

**Verpak:** desarrollo de un empaque biodegradable reforzado con fique  
para productos tecnológicos

Presentado por:

Ana Gabriela Cuéllar Galindo.

Asesores Académicos:

Juan Manuel España PhD y Andrés Téllez PhD.

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 2019

## 1. RESUMEN

El proyecto de grado desarrollado en este documento, muestra la experimentación de biopolímeros reforzados con fibras vegetales. En el desarrollo de esta experimentación, se empleó un biopolímero a base de almidón de yuca y fique. Mediante esta mezcla se logra producir un material biodegradable en donde la fibra vegetal proporciona características adicionales al producto. En la actualidad el uso excesivo de plástico ha ocasionado que la mayoría de productos de un solo uso se fabriquen en este material y su descomposición sea larga. Por esta razón, se han buscado diferentes alternativas donde los componentes sean renovables y amigables con el medio ambiente. Esta propuesta, de un nuevo material biodegradable que emplea fibras vegetales y almidón de yuca, revela una nueva aplicación para productos de un solo uso, como lo son los empaques.

**PALABRAS CLAVE:** Fibra vegetal, fique, almidón de yuca, biopolímeros, empaques tecnológicos, biodegradable.

## 2. ABSTRACT

The project developed in this document, has the intention of showing the experimentation of biopolymers reinforced with vegetable fibers. In the development of this experimentation, a biopolymer based on cassava starch and fique is used, with this mixture, a biodegradable material is produced. Nowadays, the excessive use of plastic has caused that the majority of the products are manufactured in this material and its decomposition takes a long time. For this reason, the need for different alternatives where the components are renewable and friendly to the environment is imperative. This proposal of a new biodegradable material that uses vegetable fibers and cassava starch reveals a new application for single-use products, such as packaging.

**KEYWORDS:** natural fiber, biopolymer, fique, cassava starch, packaging technology, biodegradable.

Agradezco a Dios y mi familia  
Por acompañarme durante este  
Proceso y a mi amiga  
Natalia Ruiz Román.

## Tabla de contenido

<b>1. Resumen</b> .....	2
<b>2. Abstract</b> .....	3
<b>3. Agradecimientos</b> .....	4
<b>4. Lista de figuras y tablas</b> .....	7
<b>5. Introducción</b> .....	8
3.1. Definición del problema.....	9
3.2. Justificación .....	10
3.3. Limites y alcances .....	11
3.3.1. Limites.....	11
3.3.2. Alcances.....	11
<b>4. Objetivos</b> .....	13
4.1 General.....	13
4.2. Específicos.....	13
<b>5. Marco de referencia</b> .....	14
5.1 Marco teórico - Definiciones.....	17
5.1.1. Fibra Vegetal.....	17
5.1.2. Fique.....	18
5.1.3. Biodegradable.....	20
5.1.4. Biopolímero.....	20
5.1.5. Residuos Agrícolas.....	21
5.1.6. Empaque.....	22
5.1.7. Empaque Secundario.....	24
5.1.8. NTC 5517.....	25
5.1 .9. Almidón.....	26
5.1.1.0. Al Legislación Medioambiental: Directiva 94/62/CE.....	26
5.2. Estado del arte.....	28
5.2.1. Cytbia.....	29
5.2.2. Avani.....	30
5.2.3. Pleska.....	31

5.2.4. Láminas de almidón de yuca.....	32
5.2.5. TPS.....	33
5.2.6. Fique como aislante térmico.....	33
5.2.7. Usos de la cáscara de Banano.....	34
5.2.8. Biocompuestos reforzados con fibra vegetal.....	35
5.2.9. Almidón termoplástico de yuca reforzado con fibra de fique.....	35
5.2.10. Caracterización físico-mecánica de un almidón termoplástico (TPS) de yuca y análisis interfacial con fibras de fique.....	36
5.2.11. Propiedades mecánicas de matrices hechas de harina pregelatinizada de yuca y fique.....	37
<b>6. Metodología.....</b>	<b>39</b>
6.1. Estrategia metodológica.....	39
6.2. Métodos.....	40
6.2.1. Descubrir.....	40
6.2.2. Definir.....	41
6.2.3. Desarrollar.....	41
6.2.4. Entregar.....	41
<b>7. Resultados.....</b>	<b>43</b>
7.1. Investigación.....	43
7.2. Desarrollo del producto.....	43
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>47</b>
8.1. Conclusiones del proyecto.....	47
8.2. Aprendizajes.....	48
8.3. Direcciones futuras.....	49
<b>9. Referencias.....</b>	<b>50</b>
<b>10. Anexos.....</b>	<b>53</b>
10.1. Planos.....	53

### **Lista de figuras**

**Figura 1.** Regiones naturales de Colombia (*Linares, 2018*).

**Figura 2.** Platos elaborados con almidón de yuca.

**Figura 3.** Bolsa de almidón biodegradable Avani (*Avani, 2018*).

**Figura 4.** Empaques Pleska Andina. Pleska (*Villalobos & García, 2013*).

**Figura 5 y 6.** Láminas de bioplástico de residuo almidón de yuca (*Trujillo Rivera, C. 2014*)

**Figura 7.** El doble diamante con más detalle.

**Figura 8 y 9.** Bocetación 3D.

### **Lista de tablas**

**Tabla 1.** Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina (porcentaje en peso) – tesis aprovechamiento de los residuos solidos orgánicos en Colombia

**Tabla 2.** Materiales utilizados en los empaques y embalajes (*Cámara de comercio, 2012*).

**Tabla 3.** Valores medios de las propiedades mecánicas para las matrices obtenidas (*Cámara de comercio, 2012*).

### 3. 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 las fibras vegetales, posicionando a la Escuela de Diseño de Producto y al programa de Diseño Industrial de la Utadeo en la vanguardia de la investigación en este campo. El autor de este documento es miembro activo del semillero.

El uso indiscriminado de materiales y compuestos sintéticos altamente contaminantes “ha generado serios problemas ecológicos contribuyendo a la contaminación ambiental provocada por desechos sólidos de baja degradabilidad, lo que ha impulsado a la búsqueda de biopolímeros naturales” (Villada, 2007). Como respuesta a este problema, científicos e ingenieros han desarrollado plásticos biodegradables que se obtienen a partir de fuentes renovables, como las plantas. En la naturaleza se puede encontrar fibras renovables las cuales tienen “baja densidad, presentan facilidad de separación, alta dureza, resistencia a la corrosión, reducción de irritación cutánea y respiratoria” (Buitrago, 2016).

El uso de fuentes naturales como materias primas en la producción de productos, ha dejado como resultado la optimización de los residuos agroindustriales. Desde hace varias décadas estos residuos han sido objeto de estudios de varios investigadores a nivel mundial. “En la década de los 70’s, una parte importante de los biotecnólogos de todo el mundo enfocaron sus investigaciones hacia la utilización y aprovechamiento de los residuos agroindustriales para la producción de compuestos” (Saval, 2012).

En la actualidad, como lo menciona Steffens (2017), las propiedades físicas de las fibras vegetales (microestructura, resistencia, capacidad de torsión, tensión, flexión, entre

otras) o químicas (composición, estructura) pueden ser aplicables a materiales compuestos, brindando ventajas funcionales y estructurales. Adicionalmente, por tratarse de fibras naturales o de desechos provenientes de la actividad agrícola, podrían considerarse superiores, en términos de impacto ambiental y huella ecológica, a las fibras sintéticas (Steffens, Steffens , & Oliveira, 2017).

Este proyecto se basa en el aplicación de materiales biodegradables en aprovechamiento al máximo de las fibras vegetales; en este caso, se hace uso de la mota de fique junto con almidón de yuca, esto con el fin de generar un biopolímero reforzado con fibras naturales para encontrar nuevas aplicaciones en productos de un solo uso. Por su ciclo de vida corto, se plantea el uso de este material para la elaboración de empaques tecnológicos. Gracias a las características del fique se logra un material resistente y amigable con el medio ambiente.

### **3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El uso del plástico es indispensable en esta era. Las grandes industrias emplean este derivado del petróleo en sus productos y su producción masiva ha originado un gran problema para el medio ambiente. La vida útil de estos productos es muy corta y su ciclo de descomposición requiere de mucho tiempo y esfuerzo de la naturaleza. Este alto impacto ambiental ha ocasionado que se busquen nuevas alternativas para mitigar esta problemática.

El uso de fibras vegetales ha sido una gran propuesta, esta materia prima se encuentra en los cultivos agrícolas durante el proceso de transformación. El esfuerzo productivo, se ve afectado por el alto volumen de desperdicios y estos desechos en su

mayoría no son utilizados. Al implementar las fibras vegetales dentro de los procesos industriales, se busca el máximo aprovechamiento de esta materia prima y se resaltan las propiedades que tiene cada una.

Mediante el proceso de experimentación se pudo identificar grandes ventajas en el fique ya que se deja organizar al momento de ser aplicado en el molde y sus propiedades de resistencia como se explica en el “Análisis mecánico del compuesto polietileno aluminio reforzado con fibras cortas de fique” (Hidalgo, Muñoz, & Quintana, 2012) y su capacidad de soportar una carga alta como se ve el resultado en el documento de “Almidón termoplástico de yuca reforzado con fibra de fique” (Luna, Villada, & Velasco, 2009). Esta opción abre la posibilidad de incrementar el uso de los materiales biodegradables en productos de alto consumo, los cuales son de un solo uso y su descomposición requiere de muchos años.

### **3.2. JUSTIFICACIÓN**

El cuidado ambiental es un tema de gran importancia a nivel mundial, los altos niveles de contaminación están acabando con la vida y con el planeta. Hoy en día la mayoría de empaques plásticos son usados una vez y luego son desechados, dejando de lado que el ciclo de descomposición de estos elementos es muy largo. Por consiguiente, es de gran importancia encontrar alternativas en las que se produzcan compuestos que sean amigables con el medio ambiente. Los materiales biodegradables han sido una solución para esta problemática.

La elaboración de productos biodegradables tiene como materia prima compuestos

vegetales, los cuales cuentan con características mejoradas a las que ofrece el plástico. Por esta razón, el desarrollo de este proyecto busca implementar el material desarrollado para la aplicación de producto, especialmente en empaques, con el fin de proporcionar un producto mas resistente y menos contaminante. Intrínsecamente también mejora el trato que los seres humanos tienen con el medio ambiente, del mismo modo, las cadenas productivas y la remuneración de quienes trabajan en las fibras vegetales.

### **3.3. LIMITES Y ALCANCES**

Este proyecto de grado se desarrolló en el grupo de estudio de fibras naturales del Semillero de Diseño, Pensamiento y Creación. Al ser parte de un proceso investigativo mancomunado, el proyecto tiene como beneficio que puede seguir siendo trabajado por otro miembro activo del semillero. En el estudio de biopolímeros reforzados con fique estos fueron sus limites y sus alcances.

#### **3.3.1. Limites:**

1. El compuesto final no se pudo someter a comprobaciones físicas para evaluar las características del material y las propiedades de la fibra.
2. El material final no se pudo comprobar en diferentes usos o productos.
3. El producto final no se pudo comprobar en el uso.

#### **3.3.2. Alcances:**

1. Experimentalmente, se logró una mezcla optima entre el biopolímero y el fique en la cual no se generaron hongos y la fibra de fusionó exitosamente con el biopolímero.

2. Formalmente, la mezcla de biopolímero logró copiar de manera adecuada la forma del molde en donde se estaban realizando la pruebas.
3. Ambientalmente, el material es completamente biodegradable y no genera un impacto negativo al medio ambiente.
4. En el material, las propiedades del biopolímero reforzado con fique se potencializan. Soporta más carga y esto lo hace más resistente.
5. El proyecto, puede seguir evolucionando. Se pueden buscar nuevas aplicaciones del material.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general:**

Desarrollo de empaques utilizando materiales biodegradables y biopolímeros reforzados con fibras vegetales.

### **4.2. Objetivos específicos:**

- Plantear un empaque secundario para productos tecnológicos especializados.
- Aplicar las características de biopolímeros reforzados con fibras al diseño de empaques.
- Generar un empaque resistente a los impactos y de bajo costo que sea 100% biodegradable.

## 5. MARCO DE REFERENCIA

De acuerdo Siart (2014) las fibras vegetales son todos los elementos estructurales que hacen parte de los tejidos orgánicos de las plantas. Estos compuestos no son usados en un 100% debido a la falta de información. “Las fibras vegetales tienen una trascendencia económica, pero solo se aprovechan unas cuantas; el resto es explotado a pequeña escala, debido a falta de conocimiento de sus propiedades físicas, químicas o mecánicas” (U.S.Cong, 2008). Este desconocimiento ha ocasionado que el uso de esta materia prima no sea relevante. Para este proyecto se tendrá en cuenta el uso de este material con el fin de conocer sus propiedades y aplicaciones. En el proceso de investigación se trabajará con la planta de fique y con la palma coco.

Para Linares, Galeano, García y Figueroa (2008) el fique, planta del género *Furcraea* es originario de América tropical, desde Costa Rica hasta Bolivia. En Colombia crece desde el nivel del mar hasta 2700 m aproximadamente, sobre suelos secos o áreas rocosas. Son plantas grandes, con un tallo sin ramificación de hasta 1.5 m de alto. Tienen hojas numerosas, más de 100, de hasta 2 m de largo y 20 cm de ancho. Los indígenas que poblaron Colombia y se establecieron a lo largo de Los Andes, manufacturaban la fibra de fique desde tiempos muy antiguos, como lo demuestran las mochilas, cuerdas y telas halladas en los depósitos funerarios, similares en diseño y forma a las que actualmente usan los indígenas de la Sierra Nevada de Santa Marta o las que se elaboran en varios sitios de Colombia.

Linares, et al (2008) describen la palma de coco como una palma corpulenta, de hasta 10 m de alto, con numerosas y enormes hojas erguidas. Las flores están dispuestas en racimos que nacen entre las hojas y están envueltas, hasta antes de que el fruto madure. Se

utiliza la bráctea fibrosa de color café que cubre el racimo de flores. El uso ancestral de la bráctea de “cabecinegro” era como utensilio, en forma de red, para la pesca de larvas de camarones y peces en los ríos, cerca de los estuarios, y quizás también, como cernidor en labores culinarias. El uso tradicional de la bráctea por parte de las comunidades negras del Pacífico, consiste en cortarla en forma adecuada y doblarle los bordes para utilizarla como gorro.

En su mayoría, las fibras vegetales no son utilizadas en un 100%, siempre existen residuos los cuales se vuelven desechos orgánicos. Los residuos o desechos orgánicos, “son aquellos residuos químicos o naturales que se descomponen fácilmente en el ambiente. En esta clasificación se encuentran las frutas, vegetales, resto de alimentos madera y otros residuos que puedan ser transformados en materia orgánica” (Menoscal & Rodríguez, 2017). En los procesos agrícolas, estos residuos se producen en grandes cantidades y al no tener un control sobre este alto volumen de desechos, el medio ambiente no puede transformar esto para su beneficio, se vuelve un problema para el ecosistema.

Esta problemática, de residuos orgánicos en alto volumen ya está siendo medida y estudiada por entidades ambientales. Existen diversos indicadores para examinar la contaminación que generan estos residuos sobre la fauna y flora de los ecosistemas. Entre estos indicadores están el DBO, demanda biológica de oxígeno y el DQO, demanda química de oxígeno, los cuales son parámetros en la medición del grado de contaminación de las aguas residuales. Por ejemplo, la planta de fique sólo es aprovechada en un 4%, el 96% restante es considerado desecho. Este porcentaje incluye la fibra corta, el bagazo y el jugo.

El jugo de fique contienen un alto porcentaje de un componente llamado saponina<sup>1</sup>. Las propiedades de la saponina, son semejantes a la de los jabones, este componente puede llegar a ser tóxico si no es bien manejado. Por ejemplo, si después de la extracción de la fibra, este jugo es vertido en un afluente, la vida acuática se va a ver afectada por la saponina, ya que absorbe todo el oxígeno del agua y no se degrada.

La falta de información y el desaprovechamiento de los residuos de las fibras vegetales a ocasionado un uso inapropiado de las plantas y ha generado un impacto ambiental negativo y contaminante. Optimizando las características de estos residuos, se pueden aprovechar sus beneficios y el esfuerzo productivo que se realiza para la obtención de esta materia prima. Por esta razón, el uso de los desechos orgánicos es una solución viable, ya que se utiliza el 100% de la materia prima y no se genera ningún desperdicio.

Para la utilización de estos residuos se propone crear materiales compuestos, en donde este componente (las fibras vegetales) sea fundamental para el proceso. Según López (2011), se designa como Materiales Compuestos a los que están formados por la unión íntima de dos o más componentes para optimizar las propiedades de la combinación. Los materiales compuestos en la actualidad han mejorado y reforzado muchos procesos en la industria.

---

<sup>1</sup> Glucósido de esteroides o de triterpenoides constituido por un elemento soluble en lípidos y un elemento

## 5.1 MARCO TEÓRICO – DEFINICIONES

### 5.1.1. Fibra Vegetal:

“Todos los elemento estructurales que hacen parte de los tejidos orgánicos de las plantas y constituyen su esqueleto”. (Colombia, 2014)

De acuerdo al libro “Fibras vegetales utilizadas en artesanías en Colombia”, las fibras son conjuntos de células, muy largas y estrechas que presentan membranas engrosadas con los extremos agudos y a veces ramificados, que forman bandas, redes y cordones. La forma y longitud de los cordones de las fibras varía dependiendo del órgano o tejido del cual sean extraídos y del grado de unión entre ellos, factores que definen el nivel de consistencia de las fibras.

Por otro lado, las aplicaciones de estas varían de acuerdo a las necesidades que tenga el grupo social que las emplea. Por ejemplo, en el pasado, las comunidades indígenas y campesinos de Colombia, utilizaban la totalidad del la planta (raíces, tallos, hojas, entre otros) para la elaboración de utensilios cotidianos y artesanías.

Gracias a las características que cada una de estas fibras posee, estas son clasificadas de acuerdo al uso que se le dé. El libro “Fibras vegetales utilizadas en artesanías en Colombia” utiliza el esquema empleado por Remussi (1956), Medina (1959) y Hill (1965).

- **Fibras textiles:** “Fibras largas, resistentes, cohesivas, finas, uniformes, lustrosas y duraderas, empleadas para elaborar tejidos, cuerdas y redes. Las

fibras textiles se dividen en tres grupos respecto de su origen en la planta: fibras superficiales, fibras blandas y fibras duras” (Linares et al, 2008).

- **Fibras para elaborar cepillos y escobas:** “fibras rígidas y resistentes, o también ramas y tallos delgados, obtenidas principalmente de las monocotiledóneas” (Linares et al, 2008).

- **Fibra para tejidos trenzados:** “fibras extraídas principalmente de monocotiledóneas, ya sea de las hojas, tallos o raíces. Las fibras para trenzar se dividen en tres grupos respecto de su uso: fibras para sombreros, esteras y cestería” (Linares et al, 2008).

- **Fibras para relleno:** “fibras obtenidas de pelos de la superficie interna de los frutos o de tejidos naturales, para rellenar colchones, almohadas o sillas” (Linares et al, 2008).

- **Tejidos naturales:** “fibras obtenidas principalmente del floema de grandes árboles, que generan telas con fibras trenzadas o entrecruzadas”.

- **Fibras para elaborar papel:** “fibras obtenidas principalmente del leño de plantas vasculares” (Linares et al, 2008).

### 5.1.2. Fique:

“Natural del trópico es clasificado como planta de fibra dura, de células largas y múltiples que se extienden a lo largo de los tejidos carnosos de las hojas”

(Colombia, A, 2014).

La planta de fique posee hojas numerosas que son largas y angostas de hasta 2 m de largo y 20 cm de ancho. Estas hojas carnosas contienen fibra de la planta

donde el 4% se puede emplear en la industria, el restante es considerado un residuo. Los indígenas de Colombia, empleaban en todas las regiones el uso del fique (Figura 1). Manufacturaban la fibra de fique desde tiempos muy antiguos, con esta producían mochilas, cuerdas y telas.

Regiones naturales de Colombia (*Linares, 2018*).

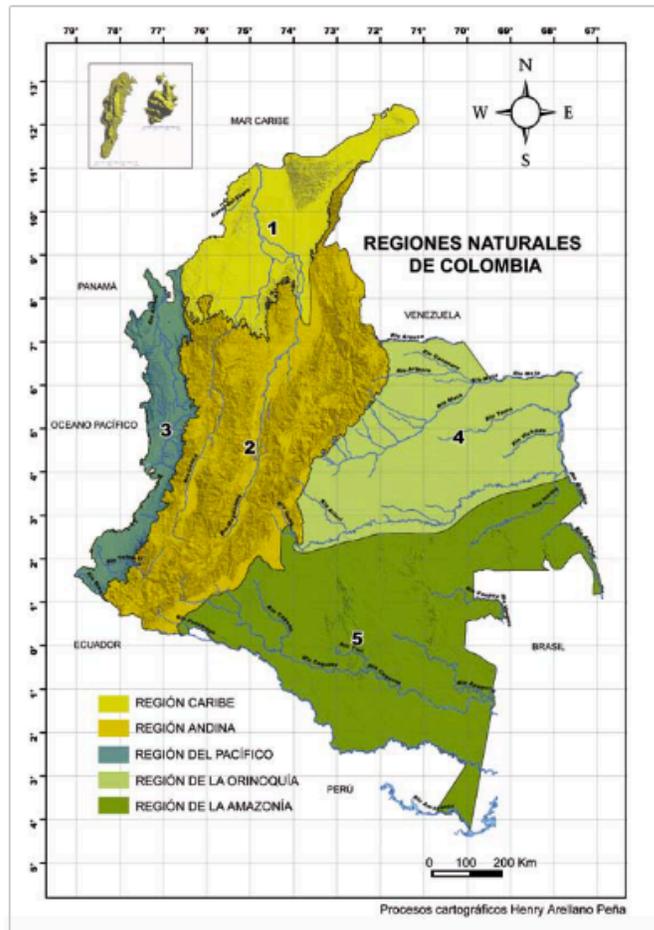


Figura 1.

Para el siglo XVIII, el sacerdote Feliciano Villalobos fundó en el Valle del Cauca la primera fábrica de empaques y lazos donde se elaboraban de manera rudimentaria los “costales” para empacar papa, arroz, maíz y café. Ya para el siglo

XX se desarrolla la industria fiquera en Colombia y para los años 50 el gobierno inicia programas agrarios donde fomenta el cultivo de fique tecnificado para garantizar la producción permanente de materia prima para la elaboración de costales. En la actualidad el fique es empleado industrialmente para la fabricación de costales y cuerdas, al igual, que esta fibra se usa en la artesanía Colombiana para hacer desde alpargatas hasta mochilas.

### **5.1.3. Biodegradable:**

Sustancia “en la que la degradación es el resultados de la acción de microorganismos que se encuentran en la naturaleza tales como bacterias, hongos y actinomicetos” (Niño, 1996).

Los esfuerzos por implementar materiales biodegradables han aumentado debido a la contaminación de diversos productos derivados del petróleo. Esta respuesta surge a grandes problemáticas ambientales, donde no sólo se ha visto afectado el ecosistema sino también la fauna. “La historia de la biodegradación es relativamente reciente y los esfuerzos para utilizar material biodegradable se ha incrementado en respuesta a la concientización ambiental” (Niño, 1996)

### **5.1.4. Biopolímero:**

“Es un polímero con propiedades plásticas parecidas a las de un polímero termoplástico pero que en lugar de proceder del petróleo procede de una fuente orgánica renovable o que sea biodegradable” (Arcila, 2016).

El biopolímero degradable o biopolímero no necesariamente debe estar hecho con materiales renovables porque la biodegradabilidad está relacionada con la estructura química. Es por esta razón que los polímeros biodegradables se pueden clasificar de acuerdo a la tesis “Aprovechamiento de subproductos de la industria Colombiana de aceite de palma para la producción de un biopolímero”.

Existen tres clases de biopolímeros: polímeros extraídos de la biomasa como el almidón, polímeros producidos por síntesis química clásica como el ácido láctico (PLA) y los polímeros producidos por microorganismos como el poliéster biopolimérico (PHA).

#### **5.1.5. Residuos agrícolas:**

“En función de la actividad en que son producidos, se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos. Estos poseen numerosos aspectos comunes desde el punto de vista de la recuperación y reciclaje” (Jaramillo, 2008)

Los residuos agrícolas son los insumos que no son empleados en su 100%, como lo que sucede en la extracción de la hoja de fique, solo el 4% de la fibra larga es empleado en la industria, el restante es desecho y no recibe ningún tratamiento adecuado para su aprovechamiento. En la tabla 1, se puede observar la composición de residuos sólidos / orgánicos en diversos países de América Latina.

Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina  
(porcentaje en peso) – tesis aprovechamiento de los residuos solidos  
orgánicos en Colombia.

PAIS	% de MATERIA ORGÁNICA
México	43
Costa Rica	58
El Salvador	42
Perú	50
Chile	49
Guatemala	63,3
Colombia	52,3
Uruguay	56
Bolivia	59,5
Ecuador	71,4
Paraguay	56,6
Argentina	53,2
Trinidad y Tobago	27

Tabla 1.

#### 5.1.6. Empaques:

“Se entiende por empaque todo elemento fabricado con materiales de cualquier naturaleza que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar un producto” (Cámara de comercio, 2012).

El empaque suple una necesidad básica en la industria donde debe cumplir con determinadas características para que el producto sea protegido y el consumidor final reciba el producto en buenas condiciones. De acuerdo a la Cámara de Comercio de Bogotá el empaque debe cumplir con las siguientes funciones:

- **Contención.** Debe contener el producto desde que se envasa hasta que el producto es consumido.
- **Protección y conservación.** Debe proteger la mercancía de daños externos durante el transporte, almacenamiento y distribución, en todos estos pasos está implícita la manipulación.
- **Comunicación.** Debe comunicar, debe mostrar el contenido, las instrucciones de su uso y de su conservación.
- **Facilidad de fabricación.** Debe ser de fácil producción, entre menos pasos requiera la elaboración del empaque, las plantas de producción emplearán menos tiempo en la fabricación de estos.
- **Función social.** Debe garantizar el cuidado del consumidor y el producto que se entrega.
- **Cuidado del medio ambiente.** Debe asegurar la conservación del medio ambiente. Sus materiales deben facilitar el proceso de transformación, reutilización y reciclaje.
- **Almacenamiento y distribución.** Debe facilitar la manipulación del producto en cuanto a transporte y almacenamiento.

Por otro lado, los empaques se han desarrollado en diversos materiales donde se brindan propiedades de acuerdo a lo que se necesite, por ejemplo, los materiales empleados en los empaques de exportación son diferentes a los empaques para alimentos. En la tabla 2, se muestra el material, su uso y las ventajas y desventajas que estos tienen en los empaques.

Materiales utilizados en los empaques y embalajes (*Cámara de comercio, 2012*).

**Cuadro N°1. Materiales utilizados en los empaques y embalajes.**

Materiales	Tipo	Ejemplo	Ventajas	Desventajas
Metales	Láminas de aluminio y acero, recubiertas de estaño, etc.	Toneles, bidones, contenedores, recipientes bajo presión, cajas metálicas.	Solidez, fácil estibado, reutilizables.	Costo elevado, corrosión, difícil eliminación, pesado, voluminoso.
Madera	Madera en bruto, cepillada, contrachapada, aglomerada.	Cajas, pallets, canastas.	Fácil de manipular y estibar.	Altos costos, sensible al sol y a la humedad, fácil descomposición, contaminable, sensible a plagas, voluminoso, pesado, inflamable.
Cartón	Plano, ondulado o corrugado.	Cajas de cartón.	Económico, reciclable, fácil manipulación.	Muy frágil, sensible a la humedad y al calor, poco sólido, no reutilizable.
Plástico	Polietileno, poli estireno (PVC).	Bolas, toneles, bidones, cajas, contenedores semirígidos y rígidos.	Impermeabilidad, gran diversidad, reutilizable.	Inflamable, costoso, eliminación difícil.
Papel		Bolsas.	Bajos costos, fácil eliminación, reciclable.	Muy frágil, sensible a la humedad y al calor.
Vidrio		Botellas, frascos, botellones.	Visibilidad del contenido, estibado fácil, reciclable, eliminación fácil.	Frágil a los golpes, pesado y voluminoso.

Fuente: La Clave del Comercio Internacional (<http://www.hcdsc.gov.ar>)

Tabla 2.

### 5.1.7. Empaque Secundario:

“Es el que contiene al empaque primario y tiene como finalidad brindarle protección, servir como medio de presentación y facilitar la manipulación del producto” (*Cámara de comercio, 2012*).

En la clasificación de los empaques se encuentran tres diferentes clases, está el empaque primario, el secundario y el terciario. Cada uno cubre diferentes

necesidades del producto y le brinda protección. El empaque primario es el recipiente o envase que contiene el producto, el empaque secundario es el que contiene el empaque primario y se puede separar del producto sin afectar sus características y el empaque terciario es el que agrupa varios empaques primarios o secundarios y facilita la manipulación y el transporte de los productos.

#### **5.1.8. NTC 5517:**

Norma Técnica Colombiana – Etiquetas Ambientales Tipo I. Sello ambiental Colombiano. Criterios ambientales para embalajes, empaques, cordeles, hilos, sogas y telas de fibra de fique (Ministerio de Ambiente, 2007)

Esta norma establecida por el ICONTEC busca promover la oferta y la demanda de productos y servicios que causen menor impacto en el ambiente. Esta reglamentación se estableció mediante la resolución 1555 de 2005 de los Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Comercio, Industria y Turismo. De acuerdo a la norma NTC 5517 de ICONTEC, los criterios ambientales se establecieron teniendo en cuenta los siguientes principios:

- El producto debe hacer uso sostenible de los recursos naturales que emplea como materia prima.
- El producto debe minimizar el uso de materias primas nocivas para el ambiente.
- Los procesos de producción deben utilizar menos cantidades de energía o hacer uso de fuentes de energía renovables.

- Se deben utilizar menos materiales de empaque, preferiblemente reciclables, reutilizables o biodegradables.
- El producto debe ser fabricado mediante tecnologías limpias.

### **5.1.9. Almidón:**

“El almidón se encuentra almacenado en plantas como gránulos o partículas sólidas que consisten en dos biopolímeros, amilosa y amilopectina.

Los gránulos pueden variar en tamaño dependiendo de la planta donde se obtengan” (Niño, 1996)

El almidón cuenta con múltiples características que ayudan hacer materiales biodegradables. Al ser un recurso que se encuentra en la naturaleza y es renovable, al momento de ser empleado en algún proceso brinda propiedades de resistencia al material. En la tesis “Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y estudio de biodegradación” se hace referencia a Griffin quien en 1973 patentó el uso del almidón como un material biodegradable.

Para el año 1976 Otey y Mark, prueban con almidón, glicerol y agua crear un plástico biodegradable, este material es implementado en el sector agrícola como cubiertas protectoras. Las propiedades de los plásticos elaborados a base de almidón varían dependiendo del tipo de almidón que se emplee.

#### **5.1.1.0. Legislación Medioambiental: Directiva 94/62/CE (Corradine, 2014)**

Esta legislación se encuentra vigente en los países Europeos en donde se busca:

- Reducir las cantidades de empaques y embalajes en origen.
- Hacer un uso lo más racional posible de las Materias Primas y la Energía.
- Eliminar los materiales dañinos y residuos de los empaques y embalajes.
- Reducir el uso de empaques no retornables e incentivar el uso de empaques reutilizables.
- Recuperación de energía a partir de los desechos.
- Reducir al mínimo los materiales que se pierden en los vertederos.

## **5.2. ESTADO DEL ARTE**

El aprovechamiento de los recursos naturales como fuente de conservación y reciclaje es una excelente respuesta a la problemática ambiental actual. El desarrollo de nuevos materiales donde sus materias primas son extraída de fuentes renovables, han logrado generar innovación en el desarrollo de productos 100% biodegradables. Los biopolímeros a base de almidón han tenido un gran uso en la actualidad y ahora se esta incursionando en la mezcla de estos con fibras vegetales para lograr grandes propiedades en los productos. A continuación se citan unos ejemplos del uso de biopolímeros, considerando las siguientes pautas:

- a) Descripción del proyecto o investigación.
- b) Términos de viabilidad del proyecto o de la investigación.
- c) Análisis del proyecto o de la investigación, teniendo en cuenta qué le hace o qué le hizo falta.

### 5.2.1. CYTBIA



Figura 2. Platos elaborados con almidón de yuca (*El Espectador*, 2016).

a) El Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA), de la Universidad del Cauca, viene explorando materiales que permitan reemplazar algunos usos del plástico. Tienen dos patentes las cuales son: 1. plato desechable elaborado a partir de harina de yuca y fibra de fique y 2. Diseño de unos guantes fabricados a partir de almidón de yuca. Productos 100% biodegradables.

b) La investigación tuvo éxito ya que lograron aplicar el material en un producto. Este proyecto muestra avances en la escalabilidad del material, con el almidón de yuca logran generar desde platos, guantes y películas flexibles hasta espumas biodegradables. Estos productos se degradan en aproximadamente 90 días, después de su uso.

c) Este proyecto muestra grandes avances en el uso de almidón de yuca pero no muestra ningún proceso de diseño, lo cual podría ser explorado. Este proyecto, es un material más químico que aplicable.

### 5.2.2. AVANI - *Avani, 2018.*



Figura 3. Bolsa de almidón biodegradable Avani (*Avani, 2018*).

a) Avani, es una empresa de Indonesia que ofrece una bolsa hecha de almidón de yuca a nivel industrial. A su vez cuenta con una línea de envases para alimentos hechos de recursos naturales, por ejemplo mediante el maíz obtienen el políácido láctico y producen vasos y pitillos. Todos estos productos son respetuosos con el medio ambiente (*Avani, 2018*)

b) Este proyecto nace antes del 2014 y busca soluciones para combatir el uso del plástico por medio de los recursos naturales como lo es el almidón de yuca y la harina de maíz. Teniendo como materia prima recursos renovables, esta compañía desarrolla nuevos productos sostenibles, por ejemplo, los empaques para comida y productos de un sólo uso, vasos y platos desechables. Avani tiene gran escalabilidad, han logrado producir diversos productos y todos son amigables con el medioambiente.

c) Esta empresa tiene un claro proceso de diseño al querer brindarles a sus clientes nuevas experiencias y mayor variedad en sus productos.

### 5.2.3. PLESKA - *Villalobos & García , 2013.*



Figura 4. Empaques Pleska Andina. Pleska (*Villalobos & García, 2013*).

a) Compañía innovadora en el Colombia, diseña y fabrica con PLA<sup>2</sup>, productos biodegradables para los alimentos, teniendo en cuenta los requerimientos necesarios para la conservación de estos productos. Los empaques de Pleska son ecológicos y buscan disminuir la contaminación que generan estos productos desechables de un sólo uso (Villalobos et al, 2013).

b) Pleska logra generar un proyecto escalable, donde ofrecen productos para la conservación y transporte de los alimentos.

c) No existe una razón clara del porqué la empresa no perduro en el tiempo. En la actualidad se desconoce los avance que hayan desarrollado al igual que si esta sigue en funcionamiento o no. El proceso que se logró fue el deseado, ya que son productos que provienen de una fuente vegetal y no repercute negativamente en el medio ambiente

---

<sup>2</sup> Termoplástico que se obtiene a partir de almidón de maíz o de yuca o de caña de azúcar [www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm](http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm).

#### 5.2.4. LÁMINAS DE ALMIDÓN DE YUCA - *Trujullo Rivera, C. 2014.*



Figura 5 y 6. Láminas de bioplástico de residuo almidón de yuca (*Trujullo Rivera, C. 2014*)

a) Las láminas biodegradables obtenidas a partir de los residuos del almidón de yuca, son similares a las del plástico común. Este material tiene características físicas similares a las de los plásticos, poseen flexibilidad y resistencia. Y a su vez, tienen una gran diferencia, el tiempo de degradación es mucho más corto que el de los plásticos (Menoscal & Rodríguez, 2017).

b) Esta investigación logró grandes avances en cuanto al procesamiento del almidón de yuca. Obtuvieron un gran avance en el desarrollo del material en cuanto a biodegradabilidad y alcanzaron consistencia en la fórmula y en el resultado final.

c) El proceso de investigación produjo grandes resultados, Aunque no lograron alcanzar la aplicación de este nuevo material en producto. Se encuentra una excelente propuesta de resistencia y de biodegradabilidad. Lo que aun no se ha controlado en este caso es el efecto que causa el agua sobre esta lámina.

#### **5.2.5. TPS - Bergel, Machado da Luz, & Campomanes, 2017.**

a) TPS hace referencia al almidón termoplástico de yuca (TPS). Este material es similar al poliestireno expandido (EPS), la diferencia radica en que el TPS es biodegradable y el agua afecta su uso ya que lo descompone. Sus materiales provienen de fuentes renovables, su producción no emite gases tóxicos al medio ambiente y se degrada (Bergel et al, 2017).

b) El TPS puede llegar a reemplazar el icopor, posee todas las características de este, lo único que aun no se ha podido resolver, es que al exponerse al agua, este se disuelve.

c) El almidón de yuca tiene muy buena respuesta a los experimentos que simulan a las espumas expandidas pero el agua entorpece el resultado obtenido.

#### **5.2.6. FIQUE COMO AISLANTE TÉRMICO - Muñoz & Cabrera, 2007.**

a) El estudio realizado indica que el fique es un material que tiene como característica ser un aislante térmico, esta fibra es apta para la conservación de la temperatura de los productos perecederos agrícolas y pecuarios. Es una barrera térmica efectiva y una solución ecológica, económica y novedosa para el transporte y conservación alimentos. Este nuevo descubrimiento compite con los aislantes tradicionales como el algodón mineral (Muñoz et al, 2007).

b) Este proyecto, entra a disputar el uso de los aislantes tradicionales. Al ser una solución que no es costosa y que provienen de recursos naturales, es mucho más llamativo sus usos y aplicaciones.

c) El uso del fique como aislante térmico es una idea innovadora. La aplicación de esta fibra, puede ser llevada más allá en el desarrollo de productos, ya que ayuda a la conservación de alimentos y es una solución amigable con el medio ambiente.

### **5.2.7. USO DE LA CÁSCARA DE BANANO - López , Cuarán , Arenas, & Flórez , 2014.**

a) En esta investigación se analizan los usos potenciales de la cáscara de banano en la elaboración de bioplástico. Se estudió este residuo con el fin de identificar las estructuras donde se encuentra la celulosa, lignina, lípidos y almidón. Se evidenció que por tener un contenido de almidón cercano al 12%, es posible obtener de ella un bioplástico. (López et al, 2014).

b) De acuerdo con los resultados, se hicieron dos estudios para obtener de este material un uso particular: un bio-papel y un bio-plástico. Se desarrolló la metodología para fabricar el bioplástico a partir de todo el material contenido en las cáscaras del banano, sin necesidad de aislar el almidón, como se hace en muchas investigaciones. (López et al, 2014).

c) Al no aislarse el almidón ocasionó que se afectara la calidad del biomaterial, por lo que se hace necesario continuar con las investigaciones para mejorar la homogeneidad del producto, que tuvo una vida media superior a los quince días (López et al, 2014). La cáscara de banano es muy versátil y se puede implementar desde bio-papel hasta bio-plástico, estos resultados siempre arrojaron que su ciclo de vida es corto.

**5.2.8. BIOCOMPUESTOS REFOZADOS CON FIBRA NATURAL - Faruk, Bledzki, Fink, & Sain, 2012.**

a) Los biocompuestos y / o biopolímeros reforzados con fibras naturales se han desarrollado significativamente en los últimos años debido a sus importantes ventajas de procesamiento, biodegradabilidad, bajo costo, baja densidad y alta resistencia. La adhesión entre las fibras naturales y la matriz seguirá siendo la cuestión clave en términos de rendimiento general.

b) Este proyecto mezcló las fibras vegetales con biocompuestos, lo que genera un material compuesto altamente resistente y 100% biodegradable. Al unirse dos materiales naturales, en la mayoría de ocasiones, las características que tiene cada uno se fusionan y se hace mas resistente. Faltó la aplicabilidad en producto de este material.

c) Se requiere investigación adicional para superar obstáculos como la absorción de humedad, tenacidad inadecuada y estabilidad reducida a largo plazo para aplicaciones en exteriores. En particular, las diferentes condiciones como la temperatura, la humedad y la radiación UV, afectan la vida útil del producto (Faruk, 2012). Las fibras vegetales se unen para brindar más propiedades resistentes a los productos ya existentes.

**5.2.9. ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO DE YUCA REFORZADO CON FIBRA DE FIQUE – Luna et al, 2009.**

a) Se emplearon fibras cortas de fique (*Furcraea spp*) como material de refuerzo de una matriz termoplástica de almidón de yuca. Se implementó en las pruebas mezclas de

almidón con diferentes porcentajes de la fibra de un 10%, 15% y 20%. En estas tres mezclas se prueba esfuerzo y elongación. El esfuerzo fue mayor para el compuesto con 10% de fibra, mientras que con 15 y 20% disminuyó. La elongación también disminuyó con el incremento del contenido de fibra (Luna, Villada y Velasco, 2009).

b) Esta investigación muestra las posibilidades que existen para las fibras materiales entre los materiales compuestos. Las propiedades físicas de las fibras ayudan a potencializar las características del material y resaltan los beneficios que tienen para la elaboración de productos de un bajo impacto ambiental.

c) Al igual que las investigaciones pasadas, el proceso ha llegado hasta el resultados más no la aplicación del material. Puede ser interesante aplicar estos resultados a un productos, teniendo en cuenta las características físicas del material para potencializar su uso en la aplicación.

#### **5.2.10. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE UN ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO (TPS) DE YUCA Y ANÁLISIS INTERFACIAL CON FIBRAS DE FIQUE – Mina, 2012.**

a) Esta investigación quiere verificar la viabilidad de reforzar una matriz de almidón termoplástico (TPS) con fibras de Fique. El TPS se obtuvo a partir de la plastificación, con glicerol, de un almidón de yuca. Se ensayaron las pruebas en humedad, resistencia, elasticidad y deformación a la tensión, donde se evidenció que la muestras absorbió la humedad. Adicional a esto se le dio un tratamiento de alcalinización a la fibra para mejorar

las propiedades mecánicas del fique.

b) Los resultados de esta investigación muestran que con el proceso de alcalinización de la fibra se obtuvieron mejores propiedades mecánicas y hubo mayor absorción de humedad. Con estos resultados se espera que el desempeño mecánico sea óptimo cuando se elabore el material compuesto fibroreforzado.

c) Los resultados de este proceso de investigación arrojaron resultado prometedores. Se logra crear un material resistente y con un desempeño mecánico alto. Lo que hizo falta en esta investigación, fue probar este nuevo material en la aplicación de productos y dar nuevas propuestas de sus usos.

#### **5.2.11. PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATRICES HECHAS DE HARINA PREGELATINIZADA DE YUCA Y FIQUE – *Orxu, 2014***

a) Este trabajo investigativo muestra como los tratamientos térmicos que se le hacen a las harinas de yuca, alteran las propiedades fisicoquímicas de las matrices obtenidas para el desarrollo de empaques. Para esta experimentación se emplea harina de yuca pregelatinizada y se mezcló con fibra de fique y plastificante para lograr matrices semirígidas donde se evalúa tensión y flexión del material. Todo este estudio se hace con el objetivo de comprobar el efecto de la harina de yuca pregelatinizada sobre la mezcla del biopolímero con la fibra.

b) Se evidencia un resultado satisfactorio, donde se muestra un incremento de las propiedades mecánicas y una mayor integración estructural entre la fibra y la harina gracias

al proceso de pregelatinización. Adicional a esto, las propiedades de resistencia a la tensión y flexión se fortalecen. Los resultados de este estudio se pueden observar en la tabla 3.

Valores medios de las propiedades mecánicas para las matrices obtenidas (*Cámara de comercio, 2012*).

Matriz	Tensión		Flexión	
	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo elástico (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo elástico (MPa)
Harina pregelatinizada con fique	3,52 ± 0,03	1423,52 ± 2,93	15,50 ± 1,04	1712,27 ± 295,16
Harina sin pregelatinizar con fique	1,23 ± 0,12	354,08 ± 21,85	3,06 ± 0,24	245,06 ± 24,37
Harina sin pregelatinizar sin fique	0,91 ± 0,05	158,07 ± 17,03	1,52 ± 0,15	183,02 ± 20,47

Tabla 3.

c) Se logran resultados prometedores ya que al unir la fibra con la harina pregelatinizada, las propiedades de la fibra y del almidón se enaltecen y brindan características de resistencia al material.

## 6. Metodología

### 6.1. Estrategia metodológica – Doble proceso de diseño de diamante

Para el avance de esta investigación se utilizó la metodología de “el doble proceso de diseño de diamante” el cual consiste en el trabajo de varios diseñadores donde cada uno tiene un enfoque y un diseño diferente, y sus formas de trabajar son distintas, pero tienen actividades generales en común, como lo es en el caso del semillero de investigación. Cada estudiante tiene un tema específico, pero desarrollan actividades conjuntas. Esta metodología está dividida en cuatro fases, las cuales son: descubrir, definir, desarrollar y entregar. En la figura 7 se encuentra el esquema implementado para esta metodología.

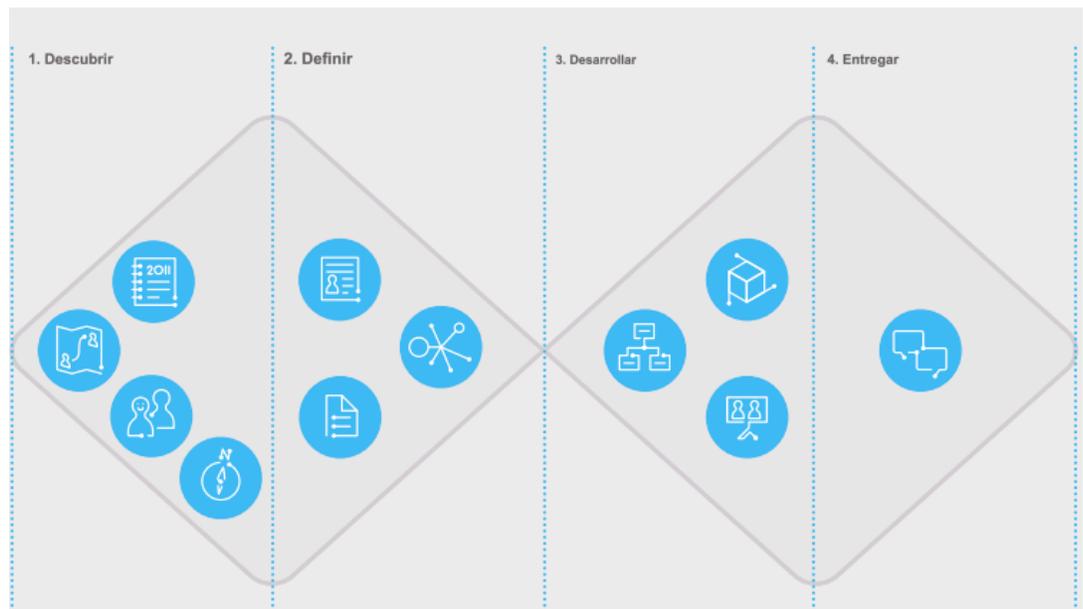


Figura 7. El doble diamante con más detalle.

## 6.2. Métodos

El proyecto se desarrolló en cuatro fases como lo indica el método de doble diamante. La primera fase consistió en indagar cuál era el interés de cada estudiante y se marcó una ruta de investigación para recopilar información y teniendo en cuenta los datos recolectados poder pasar a la segunda etapa. En el siguiente paso se define que es lo más relevante y el enfoque deseado. Para la tercera etapa, se da inicio al proceso de desarrollo, donde se experimenta, se crean soluciones, se hacen prototipos y se emplea prueba y error para ir descartando qué sirve y qué no. En la cuarta y última etapa, se entrega el resultado final de todo el proceso. Para explicarlo más detalladamente, a continuación se mostrará cada fase de la metodología durante el proyecto.

### 6.2.1. Descubrir:

En esta primera fase es donde se escoge el tema a ser trabajado en el proyecto de grado, la tesis elegida es: biopolímeros reforzados con fibras vegetales. Una vez establecida la temática general se comienza la recolección de información, donde todo es relevante y útil. Se identifica que hoy día existe un problema ambiental de contaminación por el uso de plásticos y los residuos agrícolas en altas cantidades. Por otro lado, el desarrollo de biopolímeros ha generado que este nuevo plástico pueda ser implementado en el desarrollo de producto, lo contrario a el biopolímero reforzado con fibras vegetales. Aunque hay muchos estudios donde la fibra potencializa las características de este nuevo material, mostrando resultados satisfactorios, este no ha sido aplicado en producto.

#### 6.2.2. Definir:

En la fase anterior, se explora todo el campo de forma global donde se identifican los problemas y las oportunidades para el proyecto. En esta fase, se define, como su nombre lo indica, qué camino se va a tomar y cómo este va ayudar a darle resolución a la problemática planteada. En este caso, el proyecto se va a enfocar en productos de un solo uso, esto quiere decir que, los productos que son usados una vez, se desechan y su descomposición toma muchos años. Se especifica que se va a trabajar en el desarrollo de empaques.

#### 6.2.3. Desarrollar:

Para esta fase, se busca desarrollar el empaque propuesto en la etapa anterior, en donde se realizan múltiples experimentaciones del material y de la forma, con el fin de identificar qué proceso se adapta más al empaque. Después de varias pruebas, se delimita que el empaque va a ser diseñado para productos tecnológicos, en este caso, el empaque para un disco duro. Luego de obtener la mezcla perfecta y el molde indicado para el empaque, se crean los prototipos del producto final.

#### 6.2.4. Entregar:

Esta etapa final es donde el producto ya se encuentra terminado y listo para salir al mercado. Como este proyecto está siendo desarrollado en el semillero de investigación, el empaque puede seguir evolucionando en los

próximos semestres. Para 2019-1 el producto final aun no ha sido probado de forma física y química. Por otro lado, a este prototipo se le desarrolló una identidad gráfica y se muestra la secuencia de cómo se fabrica.

## **7. Resultados**

### **7.1. Investigación**

Los artículos científicos revelaron que las propiedades de los biopolímeros a partir de almidón de yuca y reforzados con fibras naturales, en este caso fique, optimizan las propiedades de los dos materiales. En una de las investigaciones se realizó un tratamiento de alcalinización a la fibra para mejorar su cualidades y al momento de formar un material compuesto con el biopolímero, se optimicen todos sus componentes. Se demuestra que el uso de fibra corta de fique en mayor proporción dentro de la mezcla, permite que el material soporte una carga relativamente alta. En otro estudio también se demuestra que al gelatinizar el almidón de yuca y agregárselo a la fibra, el material compuesto se vuelve mas resistente a la tensión y a la flexión.

Todas las investigaciones lograron resultados satisfactorios de el material compuesto, aunque este material no haya sido probado en producto. Todos los estudios carecen de la aplicación del resultados de las investigaciones en el desarrollo de producto. Teniendo en cuenta que este material es 100% biodegradable y que las fuentes de las materias primas son renovables, las aplicaciones que se le pueden dar son múltiples.

### **7.2. Desarrollo de producto**

En la metodología de diseño se alcanza a explicar a grosso modo el proceso que se evidenció para el desarrollo del producto. A continuación se explicara detalladamente cada parte del proceso y qué determinantes llevaron a tomar las decisiones en el proyecto para desarrollar un empaque para productos tecnológicos.

Luego de seleccionar el tema general de biopolímeros reforzados con fibras, se da inicio a un proceso de experimentación extenso en donde se realizan alrededor de 10 a 12 pruebas. Para estas pruebas se emplean diferentes fibras vegetales como: el fique, la palma de coco, algas, tusa de maíz y una variedad de palma. En las primeras pruebas se emplea la carragenina que es un componente que proviene de las algas, pero durante las experimentación se emplea también el uso de almidón de yuca y se obtienen mejores resultados. Durante el proceso se van descartando fibras y se va mejorando la mezcla para que quede mas rígida y no le salgan hongos. Posteriormente, se seleccionan las mejores muestras y se determina que se le debe proporcionar un tratamiento adicional para eliminar el mal olor. Ya para esta etapa de CPG, se decide trabajar sólo con fique.

Otro aspecto importante es el molde donde se vierte la mezcla, para la producción del producto se ensayan previamente diversos materiales para la conformación del molde como lo es el MDF, acetato y caucho silicona. En estos ensayos se evidencia que el molde debe ser resistente a la humedad para que no se deforme y debe poderse comprimir para que el resultado final sea el esperado.

En esta parte del proceso, se decide que el empaque va a estar diseñado para productos tecnológicos, en este caso, un disco duro interno para computador. Debido a esta disposición se comienza una investigación donde se analiza y se comprende cómo vienen empacados los productos tecnológicos y qué características tienen estos contenedores. Se hace trabajo de campo y se logra establecer que los discos duros vienen en empaques que:

- Son antiestáticos
- Repelan la humedad
- Resisten a los golpes

Teniendo en cuenta, las características de los empaques para los discos duros, se toma en consideración la clasificación de empaques para así poder determinar cuál empaque se va a diseñar. De la misma manera, el empaque primario es el que esta directamente en contacto con el producto, así mismo el disco duro necesita una envoltura que repele la energía estática. Posteriormente, se procede a validar las características del empaque secundario, este, contiene al primario y cumple la función de facilitar la manipulación, el transporte, el almacenamiento y también a que se pueda apilar.

Con estas determinantes de diseño se procede a desarrollar una forma que brinde protección, que contenga, que conserve, que sea transportable y que brinde seguridad tanto al producto, como al distribuidor, al consumidor y al medio ambiente. Los siguientes bocetos se realizan en papel creando polígonos regulares tridimensionales. El uso del triangulo y del hexágono son los que mas resaltan en estos bocetos debido a la estabilidad que proporcionan en la estructura.

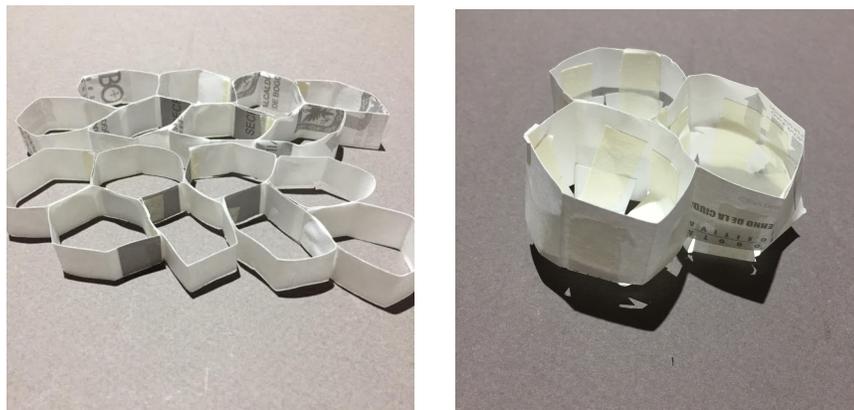


Figura 8 y 9. Foto del autor.

Para la propuesta final, se elige el hexágono, polígono convexo de seis lados y seis ángulos iguales. Esta figura empleada por la naturaleza en la construcción de panales de abejas, brinda estabilidad y rigidez a las estructuras ya que esta figura geométrica logra

recubrir toda la superficie sin dejar un solo espacio. Este módulo se emplea en diferentes tamaños y profundidades para reconocer cuál se adapta más al disco duro. Ya para la forma final, se emplean hexágonos irregulares, en donde su forma crea unos espacios en los cuales el disco duro está contenido en el empaque, logrando así, protegerlo de los golpes y facilitando su manipulación.

## 8. Conclusiones

### 8.1. Conclusiones del proyecto

Gracias a los resultados en investigaciones previas, de la combinación de biopolímeros reforzados con fibras vegetales, en este proyecto de grado se logra aplicar los beneficios de este material en un producto. Como se ha expuesto anteriormente el uso de este material se ve en el desarrollo de empaques, generando un producto de un solo uso que no tiene un impacto ambiental negativo. Las conclusiones específicas del proceso en cuanto a la mezcla, el molde y el producto final son:

- **Mezcla.**
  - El biopolímero con base de almidón, en este caso de yuca, tiene un mejor aspecto y el secado es más rápido
  - La fibra que tuvo mejores resultados en la aplicación fue el fique en fibra corta y mota.
- **Molde.**
  - El molde para el empaque se debe fabricar en caucho silicona para que el biopolímero no se pegue y la forma deseada sea exacta.
  - Se debe agregar presión al molde para que la mezcla logre obtener el diseño esperado
- **Producto final.**
  - Para lograr la forma del diseño propuesto es fundamental tener un buen molde.

- Las medidas del empaque deben ser exactas para que proteja el producto.

## **8.2. Aprendizajes**

Agradezco a este proyecto la oportunidad que me dio de aprender de otras disciplinas cómo lo es la ingeniería química. Gracias a esto adquirí conocimiento científico, que está estrechamente relacionado al desarrollo de materiales compuestos, en este caso biopolímeros reforzados con fibras vegetales. Entendí la importancia de indagar fuentes confiables y aprendí qué partes son relevantes a la hora de leer artículos científicos.

Por otro lado, el área del diseño al ser tan abierta, no tiene una única respuesta, las resoluciones a un problema pueden ser múltiples, por el contrario, en la ingeniería, se busca obtener un solo resultado, donde este evidencie la respuesta final al planteamiento inicial. En el caso de la mezcla, para que cumpliera las características que buscábamos, las medidas y las proporciones tenían que ser exactas.

Todo este proceso me recordó la importancia del trabajo en equipo para lograr los objetivos propuestos. En el caso de la experimentación, fue fundamental el acompañamiento de mis compañeros para desarrollar de una manera práctica las pruebas. En la retroalimentación, los diferentes puntos de vista me aportaron a la consolidación de mi proyecto y de mi producto.

Al final de este asombroso camino puedo concluir que el Diseño Industrial se puede adaptar en cualquier área del conocimiento, ya sea en el ámbito científico, como lo es el caso de este proyecto de grado, hasta en el desarrollo de máquinas como lo es otro proyecto de grado que se lleva a cabo en el semillero. El Diseño Industrial es un área del

conocimiento que se nutre de otras disciplinas y aporta ideas de innovación en campos diferentes.

### **8.3. Direcciones futuras**

En este año se obtuvieron grandes resultados en cuando a la aplicación del material en producto. Sin embargo, faltaron detalles que aun pueden ser desarrollados por miembro activos del semillero. Las tareas pendientes para la materialización final del proyecto son:

- Hacer comprobaciones del producto.
- Realizar pruebas tanto físicas como químicas en el material.
- Experimentar nuevos usos de la aplicación del material, que no sea solo en empaques.
- Validar las características de otras fibras vegetales mezcladas con biopolímeros.
- De acuerdo al artículo “CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE UN ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO (TPS) DE YUCA Y ANÁLISIS INTERFACIAL CON FIBRAS DE FIQUE” de JOSE H. MINA H. en Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 10 No. 2 (99 - 109) Julio - Diciembre 2012. Se pueden hacer pruebas alcalinizando la fibra.

## 10. Referencias

- Arcila, D. (2016). Aprovechamiento de subproductos de la industria colombiana de aceite de palma para la producción de un biopolímero del tipo PHA. *Instname: Universidad de Antioquia*. Retrieved from <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/handle/10495/5742>
- Avani. (2018). *Avani*. From Who we are: <https://www.avanieco.com/about-us/>
- Bergel, B. F., Machado da Luz, L., & Campomanes, R. M. (2017). Comparative study of the influence of chitosan as coating of thermoplastic starch foam from potato, cassava and corn starch. *ELSEVIER*, 6.
- Buitrago, P. C. (2016). Evaluación del uso de fibras cortas como refuerzo a una matriz de polioliol y residuo de neumático pulverizado. *Tesis de grado*, 195.
- CADEFIQUE, C. p. (2006). Antecedentes. In C. t. CADEFIQUE, *Guía ambiental del subsector fiquero* (Vol. 2, p. 122). Bogotá: Ministerio de ambiente.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2012). Etiqueta, Empaque y Embalaje para una Exportación. *Etiqueta, Empaque y Embalaje Para Una Exportación*, 383. Retrieved from [http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14382/Guía Práctica Empaque y Embalaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14382/Guía%20Práctica%20Empaque%20y%20Embalaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Corradine Mora, M. G. (2014). *Concepto, definición, factores y matriz del empaque.pdf*.
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H.-P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *ELSEVIER*, 45.
- Hidalgo, M., Muñoz, M., & Quintana, K. (2012, June). *Análisis mecánico del compuesto polietileno aluminio reforzado con fibras cortas de fique en disposición bidimensional*. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0255-69522012000100011](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522012000100011)
- Jaramillo Henao, G. Z. M. L. M. (2008). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA*. Retrieved from <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/handle/10495/5742>
- Linares, E. L., Galeano, G., García, N., & Figueroa, Y. (2008). *Fibras vegetales utilizadas en artesanías en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

- López , J., Cuarán , J. C., Arenas, L. V., & Flórez , L. M. (2014). Usos potenciales de la cáscara de banano: elaboración de un bioplástico . *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* , 1, 15.
- López, D. E. (2011). Materiales Compuestos. Aplicaciones. In *Informes de construcción* (Vol. 52). España.
- Luna, G., Villada, H., & Velasco, R. (2009). *Almidón termoplástico de yuca reforzado con fique: preliminares*. DYNA, 76 (159), 145 - 151. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/13050/13744>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, C. (2007). Norma Técnica Colombia NTC5517, (571), 18. Retrieved from [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/Otros/NTC/2007/NTC\\_5517\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/Otros/NTC/2007/NTC_5517_2007.pdf)
- Menoscal, R. E., & Rodríguez, E. D. (Junio de 2017). Elaboración de láminas biodegradables a partir de los residuos del almidón de yuca. *Tesis de grado* .
- Mina, J. H. (2012). Caracterización Físico-Mecánica de un Análisis Interfacial con Fibras de Fique. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 99–109. Retrieved from <http://revistabioteologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/bioteologia/article/view/250/208>
- Muñoz , D., & Cabrera, G. (2007). El fique como aislante térmico. *Facultad de Ciencias Agropecuarias* , 5 (1).
- Niño, M. C. K. A. (1996). Elaboracion de Plasticos Biodegradables a partir de polisacaridos y su estudio de biodegradacion a nivel de laboratorio y campo, 198.
- Orxu, D., Dqg, P., Vxvshqvlrqhv, G. H., Gh, D., Gh, K., & Ydulhgdg, X. F. D. (2014). Propiedades Mecánicas de Matrices Hechas de Harina Pregelatinizada de Yuca Variedad mbra 383 y Fique, 67(2), 526–528.
- Pérez, J. P. (2014). La industrial del plástico en México y el mundo. *Comercio Exterior* , 64 (5).
- Colombia, A. (2014, April 3). Fibras vegetales: Elemento básico de las artesanías. Recuperado de [http://www.artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/C\\_noticias/fibras-vegetales-elemento-basico-de-las-artesantias\\_5079](http://www.artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/C_noticias/fibras-vegetales-elemento-basico-de-las-artesantias_5079)
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología* , 16 (2), 152.

- SIART, A. (2014, Abril 3). Fibras vegetales: Elemento básico de las artesanías. Recuperado de [http://www.artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/C\\_noticias/fibras-vegetales-elemento-basico-de-las-artesantias\\_5079](http://www.artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/C_noticias/fibras-vegetales-elemento-basico-de-las-artesantias_5079)
- Steffens, F., Steffens , H., & Oliveira, F. R. (2017). Applications Of Natural Fibers On Architecture. *ELSEVIER* , 8.
- Villada, H. S. (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. *Temas agrarios* , 12.
- Trujillo Rivera, C. (2014). BTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) DOBLEMENTE MODIFICADO PARA USO EN EMPAQUE DE ALIMENTOS, 131. Recuperado de <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- U.S.Cong., Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. (2008, September 20). Somim ORG - México (L. Silva, M. Caballero, & I. López, Autores) [Cong. Doc. de 14avo Cong.]. Recuperado de [http://somim.org.mx/memorias/memorias2008/articulos/A1/A1\\_297.pdf](http://somim.org.mx/memorias/memorias2008/articulos/A1/A1_297.pdf)
- Villalobos, S. M., & García , L. E. (Abril de 2013). Empaques plásticos biodegradables en alimentos frutícolas en las empresas colombianas<sup>9</sup>. *Trabajo de grado* , 41.

## **10. Anexos**

### **10.1. Planos**