargado del mismo largo de la torre hecho de cemento blanco, concreto y fibra, mismos materiales utilizados en la torre y finalmente para integrar el biopolímero se realizaron láminas con los porcentajes que arrojaron mejores resultados y combinándolos entre sí para crear un muestrario de este proceso.



*figura 37. láminas de biopolímero, muestras #1 y 5.*



*figura 38. modelo final concreto.*

## **8. Conclusiones**

Se concluye de este proyecto que gracias al semillero de fibras naturales es posible tener un proceso inmersivo que permite comprender y proponer desde el diseño posibles soluciones respecto a los impactos ambientales y por consiguiente impactos sociales que se pueden abordar desde la academia, esto de vital importancia para el proyecto debido a que siempre fue determinante el factor ambiental y los problemas que está generando el buchón ambiental y socialmente.

Con relación a la experimentación en conjunto con el concreto se logró crear un material compuesto a partir de concreto y la fibra vegetal propuesta, además pudo definir que la fibra

natural del buchón de agua (*Eichornia crassipes*) aporta propiedades como el aligeramiento del material, esto se pudo corroborar debido a que se tomaron muestras de referencia del concreto con la fibra reforzante para luego hacer una comparación objetiva, aunque un punto para tener en cuenta es que el proceso de secado de este compuesto es más lento de lo usual para el concreto ya que esta fibra tiende a retener la humedad.

Se determinó que estos materiales al ser reforzados por fibras naturales representan una ventaja en cuestión de costos al ser recursos renovables y más aún cuando la fibra del buchón requiere con urgencia ser retirada de los ecosistemas que afecta negativamente además de reproducirse alarmantemente rápido.

En cuanto a la experimentación con biopolímeros se concluye que en la fabricación de este tipo de materiales es necesario tener en cuenta que la fibra retiene humedad y la fibra cortada absorbe parte de la mezcla, también que la mejor forma de secar el material es utilizando una matriz que conduzca uniformemente el calor, en este caso láminas de aluminio, adicional a esto es importante generar presión sobre el biopolímero para obtener láminas uniformes y finalmente el proceso de secado ideal para este material es generando calor constante, se propone un rango de 80 a 120 grados centígrados durante periodos de 10 horas revisando las láminas entre cada ciclo para poder tener un mejor control sobre el resultado.

Gracias al conocimiento obtenido del proceso de investigación y la etapa de experimentación se puede decir que, debido a las características de estos materiales, en el caso del compuesto con concreto es posible que se pueda desarrollar e implementar en escenarios arquitectónicos como en muros no estructurales, revestimiento de interiores, división de espacios e incluso aislamiento de sonido debido a las cámaras de aire presentes en la fibra. En el caso del biopolímero puede ser

una solución viable para reemplazar materiales contaminantes como el caso de los plásticos de un solo uso, así como en el caso del concreto es posible el desarrollo de este en revestimientos y diseño de interiores debido a su aporte en la reducción de peso, así como en paneles de difusión del sonido teniendo en cuenta la geometría.

Finalmente se espera que los materiales de información producidos en el desarrollo de este proyecto sirvan como base para nuevas aplicaciones de productos teniendo en cuenta que la experimentación con este tipo de materiales debe continuar para llegar a mejores resultados y llegar a valiosos avances en el futuro.

### **8.1. Aprendizajes.**

Este proyecto representó un gran reto debido a diversas situaciones como la pandemia que en gran medida retrasó el proceso del proyecto en vista de que no fue posible acceder tanto a la fibra como a equipos con los que cuenta la universidad para el desarrollo de la experimentación.

Fue particularmente crítico el acercamiento a este ecosistema y la comunidad aledaña que depende de él emprendiendo la búsqueda de posibles oportunidades de mejora desde el diseño industrial poniendo a prueba las cualidades interdisciplinarias que son vitales en esta carrera, todo esto me dio la oportunidad de aprender no solo acerca de otros campos como la química sino también de mis profesores y en gran medida de mis compañeras quienes fueron de gran ayuda en toda esta experimentación además de ser un gran apoyo.

Fue además muy satisfactorio llevar este proceso a cabo no solo por todas las enseñanzas adquiridas sino porque fue muy positivo para mi persona usar esta carrera para diseñar para causas que considero son nobles.

## **8.2.Direcciones futuras**

El objetivo de este proyecto fue servir como base para que las personas que en el futuro se interesen por el tema o quieran hacer parte de este semillero de investigación puedan tener un punto de partida para seguir experimentando y realizando pruebas para avanzar en el desarrollo de estos materiales, para esto es necesario realizar pruebas tanto físicas como químicas para tener datos más precisos sobre los potenciales y propiedades de estos materiales en ambos casos de la experimentación, así como profundizar en el uso de estos materiales en diversos escenarios de aplicación e involucrar a las comunidades afectadas por las problemáticas evidenciadas.

## 9. Anexos

### Anexo A. Registro de datos y procesos.

#### REGISTRO DE DATOS

SEMANA 22	MATERIALES	FÓRMULA/PORCENTAJES	PROCEDIMIENTO	RESULTADOS	NOTAS
CONCRETO 1	Cemento blanco	-	Incorporar el cemento blanco con el agua, verter la mezcla sobre la fibra cortada hasta llenar el molde y dejar fraguar la mezcla.	Peso	Ya que esta fué la primera aproximación al material, no se siguió una fórmula, sin embargo se pudo notar que la fibra empezó a flotar unos minutos después de dejar reposando la mezcla. Fué necesario poner un peso sobre el molde para mantener la fibra en su lugar.
	Agua	-		81 g	
	Fibra cortada	-			
	Fibra triturada	N/A			
	Molde de acetato				
SEMANA 23					
BIOPOLÍMERO 1	Agua	60%	Mezclar todos los ingredientes exeuptuando la fibra y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, mezclar con la fibra y extender sobre el molde.	Esta mezcla no pudo completar el proceso ya que debido al porcentaje de carragenina se secó muy rápido.	
	Vinagre	20%			
	Glicerina	2.5%			
	Almidón	15%			
	Carragenina	2.5%			
	Fibra				
BIOPOLÍMERO 2	Agua	90%	Mezclar todos los ingredientes exeuptuando la fibra y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, acomodar los trozos de fibra en el molde, verter la mezcla sobre la fibra y llevar al horno a una temperatura de 80°C.	Esta mezcla tuvo un proceso de secado de varios días, parte de la mezcla fue absorbida por el molde ya que estaba hecho de varias capas de MDF, la membrana logró mantener la fibra en su lugar y resultó ser una película flexible.	
	Vinagre	5%			
	Glicerina	2.5%			
	Almidón	3%			
	Carragenina	0.5%			
	Fibra cortada				
SEMANA 24					
CONCRETO 2	Cemento blanco	60%	Incorporar el cemento blanco con el agua. Verter una capa de la mezcla en el molde. Ubicar la fibra sobre la mezcla, dejar fraguar y verter la mezcla sobre la fibra cortada hasta llenar el molde y dejar fraguar.	Peso	Esta vez diferencíé la primera capa de concreto con colorante azul y verde, debido al proceso empleado en esta ocasión la fibra no flotó en la mezcla y logró quedar encapsulada. La mezcla se agrietó debido a que la cantidad de cemento no era suficiente para mantener la forma.
	Agua	40%		74 g	
	Fibra cortada	-			
	Fibra triturada	N/A			
	Molde de acetato				
BIOPOLÍMERO 3	Agua	49%	Mezclar todos los ingredientes exeuptuando la fibra y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego y mezclar con la fibra triturada, extender sobre el molde y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°.	Esta mezcla resultó ser manejable y se secó satisfactoriamente, las láminas del biopolímero se curvaron surante el proceso de secado.	
	Vinagre	21%			
	Glicerina	3.5%			
	Almidón	26.5%			
	Fibra cortada	-			
	Fibra triturada	90%			
SEMANA 26					
CONCRETO 3	Cemento blanco	70%	Licuar el agua con la fibra y mezclar con sel cemento, verter esta mezcla en el molde y dejar fraguar.	Peso	Esta mezcla no se agrietó, al desmoldar se encontraron porosidades más significativas en la base y laterales, se virtió la mezcla en un molde de silicona y lás porosidades no fueron tan significativas.
	Agua	30%		67 g	
	Fibra cortada	no			
	Fibra triturada	si			
	Molde de acetato				
CONCRETO 4	Cemento blanco	70%	Mezclar el cemento con la fibra e incorporar el agua, verter esta mezcla en el molde y dejar fraguar.	Peso	Esta mezcla fue la más liviana de esta tanda, quedaron porosidades en la superficie de la muestra por la forma en la que se incorporaron los elementos.
	Agua	30%		50 g	
	Fibra cortada	no			
	Fibra triturada	si			
	Molde de acetato				
CONCRETO 5	Cemento blanco	70%	Mezclar el cemento el agua e incorporar la fibra, verter una capa de esta mezcla en el molde incorporar la fibra cortada sobre esta capa, verter el resto de la mezcla hasta cubrir la fibra cortada y dejar fraguar.	Peso	Esta mezcla se hizo en un molde distinto porque no se pretendía hacer una comparación de pesos sino observar el comportamiento de la mezcla, en esta casi la fibra cortada no flotó.
	Agua	30%		70.2 g	
	Fibra cortada	si			
	Fibra triturada	si			
	Molde de plástico				

**SEMANA 27**

BIOPOLÍMERO 4	Agua	57.5%	Mezclar todos los ingredientes expeptuando la fibra y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego y mezclar con la fibra triturada, extender sobre la lámina de aluminio y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	el resultado de la muestra fué satisfactorio pero el almidón no se incorporó y no quedó uniforme, pero se va a tener en cuenta el uso de la lámina de aluminio en pruebas posteriores debido a la distribución de calor que ofrece.
	Vinagre	17.5%		
	Glicerina	2%		
	Almidón	23%		
	Fibra cortada	-		
	Fibra triturada	10 gr		
BIOPOLÍMERO 5	Agua	49%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la fibra cortada y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	Fué difícil extender la mezcla en el molde ya que debido al porcentaje de almidón quedó muy espesa, al desmoldar encapsulé la fibra y quedó rígida pero de un color opaco, se descartaron estos porcentajes ya que sería ideal hallar una mezcla más manejable y translúcida.
	Vinagre	21%		
	Glicerina	4%		
	Almidón	26%		
	Fibra cortada	-		
	Fibra triturada	-		
BIOPOLÍMERO 6	Agua	90%	Mezclar todos los ingredientes expeptuando la fibra y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego y mezclar con la fibra triturada, extender sobre el molde y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	No es posible extender la mezcla, así que se vertió en un molde hasta sumergir la fibra, los resultados no fueron satisfactorios ya que la fibra absorbió la mezcla aunque conservó la forma.
	Vinagre	5%		
	Glicerina	2%		
	Almidón	3%		
	Fibra cortada	trozos largos		
	Fibra triturada	-		
BIOPOLÍMERO 7	Agua	90%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la fibra cortada en trozos y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	No es posible extender la mezcla, así que se vertió en un molde hasta sumergir la fibra, los resultados no fueron satisfactorios ya que la fibra absorbió la mezcla aunque conservó la forma.
	Vinagre	5%		
	Glicerina	2%		
	Almidón	3%		
	Fibra cortada	trozos pequeños		
	Fibra triturada	-		
BIOPOLÍMERO 8	Agua	90%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la fibra cortada en Láminas y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	No es posible extender la mezcla, así que se vertió en un molde hasta sumergir la fibra, los resultados no fueron satisfactorios ya que la fibra absorbió la mezcla y al ser fibra triturada resultó el resultado fue una pasta.
	Vinagre	5%		
	Glicerina	2%		
	Almidón	3%		
	Fibra cortada	-		
	Fibra triturada	si		

**SEMANA 28**

CONCRETO 6	Cemento blanco	66.5%	Mezclar el cemento el agua, verter esta mezcla en el molde y dejar fraguar	Peso	85.1	Se tomó esta mezcla con el propósito de tomarla como punto de referencia para las otras muestras que contienen fibra.
	Agua	33.5%				
	Fibra cortada	no				
	Fibra triturada	no				
	Molde de acetato	-				
CONCRETO 7	Cemento blanco	66.5%	Mezclar el cemento el agua, verter una capa de esta mezcla en el molde incorporar la fibra cortada y dejar fraguar.	Peso	76.6	El peso de la muestra se redujo un 11% respecto a la muestra sin fibra.
	Agua	33.5%				
	Fibra cortada	si				
	Fibra triturada	no				
	Molde de acetato	-				
CONCRETO 8	Cemento blanco	66.5%	Mezclar el cemento el agua e incorporar la fibra, verter la mezcla en el molde y dejar fraguar.	Peso	79.5	El peso de la muestra se redujo un 7% respecto a la muestra sin fibra.
	Agua	33.5%				
	Fibra cortada	no				
	Fibra triturada	si				
	Molde de plástico	-				
CONCRETO 9	Cemento blanco	66.5%	Mezclar el cemento y el agua e incorporar la fibra, verter una capa de esta mezcla en el molde incorporar la fibra cortada sobre esta capa, verter el resto de la mezcla hasta cubrir la fibra cortada y dejar fraguar.	Peso	64.5	El peso de la muestra se redujo un 25% respecto a la muestra sin fibra.
	Agua	33.5%				
	Fibra cortada	si				
	Fibra triturada	si				
	Molde de plástico	-				

**SEMANA 29**

BIOPOLÍMERO 9	Agua	55%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la fibra cortada en Láminas y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	Esta vez se puso la mezcla entre dos láminas de aluminio obteniendo una muestra más uniforme, también se logró una lámina rígida y con mayor transparencia respecto a la anterior muestra.
	Vinagre	16%		
	Glicerina	5%		
	Almidón	24%		
	Fibra cortada	-		
	Fibra triturada	-		
BIOPOLÍMERO 10	Agua	75%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la fibra cortada en Láminas y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	la mezcla se horneó en un molde de silicona, tardó más en secar aunque con resultados satisfactorios, se logró una pequeña lámina rígida aunque curvada ya que no se le hizo presión o se le puso peso a la hora de hornear.
	Vinagre	5%		
	Glicerina	4%		
	Almidón	16%		
	Fibra cortada	-		
	Fibra triturada	-		

SEMANA 30

CONCRETO 10	Cemento	66.5%	Mezclar el cemento con el agua, incorporar la fibra picada, verter en el molde y dejar fraguar.	Peso	101 g	A diferencia de las muestras de cemento blanco, estas muestras presentan menor diferencia en cuanto al peso, más específicamente entre las mezclas 10 y 11 que corresponden a las mezclas de concreto con fibra cortada y concreto con fibra
	Agua	33.5%				
	Fibra cortada	si				
	Fibra triturada	no				
	Molde de acetato					
CONCRETO 11	Cemento	66.5%	Mezclar el cemento el agua, verter esta mezcla en el molde, incorporar la fibra, cubrirla con el resto de la mezcla y dejar fraguar.	Peso	102 g	A diferencia de las muestras de cemento blanco, estas muestras presentan menor diferencia en cuanto al peso, más específicamente entre las mezclas 10 y 11 que corresponden a las mezclas de concreto con fibra cortada y concreto con fibra
	Agua	33.5%				
	Fibra cortada	no				
	Fibra triturada	si				
	Molde de acetato					
CONCRETO 12	Cemento	66.5%	Mezclar el cemento y el agua e incorporar la fibra, verter una capa de esta mezcla en el molde incorporar la fibra cortada sobre esta capa, verter el resto de la mezcla hasta cubrir la fibra cortada y dejar fraguar.	Peso	87 g	esta muestra mostró resultados satisfactorios a comparación de las muestras que solo contaban con la fibra cortada o triturada.
	Agua	33.5%				
	Fibra cortada	si				
	Fibra triturada	si				
	Molde de acetato					
CONCRETO 13	Cemento	66.5%	Mezclar el cemento el agua, verter esta mezcla en el molde y dejar fraguar	Peso	117g	
	Agua	33.5%				
	Fibra cortada	no				
	Fibra triturada	no				
	Molde de acetato					

SEMANA 31

BIOPOLÍMERO 11 (lámina1)	Agua	55%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la Láminas de aluminio, cubrir con la siguiente y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	Lapreparación de la mezcla del biopolímero con base en la fórmula utilizada en la muestra #9 ya que mostró resultados satisfactorios aunque al hacer la lámina más grande y delgada no conservó la misma rigidez que la muestra de la que se tomó referencia.
	Vinagre	16%		
	Glicerina	5%		
	Almidón	24%		
	Fibra cortada			
	Fibra triturada			
BIOPOLÍMERO 12 (lámina 2)	Agua	73%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la lámina de aluminio, ubicar la fibra sobre la mezcla, cubrir la fibra con el resto de la mezcla, cubrir con la próxima lámina de aluminio y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	Esta lámina presentó más flexibilidad que la anterior aunque presenta algunas grietas en la superficie, también se observó que la fibra se desplazó hacia los extremos de la lámina.
	Vinagre	5%		
	Glicerina	5%		
	Almidón	17%		
	Fibra cortada			
	Fibra triturada			
BIOPOLÍMERO 13 (lámina3)	Agua	73%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la lámina de aluminio, ubicar la fibra sobre la mezcla, cubrir la fibra con el resto de la mezcla, cubrir con la próxima lámina de aluminio y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	Esta lámina conservó la misma propiedad de flexibilidad que la anterior con la diferencia que no presentó las ismas grietas en la superficie, también se observó que la fibra se desplazó hacia los extremos de la lámina.
	Vinagre	5%		
	Glicerina	5%		
	Almidón	17%		
	Fibra cortada			
	Fibra triturada			
BIOPOLÍMERO 14 (lámina4)	Agua	49%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la Láminas de aluminio, cubrir con una capa de fibra cortada, cubrir con la siguiente capa de mezcla y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	La preparación de la mezcla del biopolímero con base en la fórmula utilizada en la muestra #3 ya que mostró resultados satisfactorios aunque al hacer esta muestra más delgada y extenderse sobre una superficie más grande presentó agrietamientos significativos.
	Vinagre	21%		
	Glicerina	4%		
	Almidón	26%		
	Fibra cortada			
	Fibra triturada			
BIOPOLÍMERO 15 (lámina 5)	Agua	75%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, mezclar con fibra triturada y extender sobre la Láminas de aluminio, cubrir con una capa de fibra cortada y cubrir con la siguiente capa de mezcla sin fibra, por último cubrir con la última lámina de aluminio y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	En el caso de esta muestra se mezcló la fibra en sus diferentes presentaciones y teniendo presente que a mayor cantidad de fibra triturada se presente una mayor rigidez, en este caso se disminuyó la cantidad de fibra triturada para mantenerla flexible, esta también presentó una disminución del biopolímero a lo largo de la lámina causando pequeños agujeros.
	Vinagre	5%		
	Glicerina	4%		
	Almidón	16%		
	Fibra cortada			
	Fibra triturada			
BIOPOLÍMERO 16 (lámina 6)	Agua	55%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego e incorporar la fibra, extender sobre la Láminas de aluminio y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	para la preparación de esta muestra se aumentaron las cantidades para generar una lámina más gruesa, esta tuvo resultados satisfactorios de plasticidad aunque se observan algunos agujeros a lo largo de la lámina.
	Vinagre	16%		
	Glicerina	5%		
	Almidón	24%		
	Fibra cortada			
	Fibra triturada			
BIOPOLÍMERO 17 (lámina 7)	Agua	55% - 75%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, mezclar con fibra triturada y extender sobre la Láminas de aluminio, cubrir con una capa de fibra cortada y cubrir con la siguiente capa de mezcla sin fibra, por último cubrir con la última lámina de aluminio y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	esta muestra no pudo ser llevada a término ya que se aumentaron las cantidades de los componente y debido a esto no pudo completar el proceso en el horno.
	Vinagre	16% - 5%		
	Glicerina	5% - 4%		
	Almidón	24% - 16%		
	Fibra cortada			
	Fibra triturada			
BIOPOLÍMERO 18 (lámina 8)	Agua	49%	Mezclar todos los ingredientes y poner sobre fuego moderado hasta que la mezcla espese, retirar del fuego, extender sobre la fibra cortada y llevar al horno en ciclos de 10 horas a 80°	esta lámina tuvo un proceso satisfactorio de secado ya que estuvo en el horno sin estar acompañada de otras láminas que retrasaran el proceso a diferencia de las anteriores.
	Vinagre	21%		
	Glicerina	4%		
	Almidón	26%		
	Fibra cortada			
	Fibra triturada			

## 10. Referencias

- Ajithram, A., Winowlin Jappes, JT y Brintha, NC (2020). *Water hyacinth (Eichhornia crassipes) natural composite extraction methods and properties – A review*
- Botero-Jaramillo E., Romo-Organista MP, Méndez-Urquidez BC, González-Blandon C. (2013). *Desarrollo de un material compuesto ultraligero para construir la plataforma de una mesa vibradora*. Ingeniería Investigación y Tecnología, 14, 595–611. 2022, marzo 20, Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72269-8](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72269-8).
- British Design council: metodología del doble diamante.
- Bustamante Sanint, S. (2010). *Modelado de especies invasoras, caso de estudio: pérdida del espejo de agua en la laguna de Fúquene por invasión del buchón (Eichhornia crassipes)*. Pontificia Universidad Javeriana facultad de ingeniería.
- C. Borgemeister, B. Ekasingh, G. Hawtin, K. Kumar, J. Lynam, R. K. Oniang'o, N. Spence, J Waage. (2015). Science Review of CABI. CABI, 2015, pp. 13-20.
- Corporación autónoma regional CAR. (2018). *Plan de manejo ambiental distrito de regional de manejo integrado complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y palacio*. Dirección de gestión de ordenamiento ambiental del territorio DGOAT.
- Corporación autónoma regional CAR. (2020). *informe anual del estado de los recursos naturales y del ambiente del departamento de Cundinamarca*. contraloría de Cundinamarca.
- Corporación autónoma regional CAR. (2020). *Tercer informe de avance convenio No. 1288 de 2014*. CAR, Corpoguvio, conservación internacional y ONF.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. 2020. *Plan de Prevención, Manejo y Control del buchón de agua (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR*. 47p.

- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Conservación Internacional Colombia (2011). *Propuesta de declaratoria como área protegida de carácter regional del complejo de humedales Fúquene, Cucunuba y Palacio junto con el plan de manejo ambiental. Informe final*. Bogotá: CAR, Conservación Internacional. 483 p.
- Departamento Nacional de Planeación. (07 de 10 de 2018). Obtenido de El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES:  
<https://www.dnp.gov.co/CONPES/Paginas/conpes.aspx>
- Departamento Nacional de Planeación. (2006). CONPES 3451. *Estrategia para el manejo ambiental de la cuenca Ubaté – Suárez*. Bogotá.
- Díaz-Espinosa A.M., Díaz-Triana J.E Y O. Vargas. (Eds) 2012. *Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá*. Grupo de restauración ecológica de la Universidad Nacional de Colombia Y Secretaría distrital de ambiente. Bogotá, D.C., Colombia. 248 P.
- Díaz-Espinosa A.M., Díaz-Triana J.E Y O. Vargas. (Eds). 2012. *Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá*. Grupo de restauración ecológica de la Universidad Nacional de Colombia Y Secretaría distrital de ambiente. Bogotá, D.C., Colombia. 248 P.
- Gopal B., y K. P. Sharma. 1981. *Water Hyacinth (Eichornia crassipes) the most troublesome weed of the world*. Hindasia, Delhi
- Hellmann, J., J. Byers, B. Bierwagen, and J. Dukes. 2008. *Five potential consequences of climate change for invasive species*. Conservation Biology 22:534-543.
- Herrera, N.E. 1996. *Listado general de oficios artesanales. Centro de Investigación Documentación Artesanal "CENDAR"*, Artesanías de Colombia Desarrollo Económico - Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Bogotá.
- Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt, (2004). *Clasificación y estado actual de los hábitats de la laguna*. fundación de humedales.
- Linares, EL, G. Galeano, N. García & Y. Figueroa. 2008. *Fibras Vegetales Utilizadas en Artesanías en Colombia*. Artesanías de Colombia SA, Instituto de Ciencias Naturales- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 328 págs.

- Lonsdale, W. 1999. *Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility*. Ecology 80:1522-1536.
- Madikizela, LM (2021). *Eliminación de contaminantes orgánicos en el agua utilizando jacinto de agua (Eichhornia crassipes)*. Revista de Gestión Ambiental, 295, 113153. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113153
- Materials today: proceedings. doi:10.1016/j.matpr.2020.08.472
- Montoya Moreno, Yimmy y Aguirre R., Néstor (2009). *Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables (Ciénagas) en Colombia*. Gestión y Ambiente, 12 (3),85-105. [fecha de Consulta 15 Agosto de 2021]. ISSN: 0124-177X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169420685007>
- Mora - Goyes M.F. & J.I. Barrera-Cataño. 2015. *Catálogo de especies invasoras del territorio CAR.*– CAR. Bogotá, D.C. 220p.
- N. Abilash, M. Sivaragash. (1 enero de 2013). *Environmental Benefits of reinforced with ecological natural fiber polymeric composite materials*. International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management (IJAIEM), Volumen 2, pp. 2-7.
- Pinilla Agudelo, G. A. (1991). *El buchón de agua de maleza a fuente de riqueza*. Revista La Tadeo, 29, 44–45.
- Pradhan, S., Borah, AJ, Poddar, MK, Dikshit, PK, Rohidas, L., Moholkar, VS, *Microbial production, ultrasound-assisted extraction and characterization of biopolymer polyhydroxybutyrate (PHB) from terrestrial (P. hysterophorus) and aquatic (E. crassipes) invasive weeds*. Bioresource technology (2017), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.117>
- Roldán, G. & Ramírez, J.J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Segunda Edición. Universidad de Antioquia, Medellín. 440 p.

- Verdejo, E., Palmerín, J. A., Aibar, J., Cirujeda, A., Taberner, A. & Zaragoza, C. 2006. *El lirio de Agua Eichhornia crassipes. Plantas Invasoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. 7pp.*

**Referencias de la web.**

- [Universidad Nacional de Colombia: Colecciones \(unal.edu.co\)](http://unal.edu.co)