

**EMPLANTAR
DESARROLLO DE MATERIAL COMESTIBLE A BASE DE
PLÁTANO Y EMPAQUES COMESTIBLES Y BIODEGRADABLES**

JUAN FELIPE MONTOYA CADAVID

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE DISEÑO INDUSTRIAL
PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2021**

**EMPLANTAR
DESARROLLO DE MATERIAL COMESTIBLE A BASE DE
PLÁTANO Y EMPAQUES COMESTIBLES Y BIODEGRADABLES**

JUAN FELIPE MONTOYA CADAVID

Trabajo de grado para optar al título de Diseñador Industrial

Asesora

DIANA ALEJANDRA URDINOLA SERNA
Diseñadora industrial

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE DISEÑO INDUSTRIAL
PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2021**

EMPLANTAR DESARROLLO DE MATERIAL COMESTIBLE A BASE DE PLÁTANO Y EMPAQUES COMESTIBLES Y BIODEGRADABLES

Juan Felipe Montoya Cadavid

Facultad de Diseño Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín, Circular 1 N° 70-01, Medellín, Colombia

Resumen

Se toma como elemento problematizador la cantidad de desperdicios no biodegradables que se encuentran en el medio ambiente razón que lleva al actuar directamente desde el diseño industrial buscando alternativas biodegradables y compostables, que aportan al uso de los polímeros una vez terminan su ciclo de vida útil, además desde el food design se promueven nuevas relaciones con los alimentos así como materiales y objetualidades comestibles; de esta manera la investigación se enfoca en las múltiples aplicaciones de alimentos como el plátano, bajo la premisa ¿Como se puede modificar el plátano (*Musa x paradisiaca*) para transformarlo en un material comestible y biodegradable para la materialización de objetos? Entendiendo también las restricciones económicas y tecnológicas del mundo, por lo que se opta por un desarrollo desde y para los mecanismos artesanales y manuales que ofrecen los espacios domésticos con foco en las capacidades de la cocina como laboratorio.

Es así que desde la experimentación se explora el desarrollo de un material controlable de plátano y bajo la compresión sus cualidades, la asignación de una funcionalidad aprovechable para el remplazo de polímeros de un solo uso, llevando así al desarrollo de un material comestible y compostable con cualidades físicas de flexibilidad y resistencia similares a los polímeros convencionales, permitiendo así la conformación de materialidades objetuales empaquetadoras de alimentos, tanto utilizables de manera cotidiana por el individuo particular, como por la industria agrícola para la distribución de productos comestibles.

Palabras clave: food design, materiales, plátano, diseño industrial.

1. Introducción

La presente investigación se desarrolló durante el confinamiento a causa de la pandemia del Covid-19, donde las exploraciones se desarrollaron principalmente en la cocina y otras áreas del espacio doméstico del semillero de investigación Transforma - Morfolab de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana. Los intereses de este grupo de estudio hacen referencia al desarrollo de materiales, la exploración morfológica, la investigación a través del diseño y los alimentos con el propósito de aportar soluciones a las problemáticas que ocasionan los objetos fabricados con polímeros no reciclables o materiales no biodegradables una vez cumplen su ciclo de vida.

Las consecuencias que ocasionan estos objetos que se convierten en desechos cada vez son más comunes entre los territorios donde se empieza a reconocer que “el cambio climático está ahora alcanzando el desenlace en el que, muy pronto, la humanidad deberá elegir entre tomar acciones sin precedentes, o aceptar que todo se ha dejado para muy tarde y sufrir las consecuencias.” (Schellnhuber, H.J. 2018).

Esta situación permite el planteamiento de otros puntos de vista que establecen el desarrollo de materialidades responsables con los ecosistemas. Para el proyecto de diseño, los materiales son los encargados de concretar las ideas que se convierten en objetos mediante procesos de producción tanto serializados como artesanales, entendiendo la importancia de la implementación de diferentes mecanismos al momento de materializar ideas de diseño o soluciones objetuales, donde si bien la producción serializada es comercialmente más funcional por su masificación, no se puede dejar de lado las técnicas artesanales que permiten una relación más profunda en el sentido cultural y territorial, entre un objeto y la comunidad que lo utiliza.

De esta manera las herramientas y procesos utilizados durante la elaboración del proyecto buscan sencillos, buscando la fácil replicación y adaptación a diferentes dinámicas productivas y con un bajo nivel energético.

Por consiguiente, surge un nuevo enfoque que presenta una relación diferente entre el diseño, el material y los procesos de producción. Este último, plantea la combinación de las tecnologías digitales y los procesos artesanales, lo que permite la experimentación personalizada para la obtención de materiales de bajo costo y procesos de fabricación accesibles según el contexto y las necesidades del proyecto. Un ejemplo es el concepto *do it yourself* (DIY materials) que propone la democratización de las tecnologías para la transformación de los materiales y la desaceleración de la producción masiva para darle lugar a la experimentación (Bianchini, Rognoli, Maffei, y Karana, 2015). Dicho enfoque ha permitido el desarrollo de proyectos de diseño con nuevos materiales.

También, la diseñadora industrial y antropóloga Diane Leclair Bisson (2017), ha planteado el término *food as material* para referirse a los alimentos como materiales para la producción de objetos comestibles que contribuyen a reducir los desperdicios. Este pensamiento se ha desarrollado fuertemente a lo largo de la última década, como lo son Potato-Plastic una marca que transforma papa en un material comestible con múltiples aplicaciones desarrollado en suiza (véase imagen a) además, desde una mirada más local en academia estudiantes del Instituto Politécnico nacional mexicano han desarrollado un bioplástico a base de cáscara de mango (véase imagen b).



Figura 1. a) Potato plastic envoltorio de material de papa comestible. b) Bioplástico a base de cáscara de mango con propiedades similares a los PET-. Autoría propia.

Como punto de partida para el desarrollo de la experimentación, se plantea explorar las relaciones entre material comestible, tecnología y forma usando la cocina como laboratorio (Reissig, 2017) y el universo de los alimentos locales y sus desperdicios en la cadena de distribución y comercialización. Se selecciona el plátano (musa x paradisiaca) como materia prima por dos razones: La primera, desde su relación con el territorio, ya que es un fruto local colombiano y una gran fuente de ingresos de la agricultura del país, 4,6 millones de toneladas cifras arrojadas por el tercer Censo Nacional Agropecuario (CNA). Sin embargo, el plátano es un alimento en gran cantidad desperdiciado, en Colombia se producen 328.660 toneladas, de las cuales 49.797 toneladas van a la basura y de esta cifra, 16.456 toneladas se pierden en las etapas de producción, almacenamiento y procesamiento industrial, mientras que de las 33.341 toneladas restantes se desperdicia, es decir, va a la basura en las etapas de distribución, mercado minorista y consumo, dijo el informe de Planeación Nacional de 2016.

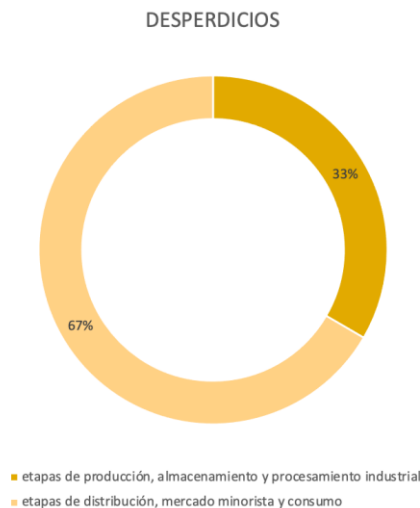


Figura 2. Porcentaje de desperdicio del plátano en Colombia. Autoría propia.

Es por esto que se determina el proyecto bajo la pregunta ¿Como se puede modificar el plátano (Musa x paradisiaca) para transfórmalo en un material comestible y biodegradable capas de usarse

para el desarrollo de materialidades diseñadas? Comprendiendo la posibilidad desarrollista del diseñador a la hora de conformar nuevas maneras por las cuales el humano se relaciona tanto con los alimentos como los objetos.

Como aspecto crucial frente al uso del plátano y dato de suma importancia como punto de partida, se identifica que el plátano es uno de los alimentos con mayor cantidad de almidón (polisacárido constituido por largas cadenas de glucosas. proveniente de fuentes vegetales) entre 19,5 y 21,5 µg en su estado verde y poco maduro, el almidón es un aglutinante natural que permite el desarrollo de mezclas homogéneas (Badui, 1990). Estos enlaces entre los alimentos como posibles materiales comestibles o biodegradables, los procesos de producción experimentales y las tecnologías de la cocina del espacio doméstico, ofrecen oportunidades para el desarrollo de objetos con materiales comestibles o biodegradables que reducen el impacto ambiental y abren el panorama para el desarrollo de nuevos proyectos de investigación a través del diseño.

La exploración de desarrolla en dos etapas, primero, el desarrollo de un material biodegradable y comestible a base de harina de plátano (*Musa x paradisíaca*) y segundo, con dicho desarrollo de base, se presenta una aplicación desde el campo de los empaques y envoltorios, de esta manera se aportan mecanismos resolutivos a los plásticos de un solo uso. Hablando de las cifras problema, los plásticos de uso único corresponden aproximadamente al 56% del consumo total de plásticos en Colombia. Es decir, empaques, embalajes, PETs, etc. (Greenpeace, 2018).

Consecuentemente según Greenpeace (2019) cada colombiano utiliza alrededor de 24 kilos de plástico al año. Con estas cifras, se estima que cada ciudadano habrá generado casi dos toneladas de residuos plásticos al final de sus 75 años de expectativa de vida, números alarmantes, los cuales se pueden ver reducidos con la participación de proyectos y dinámicas que ataquen directamente la problemática medio ambiental resultante de las malas prácticas de la cultura material.

2. Metodología

2.1 Caracterización morfológica del plátano

2.1.1 El plátano

De manera preliminar se realizó una caracterización del plátano (**Musa x Paradisiaca**), para esto se llevó a cabo una búsqueda en la literatura sobre sus atributos, como su composición biológica, etapas de crecimiento y maduración, todo con el objetivo de analizar las cualidades de este alimento como materia prima.



Figura 3. a) Cultivo y racimo de plátanos b) Plátanos verdes (*Musa x paradisiaca*). Autoría propia.

El plátano (*Musa Paradisiaca*) hablando del fruto, es una fruta comestible producida por grandes plantas herbáceas (falsos árboles) originaria del continente asiático, pero actualmente cultivada alrededor del mundo principalmente en zonas tropicales ecuatorianas. La fruta es variable en tamaño, color y firmeza, de forma cilíndrica, alargada y curva, con pulpa blanda y rica en almidón (aglutinante natural), cubierto con una cascara verde que por sus estados de maduración puede cambiar a diferentes tonos entre amarillo, rojo y marrón. Sus frutos crecen en racimos los cuales pueden albergar hasta 300 frutos.

2.1.2 Procesos de transformación del plátano

Se hace una búsqueda especializada de los procesos de modificación y transformación que se le hace al fruto de plátano verde, con el objetivo de comprender cuáles procesos serían más apropiados para la utilización del plátano como materia prima.

Al ser el plátano un fruto de composición orgánica está conformado por diferentes sustancias

Tabla 1. Composición del plátano (*Musa x paradisiaca*). Autoría Simmonds. 1998

Componentes	Unidades	Valores
Agua	Porcentaje	70
Carbohidratos	Porcentaje	27
Proteínas	Porcentaje	1,2
Fibra	Porcentaje	0,5
Grasa	Porcentaje	0,3
Cenizas	Porcentaje	0,9
Calcio	p.p.m.	80
Fósforo	p.p.m.	290
Hierro	p.p.m.	6
Potasio	p.p.m.	1920
B-caroteno (vitamina A)	p.p.m.	2,4
Tiamina (vitamina B1)	p.p.m.	0,5
Riboflavina (vitamina B2)	p.p.m.	0,5
Piridoxina (vitamina B6)	p.p.m.	3,2
Niacina	p.p.m.	7
Acido ascórbico vitamina C	p.p.m.	120

Para comprender las transformaciones del plátano, es necesario entender que existen dos tipologías de transformación, una química, cuando se altera la composición de la materia, y una física, cuando la materia sufre cambios formales, sin alterar su composición.

En el mundo de la cocina y los procesos culinarios los alimentos sufren procesos híbridos de transformación, y el plátano al ser un alimento utilizado por múltiples culturas tiene un repertorio amplio de modificaciones y preparaciones, como: asado, cocinado, troceado, secado, fermentado, caramelizado, amasado entre otros.

Así mismo uno de los procesos más utilizados en la historia para la preservación de los alimentos en el secado o técnicamente conocido como deshidratación, el cual es un proceso donde su principal objetivo es eliminar la mayor cantidad de agua del alimento para detener sus procesos tanto de maduración como de descomposición, permitiendo una mayor vida útil y un mayor tiempo de ingesta.

2.2 Selección de procesos de transformación

Luego de la exploración de los procesos de transformación en búsqueda de mecanismos controlables y estabilizadores de la materia prima se escoge trabajar con harina de plátano verde como materia prima, entendida como un polvo fino resultado de deshidratar el plátano, la cual se debe realizar cuando el plátano está en su etapa inicial (etapa más verde) al inicio de su cosecha, ya que es en este momento el plátano posee mayor nivel de almidón (entre 19,5 y 21,5 µg por gr de plátano).

2.2.1 Obtención de harina

En la preparación de la mezcla se transformó el plátano verde desde su estado original (fruta del racimo) hasta obtener una harina fina. Para esto, el plátano se debe pelar, trozar, deshidratar, pulverizar y tamizar para obtener un polvo fino, como se muestra en la Figura 4.

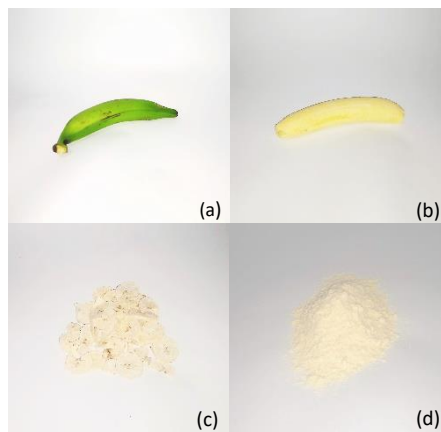


Figura 4. Transformación inicial del plátano verde (a) Fruto con cascara. (b) Fruto sin cascara. (c) Fruto troceado. (d) Fruto pulverizado. Autoría propia.

2.2.2 Deshidratador solar

Bajo las dinámicas ecológicas, consientes y responsables del medio ambiente y bajo practicas fáciles de realizar globalmente, como de duplicar sin el uso de maquinaria compleja o equipos industrializados, se establece como etapa inicial del proceso la construcción de un deshidratador solar, este con la finalidad de poder secar el plátano, de esta manera ecológica con el uso de la energía solar y no necesitar de un horno deshidratador o herramientas costosas.

Para su construcción se toman varios referentes tanto formales como técnicos, (ver Figura 5), de los cuales se hace un desarrollo digital de corte y ensamble para su realización en MDF por medio de corte laser.



Figura 5. Referente funcional deshidratador solar. Autoría Hogares Verdes blog.

En la imagen anterior se puede apreciar la funcionalidad del mecanismo del deshidratador: en el cual por medio de un sector de calentamiento del aire se genera un flujo de aire del exterior que es calentado por medio de la radicación de una superficie oscura que retiene la energía proporcionada por el sol, la cual fluye hacia la zona de secado y ubicación del material a deshidratar, proporcionando una corriente constante de aire caliente que libera la humedad del alimento rápidamente y seca sus partículas sin quemarlas, así manteniendo las cualidades y propiedades útiles del plátano.

Es importante verificar el tiempo de secado al sol para asegurar la eliminación de agua, pues esto puede alterar la consistencia final de la mezcla, Asimismo, se debe tener en cuenta que esta puede variar según el tipo de plátano y la temporada de cosecha, sin embargo, en un día promedio donde el deshidratador alcance una temperatura constante de 80 grados el secado se realiza en un periodo de 2 horas.

2.3 Obtención de la mezcla y exploraciones con aglutinantes

Para la fase 3 obtención de la mezcla, se toma la cocina del espacio doméstico como laboratorio, reconociendo las múltiples herramientas y maquinarias que existen en ella que permiten la transformación de la materia bajo procesos físicos como químicos, ya que al hacer el símil con la cotidianidad esto es lo que sucede a la hora de la elaboración de una comida o preparación culinaria.

Para el proceso exploratorio del proyecto fueron necesarias zonas de trabajo y limpieza, fogón y horno a gas, horno microondas, y todos aquellos utensilios necesarios para el uso de estos espacios como contenedores de múltiples tamaños y usos de materiales aptos para microondas y horno, espátulas y cuchillos, herramientas de medición y cálculo de cantidades.

De igual manera fue necesario controlar los procesos estandarizando los pasos, herramientas y medio de recopilación de información, como se muestra en las siguientes imágenes todas las cantidades de material utilizado es porcionado bajo contenedores estandarizados y el uso de herramientas de medición concretas, como tazas medidoras, gramera y jeringas genéricas.



Figura 6. instrumentos maquinarias utilizadas para controlar las cantidades a utilizar. a) toma de gramos en gramera, b) medición líquidos en tasa genérica, c) medición en contenedor estándar en gramera. Autoría propia.

Con los procesos de exploración ya especificados se empezó con el desarrollo del proyecto, el cual se dividió por medio de fases, con el objetivo de generar un material controlable con la harina del plátano.

Estas fases muestran las exploraciones que resultaron de mezclar la harina de plátano con diferentes aglutinantes y diferentes procesos de secado con el objetivo de observar las cualidades de cada mezcla y posteriormente mejorarlas, dando como resultado un material controlable y útil para diferentes aplicaciones.

La exploración consta de seis fases de mezclas A, B, C, D, E, F, en las cuales se exploraron diferentes aglutinantes con diferentes cantidades. Entendiendo los aglutinantes como aquellos que unen fragmentos o piezas de otros materiales para formar conjuntos (Hernández, 2020), se eligieron aquellos aglutinantes comestibles con posibles facultades útiles para potenciar la mezcla.

Tabla 2. Aglutinantes y sus cualidades en la literatura. Autoría propia.

GLUCOSA	Monosacárido, edulcorante, potenciador de sabor, mejorador de consistencia, anti-desecante, conservante.
CMC	CarboxiMetilCelulosa espesante, estabilizante, emulsionante, agente auxiliar para lograr punto de gel.
PECTINA DE MANZANA	La pectina es un polisacárido de origen vegetal soluble, agente gelificante, espesante y estabilizante debido a sus propiedades hidrocoloides.
PECTINA DE LIMÓN	
GOMA XANTANA	Polisacárido natural de alto peso molecular, espesante, estabilizante, emulsionante

GOMA ARÁBIGA	La goma arábiga es la resina de una variedad de acacias, usada como espesante natural y para dar elasticidad a caramelos.
CERA DE ABEJAS	Aroma a miel y propóleos, propiedades hidratantes, emolientes y suavizantes.
GLICERINA	La glicerina es un lípido, emulsionante, estabilizante, edulcorante, espesante y anticongelante

De esta manera se trabaja por grupo de a tres aglutinantes de manera independiente con la harina de plátano y posteriormente por características encontradas, mezclas híbridas entre varios aglutinantes.

Tabla 3. Composición de mezclas desarrolladas. Autoría propia.

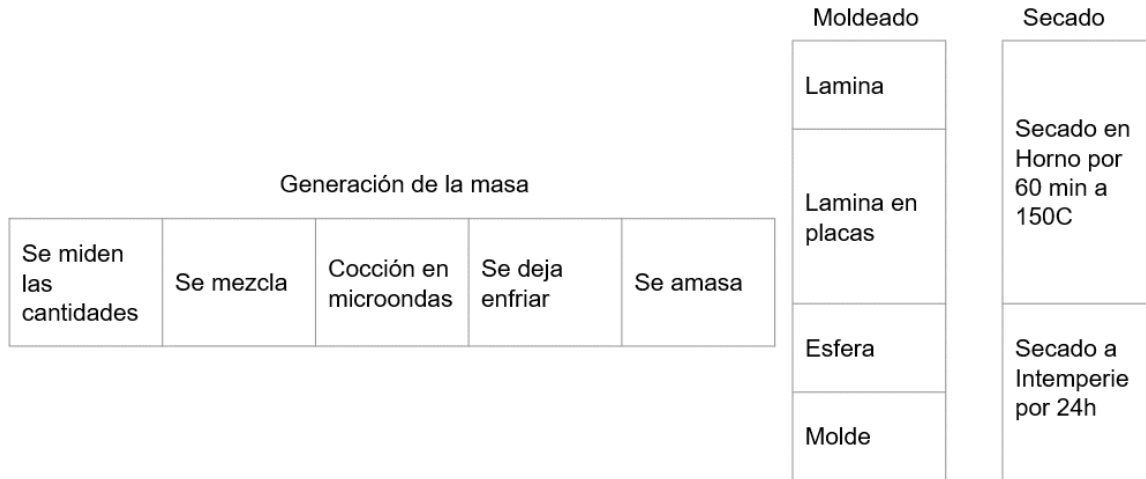
#	FASE	Ingredientes
1	FASE A	Harina de Plátano Verde HPV (50gr) -Agua(50ml)
2		HPV(50gr) -Agua(160ml) -CMC(5gr)
3		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Glucosa(5gr)
4		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Pectina de limón (5gr)
5		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Pectina de manzana(5gr)
6		HPV(50gr) -Agua(160ml) -CMC(5gr) -glucosa(5gr) -pectina limón(5gr), Pectina manzana(5gr)
7	FASE B	HPV(50gr) -Agua(160ml) -CMC(10gr)
8		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Glucosa(10gr)
9		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Pectina de limón (10gr)
10		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Pectina de manzana (10gr)
11		HPV(50gr) -Agua(160ml) -CMC(10gr) -Glucosa(10gr) -Pectina limón(10gr) -Pectina manzana(10gr)
12	FASE C	HPV(50gr) -Agua(160ml) -Cera de Abeja(5gr)
13		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Goma Xantana(5gr)
14		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Goma Arábiga(5gr)
15		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Cera de Abeja(5gr) -Goma Arábiga-(5gr)
16	FACE D	HPV(50gr) -Agua(160ml) -Cera de Abeja(10gr)
17		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Goma Xantana(10gr)
18		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Goma Arábiga(10gr)
19	FACE E	HPV(50gr) -Agua(160ml) -Glucosa-(3,5gr) -CMC(3,5gr) Goma Xantana(3,5gr)
20		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Glucosa(3,5gr) -Goma Xantana(3,5gr)
21		HPV(50gr) -Agua(160ml) -CMC(3,5gr) -Goma Xantana(3,5gr)
22		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Goma Xantana(2,5gr)
23	FACE F	HPV(50gr) -Agua(160ml) -Glicerina (3,5gr)
24		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Glicerina (3,5gr) -Goma Xantana(2,5gr)
25		HPV(50gr) -Agua(160ml) -Glicerina (3,5gr) Glucosa (3,5gr)-Goma Xantana(2,5gr)

2.3.1 Proceso de conformación de las mezclas

Una vez se obtiene la harina de plátano (fruto pulverizado) se agregan 50g en un recipiente profundo apto para microondas. Luego, se vierten 160ml de agua y los gramos del aglutinante a probar, con ayuda de una espátula, tenedor o batidor, se mezclan los ingredientes hasta obtener un líquido viscoso y homogéneo. Finalmente, se lleva la mezcla al microondas por cuatro intervalos de treinta segundos y se revuelve entre un intervalo y otro para lograr una cocción uniforme y conseguir la consistencia de una masa. Es posible variar la cantidad de intervalos teniendo en cuenta que a mayor cantidad mayor densidad de la masa. Se deja enfriar entre dos y tres minutos para amasar, estirar y formar las superficies y volumetrías desaseadas.

Posteriormente para el proceso de secado se lleva la muestra al horno por sesenta minutos a una temperatura de 150°C, cumplido el tiempo se retira del horno, se deja reposar, o se deja secar el material a temperatura ambiente en un lugar estéril por 24 horas.

Tabla 4. Proceso de elaboración de las muestras. Autoría propia.



2.3.2 Desarrollo de muestras, procesos formales

Para observar las cualidades de cada muestra realizada y que características le proporciona cada aglutinante, se generan diferentes formas con las mezclas, laminas, laminas con placa (solo en secado en horno), esferas y otras con uso de moldes.

Especificaciones formales:

Láminas de 10x10cm – 3mm

Finalidad: observar el comportamiento del material, su transformación y su secado. Se mantiene un máximo de grosor de 3mm para prevenir generación de hongos y bacterias.

Esferas solida R: 2cm

Finalidad: observar resistencia de la forma al secado y posible generación de hongos y bacterias.

Secado en laminas con restricciones tipo placas 10x10cm – 3mm

Al ser unos de los objetivos, controlar el material, se designó como forma base de control, la lámina, al ser el plano la base geométrica de desarrollos, y al estar restringido el material a las placas al momento de secado, esto permite observar la respuesta del material a las fuerzas y limitaciones dadas por el molde

Secado con molde

Se usan diferentes moldes de una sola cara, donde se presiona el material sobre esta y se deja secar con el molde, con la finalidad de observar la capacidad de copiado y mantención de formas complejas.

2.3.3 Tipos de secado

El objetivo de dejar secar el material a intemperie o forzarlo a un secado más rápido bajo el uso de un calor añadido (horno) busca disipar por última vez la humedad (agua) del material,

Secado a intemperie temperatura ambiente entre 20°C - 30°C 24 horas

Se observa la naturalidad del material y si existen presencias o facilidad de hongos y bacterias en él, para ello luego del moldeado, se deja sobre una superficie estéril al material por un mínimo de 24 horas donde el agua sigue su proceso natural de evaporación en el aire.

- Láminas
- Esferas

Secado en horno temperatura 150°C, 60min

Con la finalidad de secar rápidamente al material, para de eliminar el agua del material inhibiendo la generación de hongos y bacterias, se somete a las muestras a un secado a 150 grados centígrados por 60 minutos, buscando que el material conserve su estructura y cualidades eliminando la humedad sin quemar el material.

- Láminas
- Láminas con placas
- Esferas



Figura 7. Recopilación fotográfica de resultados, ejemplo de la toma de muestras de laminados y esfera anterior al último secado en horno. Autoría propia.

En la imagen anterior se pueden observar tanto las dimensiones de las formas como el sistema empleado por las placas, las cuales constan de tres partes, dos placas metálicas que dan estructura, dos siliconas antiadherentes en lamina en su interior pegadas a cada lamina metálica, que permiten el desmoldamiento del material y cuatro pinzas una en cada lado que generan la presión sobre la lámina de mezcla.

Cada parte del proceso como cada mezcla realizada se registra con su respectivo nombre y número de reconocimiento, de esta manera se logra un registro controlado de los resultados obtenidos, además el proceso realizado es grabado tipo blog para tener mayor detalle a la hora de regresar a alguna muestra o proceso y control de lo que se realizó.



Figura 8. Recopilación fotográfica de resultados, Ejemplo de la toma de muestras. Autoría propia.

Como ejemplo grafico de la elaboración del proceso de las muestras se presenta la elaboración de muestra con placas de restricción, en 6 etapas

- a) Adición e integración de materiales
- b) Cocción en microondas
- c) Amasar y estirar
- d) Moldear
- e) Cocción en horno
- f) Resultado final

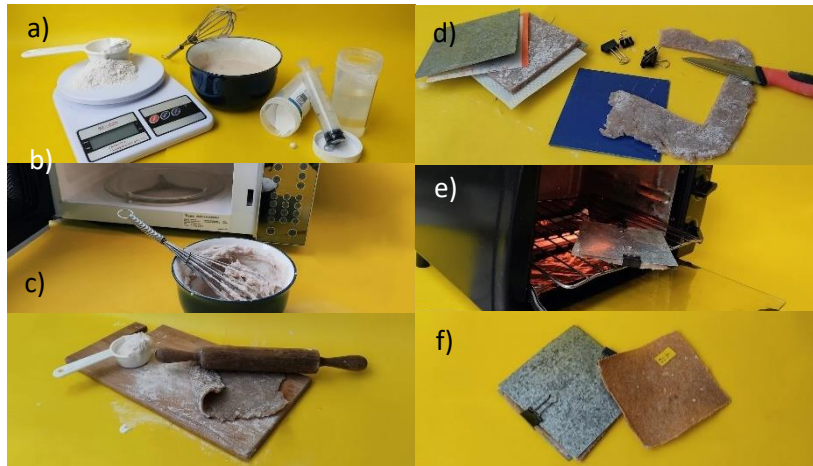


Figura 9. Proceso de obtención del material (a) Adición e integración de materiales. (b) Cocción en microondas (c) Amasar y estirar. (d) Moldear (e) Cocción en horno. (f) Resultado final. Autoría propia.

2.3.4 Mezclas seleccionadas

Luego de las fases exploratorias se seleccionan dos mezclas al ser las que mejores atributos presentaron, elegidas para las siguientes realizaciones del proyecto denominadas como mezcla flexible y mezcla plástica, nombres directamente relacionados con sus cualidades físicas.

Tabla 5. Cantidades empleadas para la fabricación del material Flexible. Autoría propia.

Componente	Cantidad
Harina de plátano verde	50g
Glicerina	5ml
Agua	160ml

Tabla 6. Cantidades empleadas para la fabricación del material Plástico. Autoría propia.

Componente	Cantidad
Harina de plátano verde	50g
Goma Xantana	3,5g
Glicerina	5ml
Glucosa	5ml
Agua	160ml

2.4 Obtención de formas

2.4.1 Exploraciones formales

Con las mezclas escogidas en el capítulo anterior se llevaron a cabo 15 fases formales, algunas de las exploraciones fueron desarrolladas en paralelo se practicaban diferentes fases de creación de mezclas con aglutinantes donde se usaron las probetas de muestra de manera formalmente experimental.

Si bien varias exploraciones son estéticamente interesantes o permitieron hallazgos importantes, se le dará mayor relevancia al explicar las cuatro exploraciones realmente fundamentales para la investigación por su materialidad misma como resultado, como por su aporte al demostrar cualidades y características de comportamiento del material.

2.4.2 Desarrollo de Laminados

Desde la búsqueda del controlar el material, hasta el desarrollo de formas más complejas. El hecho de que un material sea controlable desde el plano liso, abre las posibilidades del mundo geométrico, donde las expansiones volumétricas desde el plano tienen un gran poder formal.

Los laminados se desarrollaron durante toda la fase 3 “Obtención de la mezcla y exploraciones con aglutinantes”, donde por medio de probetas rectangulares planas se evidencia la capacidad controlable del material.



Figura 10. lamina controlable y replicable. Autoría propia.

2.4.3 Desarrollo de material flexible

En esta fase se explora a profundidad todas las cualidades y características que posee la mezcla flexible y su capacidad de adaptación y versatilidad a múltiples campos y procesos tanto manuales como industriales, donde se observa su gran potencial de desarrollo.

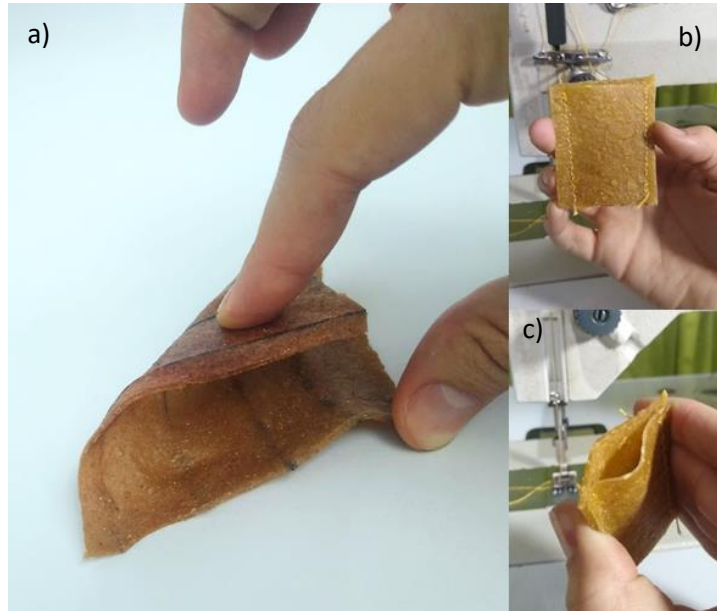


Figura 11. Proceso experimental flexible (a) Material flexible siendo doblado (b) material cosido con máquina de coser, (c) material cosido, manteniendo flexibilidad. Autoría propia.

2.4.4 Desarrollo de contenedores

El proceso para obtener los contenedores a partir del material formado en una superficie laminar, (sin someterse a los intervalos en el microondas) inicia a partir de la definición geométrica de la forma. Para este caso, se definen los diámetros de las bases y sus perímetros (paredes), estos se marcan en la superficie laminar en estado flexible. Luego, se cortan con utensilios corto punzantes de cocina o de papelería. Después, con ayuda de una preforma metálica se ubican las bases y las paredes que se unen mediante presión entre las dos partes del material. Finalmente, se llevan al horno convencional a 150°C durante 60 minutos.

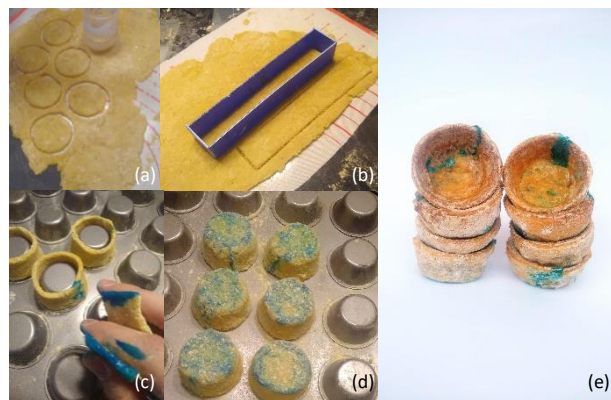


Figura 12. Desarrollo de contenedores. (a) Corte de la base (diámetros). (b) Corte de las paredes (rectángulos). (c) Proceso de armado de los contenedores. (d)Contenedores listos para el secado en horno. (e) Resultado final. Autoría propia.

2.4.5 Desarrollo de volúmetrías por medio de impresión 3D analógica

La impresión 3D analógica es un proceso mecánico y manual que no necesita procesos electrónicos o automatizados. Para realizar este procedimiento en el espacio doméstico, se utilizaron jeringas

médicas, espátulas de cocina y preformas cónicas metálicas de una lámpara convencional. Estas fueron forradas en papel de aluminio, luego se extruye el material por medio de la jeringa para lograr una superposición del material a través de la superficie de la forma. Finalmente, se agrega una estructura haciendo líneas verticales y horizontales en la parte interna de la volumétrica. Imagen 13b. Luego se lleva al horno convencional por un tiempo aproximado de 45 min a 150°C.



Figura 13. Proceso experimental analógico de impresión 3D. (a)Proceso de vertimiento del material sobre un preforma con ayuda de una jeringa. (b) Estructura interna. (c) Resultado final y aplicación. Autoría propia.

2.5 Caracterización del material

2.5.1 Pruebas de resistencia a la humedad

Para comprobar la resistencia del material a la humedad, se desarrollaron contenedores (probetas) a partir del material laminar y se sometieron a diferentes ambientes y niveles de humedad. Se midió la resistencia directa al agua a partir del vertimiento de agua fría (0°C), caliente (75°C) y a temperatura ambiente (27°C) para probar la resistencia de contención de líquidos. Además, se dispuso una probeta en el refrigerador para observar su comportamiento en ambiente húmedo con temperaturas cercanas o bajo los 0°C.

Probetas durante la prueba de contención de líquidos (agua)

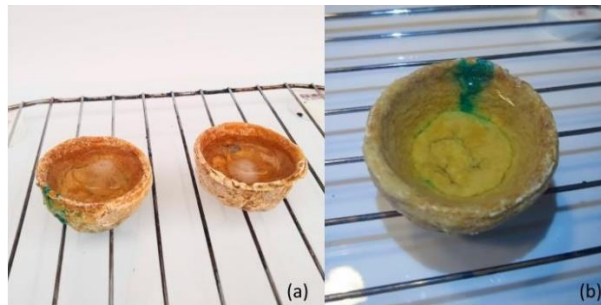


Figura 14. Probetas con agua fría. (b) Probeta en agua caliente. Autoría propia.

2.5.2 Pruebas de resistencia a la abrasión

Las probetas se sometieron a pruebas de abrasión usando jabón lavavajillas, esponja y agua, para observar su comportamiento al contacto con químicos y materiales sintéticos (ver Figura 5) que pudieran deformar su estructura. Las probetas se sometieron a cinco ciclos de lavado, cada uno durante cinco días consecutivos.



Figura 15. Contenedor bajo prueba de resistencia a lavado abrasivo. Autoría propia.

2.5.3 Pruebas de degradación

Para medir la degradación en ambientes no controlados, se expusieron las probetas a la intemperie sobre una superficie plana horizontal y otras se enterraron en tierra de una materia durante cuatro semanas consecutivas (ver Figura 6).



Figura 16. Probetas en prueba de degradación. Autoría propia.

2.5.4 Prueba de durabilidad

Bajo la hipótesis de que, el almidón verde del plátano ayuda a la prolongación del alimento vegetal en su interior, por su capacidad de recibir los gases de maduración del vegetal, como por absorber la humedad del entorno y no permitir la generación de hongos en el interior del compartimiento, se planteó la prueba de durabilidad vegetal con la finalidad de corroborar esta ventaja de los empaques a base de plátano al lado de los clásicos y contaminantes empaques de plástico y polipropileno expandido.

Con el uso de compartimientos pequeños donde se pueda posicionar dos alimentos vegetales se harán pruebas de duración del alimento, tanto en nevera como en medio ambiente.

- Compartimiento de polipropileno expandido y plástico.
- Compartimiento de plástico.
- Compartimiento de material comestible de plátano.

Donde se dejarán los alimentos hasta el momento en el que este no sea apto para el consumo y bajo con constante observación del alimento para ir observando su desarrollo.



Figura 17. Prueba de Durabilidad vegetal. Autoría propia.

3. RESULTADOS

3.1 Caracterización morfológica del plátano

3.1.1 El plátano

Teniendo en cuenta los componentes del plátano, especificados anteriormente en la tabla 1 de la metodología, se encuentra que los valores de los compuestos o en composición química del fruto del plátano, cambia dependiendo del punto de maduración del fruto. Para este caso, el plátano posee un mayor nivel de almidón en su etapa más temprana de cosecha como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 7. Cambios de la composición de plátanos en la maduración. Autoría Villarroel, Gómez, Vera, Torres, 2018

<i>Color</i>	<i>Características</i>	<i>Almidón</i>	<i>Azúcares</i>
1	Verde	21.5-19.5	0.1- 2.0
2	Verde con huellas de amarillo	19.5-16.5	2.0- 5.0
3	Más verde que amarillo	18.0-14.5	3.5- 7.0
4	Más amarillo que verde	15.0- 9.0	6.0-12.0
5	Sólo puntas verdes	10.5- 2.5	10.0-18.0
6	Todo amarillo	4.0- 1.0	16.5-19.5
7	Pequeñas áreas de color café	2.5- 1.0	17.5-19.0
8	Grandes áreas de color café	1.5- 1.0	18.5-19.0



Figura 18. Plátanos verdes (*Musa x paradisiaca*). Autoría propia.

Información como esta permite la caracterización y detección del plátano más óptimo para la investigación y desarrollo del proyecto. el cual debe de tener con un verde intenso y parejo, sin huellas de amarillo, como se aprecia en la imagen lateral, un plátano con un porcentaje de almidón elevado entre 19,5 y 21,5 µg (Microgramo) por gramo de plátano.

3.1.2 Procesos de transformación del plátano

Se pueden hacer largos listados de las múltiples preparaciones del plátano, para mayor claridad y desde la importancia para la investigación se les dividió en tres conjuntos, procesos de transformación físicos, químicos e híbridos.

Tabla 8. Procesos de transformación físicos. Autoría propia.

Físico			
pelar	cortar	congelar	Licuar

Tabla 9. Procesos de transformación químicos. Autoría propia.

Químico				
Cocinar	Deshidratar	Caramelizar	Liofilizar	Fritar

Se habla de procesos híbridos a aquellas presentaciones elaboradas del plátano, que requieren de un conjunto de procesos y tiene además un nombre denominado en la cultura.

Tabla 10. Procesos de transformación híbridos. Autoría propia.

híbridos				
arepas	Maduritos platanitos	harina	colada	Dulces de plátano
Pelado, cortado cocinado amasado horneado	Pelado cortado frito	Pelado cortado, deshidratado pulverizado	Cortado pelado Licuado cocinado	Pelado cortado caramelizado

3.2 Selección de procesos de transformación

3.2.1 Obtención de harina

Se eligió el uso de la harina por su capacidad retentiva de las cualidades del plátano y suspendedora de la maduración del mismo, ya que como se explicó en la metodología, al deshidratar el plátano (eliminar el agua en su interior), deteniendo los procesos de maduración y fermentación de sus componentes, permitiendo conservar el alimento en óptimas instancias para su utilización en los momentos requeridos, por otro lado el pulverizarlo y volver el fruto seco en harina permite su mejor combinación posterior con otros aglutinantes, al estar en un estado tan de partículas tan finas este facilita una rehidratación más rápida así como generar mezclas homogéneas.



Figura 19. transformación del plátano en harina. Autoría propia.

Se entiende por harina de plátano verde, a un polvo fino de un color blanco perlado con sub-tono amarillo pastel. Compuesto 100% por plátano verde, el cual posee un tenue olor a plátano frito.

Para su realización se debe pelar, cortar, deshidratar, pulverizar y cernir el plátano.

Desde una mirada productiva del proceso, se necesita un kilo de plátano, para obtener 400 gramos de harina pura de plátano verde.

Tabla 11. Transformación en gramaje del plátano. Autoría propia.

Plátano entero	Plátano pelado	Plátano seco	Harina de plátano cernida
1000gr	800gr	440gr	400gr

3.2.2 Deshidratador solar

Finalmente se desarrolló un deshidratador solar en MDF reciclado, vidrio y uniones metálicas, el cual posee capacidad para un aproximado de 3 kilos de material al mismo tiempo, con el uso de 3 bandejas removibles de malla en acero inoxidable, como se puede ver en las dos imágenes siguientes.



Figura 20. Deshidratador solar desarrollado por el semillero (a) Vista perspectiva b) vista lateral. Autoría propia.

La conformación del deshidratador solar fue exitosa, este alcanza una temperatura promedio entre los 50 a 80°C en un día soleado permitiendo un secado óptimo del plátano o fruto en su interior.



Figura 20. función del deshidratador solar (a) Temperatura interna promedio (b) uso óptimo de las bandejas por niveles.
Autoría propia.

3.3 Obtención de la mezcla y exploraciones con aglutinantes

3.3.1 Proceso de conformación de las mezclas

La etapa de obtención de la mezcla tuvo una duración de 6 meses en los cuales se desarrollaron mezclas del material con el uso de los 9 aglutinantes en diferente medidas y combinaciones, dando como resultado 25 diferentes compuestos y bajo los diferentes formas y procesos de secado 112 probetas distintas, las cuales permitieron observar las cualidades y propiedades de cada una de los componentes.



Figura 21. Galería de todas las exploraciones y mezclas. Autoría propia.

Desde mezclas que se quemaron y fracturaron, hasta otras que nunca secaron, cada aglutinante proporcionó propiedades diferenciadoras, las cuales permitieron caracterizar un material comestible y/o biodegradable.

Tabla 12. Cualidades encontradas por aglutinante. Autoría propia.

Aglutinante	Cualidades encontradas
Glucosa	Aporta brillo, viscosidad y translucidez, alta fragilidad
CMC	Da mayor resistencia mecánica y tenacidad al material, así como densidad a la mezcla
Pectina de manzana	Aportó arenocidad, color anaranjado con subtono rojizo y acabado más brillante
Pectina de limón	Mayor velocidad de secado, añade pigmentación sutil verde, suave olor a limón y arenocidad a la mezcla
Goma Xantana	Aporta muchísima resistencia mecánica y tenacidad al material, así como densidad a la mezcla. Superior al CMC
Goma Arábica	Mezcla muy pegajosa, viscosa y compleja de manipular en proceso de amasado, mayor fragilidad
Cera de abejas	Compleja de mezclar, mezcla con cualidades funguicidas, y sutil aroma a miel, mayor fragilidad
Glicerina	Alta elasticidad, densidad y movilidad al material, subtono anaranjado-amarillento

Cada fase experimental arroja características y cualidades de las mezclas realizadas, para representar esta información se realizaron las siguientes tablas por fase, dando una rápida descripción de los hallazgos obtenidos.





Tabla 13. Resultados fase A. Autoría propia.


Fase A		
MEZCLA	FOTO REFERENCIAL	CARACTERISTICAS
1. Harina de Plátano Verde HPV (50gr) Agua(50ml)		Mezcla original, color más oscuro material denso, y plástico, con alta fragilidad y con cualidades translúcidas.
2. HPV(50gr) Agua(160ml) CMC(5gr)		El CMC demostró cualidades de aglutinamiento, mantenimiento la estructura de la mezcla. Además, demostró un color más claro y opaco en su secado a intemperie, sin embargo, alta fragilidad.
3. HPV(50gr) -Agua(160ml) Glucosa(5gr)		En su secado en horno demostró demasiada fragilidad y alta velocidad de secado, las demás muestras de glucosa, las de sacado natural, demostraron cualidades muy similares a las demás, sin características inusuales, plasticidad y fragilidad media.
4. HPV(50gr) Agua(160ml) Pectina de limón (5gr)		demuestra alto nivel de fractura, algunas muestras se deformaron fuertemente en el centro y la muestra en secado al horno demostró su capacidad de expansión, rompiendo las paredes horneadas y generando una protuberancia, las demás muestras sin características inusuales.

5. HPV(50gr) Agua(160ml) Pectina de manzana (5gr)		Muestras con fracturación mucho mayor a la muestra de pectina de limón demostrando su inutilidad para aglutinar, color más rojizo y textura más arenosa.
6. HPV(50gr) Agua(160ml) CMC(5gr) Glucosa(5gr) P.limón(5gr), P.manzana(5gr)		mezcla que demostró mejores cualidades, siendo la que menos se fracturo, muy buenas cualidades, resistencia, tenacidad y mantención de a forma, mezcla con características plásticas.

Si bien la fase A comenzó a arrojar cualidades de los primeros 4 aglutinantes probados CMC, Glucosa, Pectina de limón y Pectina de manzana, se vio necesario aumentar las cantidades de las mezclas de 5gr por mezcla a 10gr con la finalidad de observar con mayor facilidad aquellas cualidades proporcionadas por los aditivos.





Tabla 14. Resultados fase B. Autoría propia.

Fase B		
MEZCLA	FOTO REFERENCIAL	CARACTERISTICAS
7. HPV(50gr) Agua(160ml) CMC(10gr)		las muestras con doble cantidad de CMC dieron cualidades muy rígidas y de una tonalidad más clara, es una mezcla que se permite manipular fácilmente y dar acabados pulidos, por su cualidad amasarle, requiere un mayor tiempo de secado, su secado en horno demuestra facilidad para fracturación.
8. HPV(50gr) Agua(160ml) Glucosa(10gr)		Mezcla con alto nivel de transparencia un color caramelo mayor, mayor fragilidad, pero acabado brillante, muy similar a un híbrido entre un caramelo y un acrílico.
9. HPV(50gr) Agua(160ml) Pectina de limón (10gr)		la velocidad de secado de la mezcla con pectina de limón es más rápida que varias otras. con el mecanismo de activación inicial de la pectina, se pudo observar la cualidad de la pectina, al generar una masa gelatinosa con el agua. La pectina de limón añade pigmentación en la mezcla dándole un toque sutil verde, y en algunas muestras un suave olor a limón
10. HPV(50gr) Agua(160ml) Pectina de manzana (10gr)		Desde el mecanismo de activación inicial de la pectina, fue notable la disfuncionalidad de este tipo de pectina hecha de manera casera, ya que no se observó ninguna activación con el agua y al combinar la mezcla del agua y pectina con la harina de plátano, tenía apariencia muy similar a la mezcla de harina con agua, sin ninguna característica especial

<p>11. HPV(50gr) Agua(160ml) CMC(10gr) Glucosa(10gr) P.limón (10gr) P.manzana (10gr)</p>		<p>Fue la mezcla que mejor resultados demostró en la copia y mantención de forma Es necesario aclarar que las cantidades de aditivos en esta mezcla no fueron todas en la misma cantidad, ya que dicha mezcla se conformó con las mezclas del sobrante de las demás, por ello, contiene mayores cantidades de unos que de otros aditivos</p>
--	---	--

No satisfechos por completo por los resultados en las dos primeras fases y las cualidades que proporcionaron los aglutinantes, se dispone a probar otros 3 aglutinantes diferentes, en este caso la Cera de abejas, la goma Xantana y la goma Arábica. Siguiendo el mismo orden de las fases anteriores, se comienza probando las mezclas con aglutinantes de manera independiente de 5gr por mezcla, las cuales arrojaron las siguientes cualidades.




Tabla 15. Resultados fase C. Autoría propia.

Fase C		
MEZCLA	FOTO REFERENCIAL	CARACTERISTICAS
<p>12. HPV(50gr) Agua(160ml) Cera de Abeja(5gr)</p>		<p>La Cera de Abejas si facilito la aglomeración del material, aunque finalmente fue incapaz de soportar la presión ejercida por las placas en horno y frente a la relación de la ceja como fungicida fue incapaz de prevenir al material de generar hongos.</p>
<p>13. HPV(50gr) Agua(160ml) Goma Xantana(5gr)</p>		<p>Las muestras con Goma Xantana dieron cualidades muy rígidas y de una tonalidad más clara, siendo el material con mayor resistencia a la presión externa, al momento del amasar demuestra ser extremadamente densa y aglomerada, siendo las cualidades buscadas en la exploración de aglutinantes.</p>
<p>14. HPV(50gr) Agua(160ml) Goma Arábica(5gr)</p>		<p>las muestras con Goma Arábica fueron finalmente un aditivo disfuncional, no generó resultados muy positivos, en su proceso de amasado fue una mezcla muy pegajosa, viscosa y compleja de manipular, ya que si importar el tiempo en el microondas, la mezcla no perdía sus cualidades viscosas, y finalmente al secarse, se fracturó.</p>
<p>15. HPV(50gr) Agua(160ml) Cera de Abeja(5gr) Goma Arábica(5gr)</p>		<p>las masas se finalizaron bajo tratamiento térmico, uno en sartén y otro en parrilla de arepa, los dos con la finalidad evidenciar la respuesta de las masas a calor tan direccionado y directo a diferencia del horno que calienta de manera homogénea, como resultado se pudo evidenciar, que al ser la masa tan densa, el calor no termina cocinando todo al tiempo, sino que quema las zonas en contacto directo, y de esta manera también generando pequeñas burbujas en la superficie, volviendo aún más irregular, la muestra.</p>

Las cualidades obtenidas fueron realmente atractivas y coherentes con los objetivos de control y estabilidad del material, de igual manera continuado con el planteamiento se realiza la fase D igual



como se hizo en la fase B, aumentado la cantidad de aglutinante añadida de 5gr por mezcla a 10gr, y proporcionaron los siguientes resultados:

Tabla 16. Resultados fase D. Autoría propia.

Fase D		
MEZCLA	FOTO REFERENCIAL	CARACTERISTICAS
16. HPV(50gr) , Agua(160ml) Cera de Abeja(10gr)		las muestras con doble cantidad de Cera de Abejas, dejaron claro que en tanta cantidad del aditivo generaba una masa heterogénea y cortante, además de que las cualidades de fusión de la cera son muy específicas y características, llevando a un material rotundamente disfuncional para el objetivo de la investigación.
17. HPV(50gr), Agua(160ml) Goma Xantana(10gr)		las muestras con doble cantidad de Goma Arábica, demostraron secarse más rápido a otras muestras, y aunque finalmente ambas muestras se fracturaron, dieron muestra de características muy orgánicas de la goma Arábica.
18. HPV(50gr), Agua(160ml) Goma Arábica(10gr)		las muestras con doble cantidad de Goma Xantana demostraron las cualidades más sorprendentes de toda la investigación, al ser estas capaces de no solo no sucumbir a la presión del molde, sino tan fuerte y densa que dañó el molde por placas, corroborando su excelente cualidad de aglutinamiento y resistencia a los cambios externos.

Al haber comprendido luego de las primeras cuatro fases (A,B,C,D) que cualidades aporta cada aglutinante, cuales si son propicias para el proyecto, y como los diferentes aglutines interactúan entre ellos formando mezclas homogéneas, se dispone a realizar la fase E como una fase experimental de sinergia entre los aglutinantes que poseen cualidades atractivas, como lo son el CMC, la goma Xantana y la Glucosa, los primeros dos por sus cualidades de aumento de resistencia y tenacidad al generar materiales más compactos y dúctiles, y la glucosa por su capacidad de generar brillo, transparencia y densidad a l mezcla.

Tabla 17. Resultados fase E. Autoría propia.

Fase E		
MEZCLA	FOTO REFERENCIAL	CARACTERISTICAS
19. HPV(50gr) Agua(160ml) Glucosa-(3,5gr) CMC(3,5gr) Goma Xantana(3,5gr)		Al ser la primera muestra con diferentes aglutinantes además de la HPV, no se tenía mucha claridad del resultado final, pero de tenía idea de por dónde sería, finalmente el material demostró gran densidad y resistencia a la deformación por molde, además mantenía la cualidad de expansión volumétrica tan atractiva.
20. HPV(50gr) Agua(160ml) Glucosa(3,5gr) Goma Xantana(3,5gr)		Una mezcla en pocas palabras idéntica a la 19, demostrando que funcionalmente no es necesario el uso de CMC, aunque igualmente se seguirá con las pruebas para no dejar pasar posibilidades. Finalmente demuestra las mismas cualidades de la muestra anterior.

21. HPV(50gr) Agua(160ml) CMC(3,5gr) -Goma Xantana(3,5gr)		De manera ilógica, la mezcla ahora con CMC pero sin goma Xantana, dio los mismos resultados de las dos mezclas anteriores dejando la gran duda de que realmente está pasando.
22. HPV(50gr) Agua(160ml) Goma Xantana(2,5gr)		Cómo mecanismo de descarté se hizo una última mezcla, ahora solo con goma Xantana pero solo al 5% y el resultado es realmente muy similar solo menos traslúcido.

Se obtuvo que el CMC y la goma Xantana cumplen la misma función de aglutinar con mayor resistencia a la separación por presiones externas o contracción por secado, y la glucosa le aumenta densidad al material, llevando a un material más traslúcido. Igualmente, aunque la CMC y goma Xantana cumplen la misma función, sin embargo, la goma Xantana lo hace con mayor fuerza y requiriendo menor cantidad de producto., siendo así la mejor opción la mezcla de HPV con goma Xantana y glicerina, ambos aglutinantes en un 5% (mezcla 20)"

Aunque los resultados hasta el momento eran más que prometedores y funcionales, se hizo una búsqueda más en la literatura sobre aglutinantes en la comida y se encontró la Glicerina, un aglutinante con cualidades plastificantes, por lo cual se hizo una última fase experimentación con el uso de glicerina y una que otra combinación con goma Xantana y glucosa, dando como resultado las siguientes mezclas:

Tabla 18. Resultados fase F. Autoría propia.

Fase F		
MEZCLA	FOTO REFERENCIAL	CARACTERISTICAS
23. HPV(50gr), Agua(160ml) Glicerina (3,5gr)		Posee un alto nivel de flexibilidad y translucidez. Presenta facilidad para ser cortado, perforado, cosido (hilo), doblado y aplanchado, lo que lo lleva a ser un material realmente útil. Poco resistente al agua, al ser tan denso en sus partículas el agua pasa con facilidad por él, sin el ser retenido por otros, como en el caso de las muestras con CMC, que se hidrata la barrera superficial lo que lleva a cerrar los posibles espacios por donde el agua pasaría.
24. HPV(50gr), Agua(160ml) Glicerina (3,5gr), Goma Xantana(2,5gr)		Al agregar goma Xantana a la mezcla anterior, está perdió en gran medida su cualidad flexible, terminando en parecer en muchos aspectos como las mezclas 19, lo que claramente demuestra el poder de la goma Xantana al punto de opacar por completo cualidades de otros aglutinantes.

<p>25. HPV(50gr), Agua(160ml) Glicerina (3,5gr), Glucosa (3,5gr), Goma Xantana(2,5gr)</p>		<p>Cualidades muy parecidas a un polímero plástico (cualidad plástica) La integración de los tres aglutinantes con la HPV permite una mezcla controlable y estable, con un tono amarillos claro</p>
---	---	---

Sorprendentemente el uso de la glicerina proporciono una cualidad que no se había podido conseguir y era la flexibilidad, una característica demasiado atractiva por las múltiples funcionalidades que permite, abriendo todo un mundo de posibilidades más para el material, además es un punto de partido mucho más amplio de combinaciones más elásticas y plásticas.

3.3.2 Desarrollo de muestras, procesos formales

Por otro lado, los procesos formales de secado de las probetas proporciono hallazgos importantes entorno a las cualidades del material, si bien cada aglutinante le va proporcionando diferentes características a la mezcla, el material base de harina de plátano verde mantiene una constancia de compartimentos y característica que lo van categorizando y permite una comprensión mayor de este, para posteriores transformaciones formales más complejas.

La siguiente tabla presenta algunos de los resultados más representativos y valiosos de las formas escogidas para las probetas iniciales de experimentación:

Tabla 19. Resultados formales experimentales. Autoría propia.


<p>LAMINAS</p>		<p>las muestras de lámina en secado lento a intemperie de la fase A y B, demuestran cualidades plásticas, al poder soportar fuerzas cediendo poco, pero sin fracturarse, cualidad que no poseen las muestras horneadas.</p> <p>se pudo observar la forma que adquieren las piezas con el secado, con una forma tipo medio cilindro, simular al techo de un túnel, algunas más simétricas que otras, pero finalmente similares.</p>
<p>LAMINAS</p>		<p>En algunas muestras se genera factura en la zona central de la lámina, ¿será este resultado de la forma de contratación o será ocasionado por falencias en la factura de la lámina al momento de su generación?</p>
<p>LAMINAS CON PLACAS</p>		<p>El secado final en horno con láminas fue todo un éxito al cumplir su función de demostrar las cualidades de resistencia a la presión de las muestras, permitiendo observar la capacidad para controlar y generar formas a base de moldes tipo prensa, como se puede apreciar en las imagen a) algunas muestras se contrajeron bajo la presión terminado en fracturas y desgarré del laminado, en la imagen b) se puede observar como otras muestras sucumbían a la presión, terminado extruidas del molde, como en cambio en mezclas como las c) algunas muestras tenían una alta resistencia a la presión y terminaban por secarse de manera uniforme en una lámina plana</p>

ESFERAS		Las esferas permitieron observar claramente que mezclas tenían mayor tenacidad y mantención de la forma, aquellas que al secarse se fracturaron o se mantenían estables en su secado
		Al ser formas gruesas, desde su diámetro de 2cm, evidenciaron la facilidad de generación de hongos y bacterias, dependiendo de las muestras, como la demora de secado por altos grosores de material.
MOLDES		Tanto con formas complejas como se ve en la imagen a) de molde de texturas bioinspiradas, como en la imagen b) con uso de contenedores y cucharas como moldes, se puede observar como con un molde de una sola cara se pueden realizar formas mucho más elaboradas con el material.

3.3.3 Tipos de secado

Los tipos de secado, en horno y secado a intemperie arrojaron conclusiones muy valiosas donde el proceso de secado tiene mucha relevancia en el resultado final de la muestra proporcionándole cualidades diferentes a la materia final.

Tabla 20. Resultados tipos de secado. Autoría propia.

TIPOS DE SECADO	
Secado a intemperie temperatura ambiente entre 20°C - 30°C 24 horas	Secado en horno temperatura 150°C, 60min
	
Muestras en proceso de deformación por secado a intemperie	Muestras de láminas presentando expansión volumétrica por secado a horno
<ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempo de secado mínimo 24 horas a 20-25°C ○ Reducción al secado entre 50-60% de la volumetría del material. ○ Posibilidad media de generación de hongos en esta de secado. ○ Alto nivel de deformación en laminados. ○ Acabados más polvosos y rugosos. ○ Mayor coeficiente de plasticidad en las probetas. ○ Posibilidad de moldes plásticos. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempo de secado 60 minutos a 150°C. ○ Reducción al secado entre 20-30% de la volumétrica del material. ○ Posibilidad baja de generación de hongos en esta de secado. ○ bajo nivel de deformación en laminados con placas. ○ Acabados más lisos y traslucidos. ○ Mayor coeficiente de plasticidad en las probetas ○ Posibilidad de quemado o sobrecocción del material. ○ Posibilidad de uso de moldes cerrados.

3.3.4 Mezclas seleccionadas

Como mecanismo de recopilación de información y como insumo base para el proceso de selección de las mezclas más propicias a trabajar, se utiliza una tabla que recopila los aspectos estéticos y funcionales de cada probeta por mezcla realizada, en esta se anota inicialmente el número de la probeta y el nombre de la mezcla, sus especificaciones en gramos y mililitros, también el tipo de forma de la probeta (esfera, lamina o molde) y el tipo de secado (horno o intemperie), se añade una fotografía clara de muestra, características físicas (brillo, tacto, color, deformación y traslucidez) y un análisis de lo que se observó tanto en su proceso de realización, secado y resultado final.

Tabla 21. Recopilador de cualidades y características por probeta de material. Autoría propia.

Muestra: XX	NOMBRE				
Proporciones:	Gramos de harina de plátano	Mililitros de Glucosa	Gramos de CMC	Gramos de Pectina Manzana	Gramos de Pectina Limon
Tipo de harina:	Verde	Pintón	Maduro	Combinación	Proporción de combinación
Secado:		Horno	Interperie	Fotografía	Analisis
	Esfera				
	Lamina				
	Molde				
flexibilidad	Brillo	Tacto	color	Deformación	Translucides

De esta manera se seleccionaron las muestras plásticas y elásticas:

Tabla 22. Recopilador de muestras escogidas, Plástica y Elástica, (a) probeta 25A (b) probeta 23B. Autoría propia.

a)

Muestra:25A	HPV-agua-Glicerina- Goma Xantana-Glucos lamina-homo con placas				
Proporciones :	Gramos de harina de plátano	Gramos de Goma Xantana	Glicerina	Glucosa	Minilitros de Agua
	50gr	3,5g	3,5g	3,5g	160ml
Tipo de harina:	Verde	Pintón	Maduro	Combinación	Proporción de combinación
	x				
		Horno	Interperie	Fotografía	Analisis
Secado:	Esfera				Secado en horno por 60 min a 150C, demuestra nivel de flexibilidad y traslucides medio, el material aparenta cualidades muy plasticas, como de un acrílico
	Lamina				
	Molde	x			
Flexibilidad	Brillo	Tacto	color	Deformación	Translucides
Media	medio	liso	marrón amarillo	muy baja	media

b)

Muestra:23B	HPV-agua-Glicerina-lamina-homo				
Proporciones:	Gramos de harina de plátano	Gramos de Goma Xantana	Glicerina	Glucosa	Minilitros de Agua
	50gr	3,5g			160ml
Tipo de harina:	Verde	Pintón	Maduro	Combinación	Proporción de combinación
	x				
		Horno	Interperie		Analisis
Secado:	Esfera				Secado en horno por 60 min a 150C, demuestra alto nivel de flexibilidad y traslucides..
	Lamina	x			
	Molde				
Flexibilidad	Brillo	Tacto	color	Deformación	Translucides
alto	medio	medio	marrón - amarillo	baja	alta

Tabla 23. Comparación de muestras escogidas, Plástica y Elástica (a) probeta 25A (b) probeta 23B. Autoría propia.


MUESTRAS SELECCIONADAS	
PLÁSTICA	ELÁSTICA
 <p>Figura 23 Muestra 25A cualidades plásticas</p>	 <p>Figura 24 Muestra 23B cualidades elásticas</p>
<p>Comportamiento plástico, lo que permite fácil manipulación para ser vertido en moldes o extruido, material dúctil y denso, a su vez con un rango elástico adecuado que le permite no sucumbir a las presiones fácilmente. La goma Xantana como adhesivo-cohesivo que estructura mucho más es material volviéndolo muchísimo más dúctil por eso mismo controlable, pero a su vez muy plástico por ello requiere de otros aglutinantes para mayor flexibilidad, para ello mismo se usa la glicerina que aumenta su rango elástico, y finalmente la glucosa, que bien, aunque el almidón propio de la HPV ya contiene, el agregar más permite el activar la elasticidad de la glicerina, por lo cual don mutuamente necesarias.</p> <p>El material tiene un alto nivel de flexibilidad y medio de translucidez, presenta facilidad para ser cortado, perforado, cosido (con aguja e hilo, tanto manual como en máquina de coser), doblado y aplanchado, lo que lo lleva a ser un material realmente adaptativo y multifuncional. La glicerina como aditivo plastificante, reestructura las moléculas de almidón en el plátano, inhibiendo su fracturación y manteniendo su hidratación, permitiendo un acabado seco y extremadamente flexible.</p>	


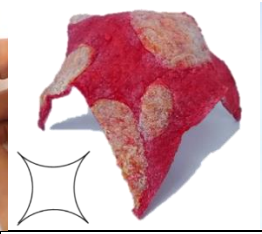





3.4 Obtención de formas

3.4.1 Exploraciones formales

La exploración formal y morfología con el material tuvo presencia dentro del margen de las fases de selección de material y también en instancias posteriores directamente dirigidas a exploraciones formales, estas tuvieron como finalidad analizar y probar las características y posibles aplicaciones del material llevando sus propiedades al máximo.

Tabla 24. Galería exploraciones morfológicas y formales. Autoría propia.

		
a) Laminados controlables	b) Volumetrías expandidas	c) Formas encajables

			
d) Redes móviles	e) Pigmentación y aspectos gráficos orgánicos	f) Contenedores	g) Volumetrías por medio de impresión 3D analógica
			
f) Formas estructurales	i) Cubiertos convencionales	j) Alternativos tipo garras	

Los laminados si bien hacen parte del proceso de selección de mezclas también existió un proceso de búsqueda y perfeccionamiento del proceso de laminados, así mismo, se pudo observar las posibilidades de volumetrías expandidas desde laminados horneados, como se observa en la imagen a), los gases liberados por el material en con cocción en horno generaba expansiones volumétricas interiores en el material dando como resultado formas tipo almohada con concavidades internas, también desde la modularidad se trabajó la explotación de formas encajables (imagen C), como el trabajo de redes móviles, pigmentación y aspectos gráficos orgánicos, búsquedas de estructuras, como inclusive la conformación de cubiertos convencionales (i) y alternativos tipo garras (j).

A continuación, se dará una explicación más detallada de los cuatro profesos formales que tuvieron mayor valides t relevancia a los ojos de dar una funcionalidad objetiva y coherente al material resultante.

3.4.2 Desarrollo de Laminados

Los valores de espesor para las láminas de plátano oscilan entre 2mm y 3mm. Se determinó que la medida del espesor no puede ser inferior a 2mm, puesto que la consistencia de la masa inicial no lo permite debido a que la mezcla a pesar de ser debidamente procesada mantiene la presencia de partículas granulosas. Por otra parte, se recomienda que dichas láminas no superen los 3mm de espesor, puesto que esto genera que tarden más tiempo en secar y sean mucho más frágiles. En adición a lo anterior, la utilización de láminas de mayor espesor implica una problemática de hongos y bacterias por la contención de humedad, además de ser materiales orgánicos basados en el almidón que reacciona con la humedad de su entorno.

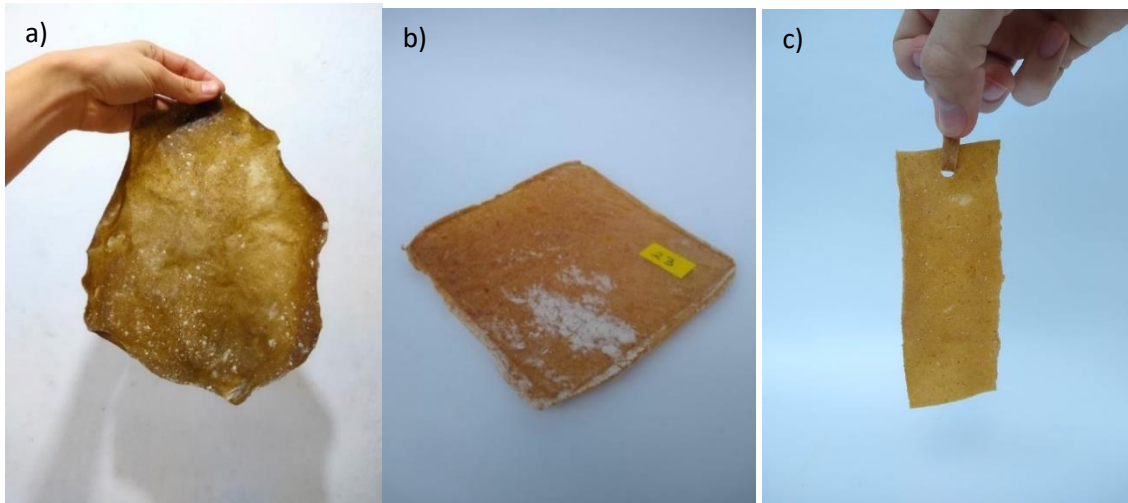


Figura 21. muestras del material laminado a) lamina gran formato orgánica, b) lamina controlada rectangular, c) lamina flexible cortada y perforada. Autoría propia.

Los laminados que se exploran con ambas mezclas seleccionadas, permiten ver procesos a optimizar, como al ahora de usar laminadoras mecánicas laminas más grandes con en la imagen a) como también explicar con cortes y perforaciones a los laminados entendiendo estos como un papel en bruto con altas funcionalizaciones

3.4.3 Desarrollo de material flexible y opciones de armado

Teniendo como punto de partida los laminados, se trabaja únicamente con la mezcla flexible con glicerina, con la cual se comienzan a hacer laminados a mayor formato y explorado con proceso posteriores de modificación.

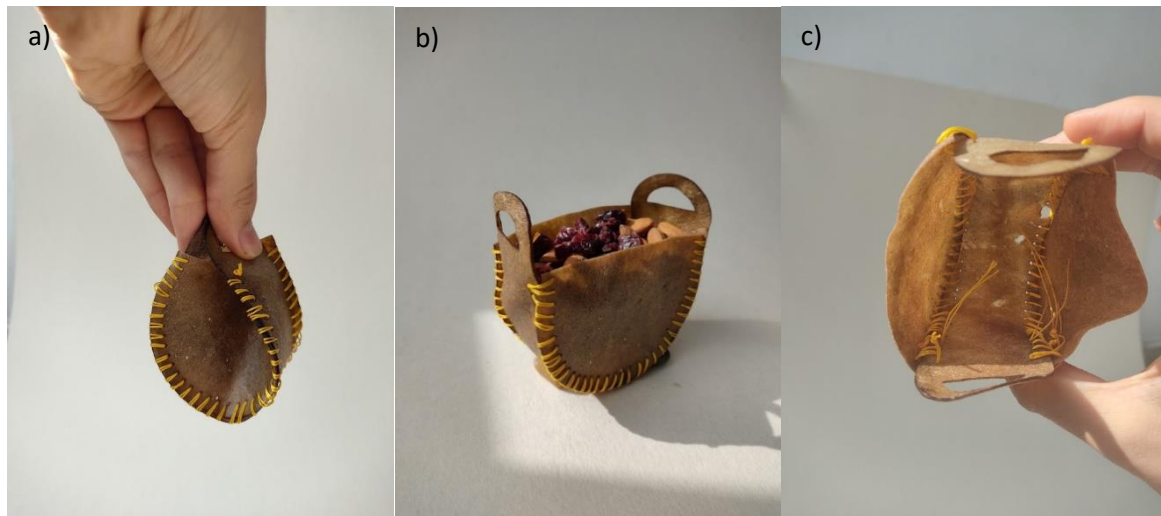


Figura 22. Galería contendor flexible y cocido. Autoría propia.

En una primera instancia se hizo un proceso de modelado digital de desarrollos para marroquinería, con el cual con ayuda del corte laser se sacaron laminados precisos de material flexible, el cual como si se tratara de cuero se coció con uso de aguja e hilo, generado este primer acercamiento a un contenedor utilizable, el cual, si bien presento rajaduras y perforaciones no deseadas, dio un muy buen entendimiento de los alcances y adaptabilidad del material.

3.4.4 Desarrollo de contenedores

Se definen los diámetros de las bases y sus perímetros (paredes), estos se marcan en la lámina en estado flexible, luego se cortan con utensilios corto punzantes de cocina o de papelería. Con ayuda de una preforma metálica se ubican las bases y las paredes, finalmente se secan al horno a 150°C durante 60 minutos.

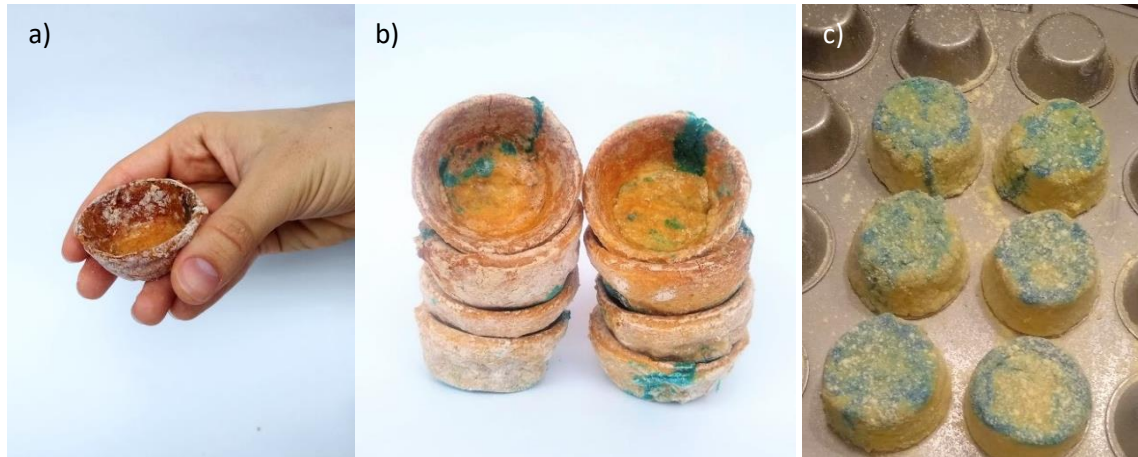


Figura 23. Muestras de desarrollo de contenedores. Autoría propia.

Se usa colorante azul en las uniones realizadas en el desarrollo de la forma con la finalidad de garantizar la visibilidad de las uniones del material a la hora de realizarlo.

3.4.5 Desarrollo de volúmetrías por medio de impresión 3D analógica

Para realizar este proceso en el espacio doméstico, se utilizó una jeringa médica, espátula de cocina y preformas cónicas de una lámpara convencional. Estas fueron forradas en papel de aluminio, para verter el material por medio de la jeringa para estructurar la forma volumétrica se hicieron líneas verticales y horizontales. Luego se lleva al horno por un tiempo aproximado de 45 min a 150°C.



Figura 24. Muestras de volumetrías por medio de impresión 3D analógica. Autoría propia.

Se puede observar la búsqueda no solo de formas con molde en el caso de las concavidades para lámparas de escritorio, sino búsquedas de contenedores y además formas más planas en este caso de letras. Este proceso de impresión 3D se realizó únicamente con la muestra plástica, al ser esta preferible a la hora de dar estructuras con poco material cosa que la mezcla elástica no permitiría al terminar colapsando por la presión.

3.5 Caracterización del material

3.5.1 Pruebas de resistencia a la humedad



Figura 25. Contenedores de material bajo pruebas de resistencia al agua a 0°C. Autoría propia.

Como el plátano se considera un material hidrofílico va absorbiendo el agua, lo que lleva a que se generen filtraciones y transpiraciones. El contenido de glucosa aporta repelencia al agua, por esta

razón, resiste aproximadamente tres horas conteniendo líquidos a temperatura ambiente. La diferencia de temperatura no tuvo un efecto significativo en el material. Con el agua caliente, se apreció que las muestras emanaban el calor rápidamente y a los diez minutos se encontraban a temperatura ambiente. Con el agua fría mantenía por más tiempo la rigidez en el material por la transmisión de temperatura. Finalmente, el agua residual en el material independiente de la temperatura o de la muestra, tenía el mismo sabor suave a plátano.

Tabla 25. Resultados del ensayo de resistencia al agua. Autoría propia.

Resistencia al agua			
	Tiempo		
Muestra	Fría (1°C)	Ambiente (27°C)	Caliente (75°C)
25(G.X-GLU- CLI)	3:00:00 (h) No se observan cambios	3:00:00(h) No se observan cambios	3:00:00(h) No se observan cambios
23(CLI)	0:15:00 (min) paredes húmedas	0:15:00(min) paredes húmedas	0:15:00(min) paredes húmedas

3.5.2 Pruebas de resistencia a la abrasión

Al someter el material a la abrasión se observa que el material es poroso y absorbe lentamente los líquidos. Luego de estar en contacto con el agua, el jabón y de dejarse secar a la temperatura ambiente, este se seca fácilmente sin afectar la estructura ni la textura de la forma y el material.

Tabla 26. Resultados del ensayo de resistencia al lavado. Autoría propia.

Resistencia al lavado			
	Tiempo		
Muestra	semana 1	semana 2	semana 3
25(G.X-GLU- CLI)	Fracturación lateral	Continuación de la fractura	Continuación casi imperceptible de fractura
23(CLI)	No se observan cambios	No se observan cambios	No se observan cambios

3.5.3 Pruebas de degradación



Figura 26. Pruebas de degradación a) Muestras de plátano luego de 3 semanas a intemperie. b) Muestras de plátano luego de 3 semanas a intemperie en terreno orgánico. Autoría propia.

Al ser un material orgánico se degrada fácilmente a la intemperie. En un periodo de cuatro semanas el material cambia la pigmentación y la textura. Luego, comienza a ceder y a fracturarse. Al contacto con la tierra (terreno orgánico) las muestras permanecen húmedas lo que ocasiona hongos que fracturan el material y lo descomponen de una manera acelerada.

Tabla 27. Resultados prueba de degradación a intemperie. Autoría propia.

Degradación a intemperie				
	Tiempo			
Muestra	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4
25(G.X-GLU-CLI)	No se observan cambios	Fracturación lateral- aparición de hongos lisos	Fracturación lateral- aparición de hongos con relieve	Crecimiento de hongos y fracturación
23(CLI)	No se observan cambios	Fracturación lateral- aparición de hongos lisos	Fracturación lateral y separación inferior aparición de hongos lisos	Fracturaciones laterales y separación inferior casi completa de hongos lisos

Tabla 28. Resultados prueba de degradación. Autoría propia.

Degradación en tierra				
	Tiempo			
Muestra	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4
25(G.X-GLU- CLI)	Mantención de humedad en material	Aparición de hongos algodón en contacto con el suelo	Adición a suelo, mantención de hongos y humedad continúa	Continuación del proceso de degradación

23(CLI)	Mantención de humedad en material	Aparición de hongos algodón en contacto con el suelo	Adición a suelo, mantención de hongos y humedad continúa	Continuación del proceso de degradación
---------	-----------------------------------	--	--	---

3.5.4 Prueba de durabilidad vegetal



Figura 27. frutos y empaques posterior a la prueba de durabilidad vegetal. Autoría propia.

Durante un periodo de 9 días se realizaron las pruebas, donde con revisiones contantes de las probetas se pudo recopilar los procesos de maduración y degradación de las frutas, claramente el entorno en el que se encontraban fue determinante en el tiempo de desarrollo, al ser las temperaturas más bajas relentizantes.

Así mismo la hipótesis de la generación de micro burbujas y alta humedad por parte de los plásticos fue acertada, como la reducción de la maduración por parte del material de plátano.

Tabla 29. Tabla prueba de durabilidad vegetal. Autoría propia.

	Material	Estado del fruto conforme al tiempo		
		comestible	Con indicios de daño, pero comestible	No comestible
Refrigerador (6C°)	Plástico con perforaciones	24 horas 1 día	4 día	5 día
	Polipropileno expandido y plástico elástico	24 horas 1 día	4 día	5 día
	Material de plátano	5 día	7 día	9 día
Intemperie (26C°)	Plástico con perforaciones	10 horas	14 horas	24 horas 1 día
	Polipropileno expandido y plástico elástico	15 horas	33 horas 1½ día	2 día
	Material de plátano	24 horas 1 día	4 día	5 día

3.6 EMPLANTAR

Empaques comestibles y compostables a base de plátano

Luego de las múltiples experimentaciones formales y caracterizaciones del material, se determinó trabajar conforme al mundo de los empaques y sus múltiples variantes, buscando el remplazo de empaques y contenedores poliméricos para romper con las dinámicas destructivas, sin perder características de visibilidad y facilidad de empaquetamiento. Desde la problemática medio ambiental y desde el mundo de los empaques (de alimentos), hay una gran carencia de contenedores que cumplan las funcionalidades de materiales poliméricos sin tener que recurrir a estos mismos.

Se plantea el desarrollo de una línea de empaques comestibles y compostables, el cual tiene la orientación de permitir el almacenamiento y distribución de alimentos, así como toda la estructuración de marca bajo el nombre de EmPlantar.



Figura 30. EmPlantar Colección 2021-2 de empaques comestibles y compostables a base plátano. Autoría propia.

Teniendo como referente los empaques en cartón y Tetra pack los cuales desde un desarrollo en lámina y con el uso de la geometría se generan formas desde bidireccional en volumetrías contenedoras y protectoras. Para esto se tomó como mezcla de material final la mezcla Elástica a base de harina de plátano verde con glicerina, al ser aquella que por su flexibilidad permite la conformación de formas complejas desde el laminado.

Con una mirada clara en la participación de este tipo de productos en el mercado se habla de pequeñas empresas de alimentos las cuales necesiten distribuir alimentos en contenedores pequeños (100gr a 500gr), aquellos productores tiene conciencia por los objetos utilizados para su empaquetamiento, comprendiendo el impacto de los materiales y las prácticas de los objetos que utilizamos.

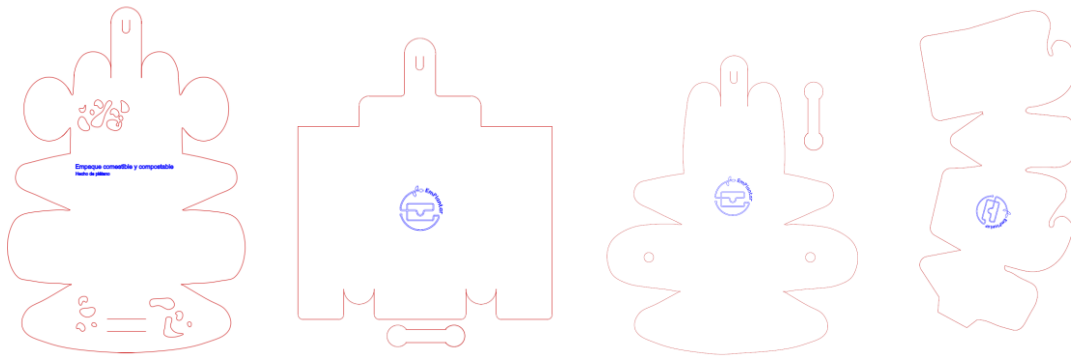


Figura 28. Desarrollos de los empaques de EmPlantar colección 2021-1. Autoría propia.

Se busco la conformación de mecanismos de apertura y cierre mecánicos, orgánicos y fáciles de entender y usar, pero manteniendo un carácter diferenciador con el mercado, además con la referencia de los empaques de fibra naturales se usan pegantes para la unión de las caras de los laminados, para esto se utiliza un pegante comercial comestible de repostería el cual es una variante liquida del CMC aglutinante usado en la investigación anteriormente como parte de las muestras experimentales, el cual tiene un alto nivel de adherencia y permite acabados duraderos.







Si bien desde el mundo de la masificación industrial de los empaques se usan procesos como el troquelado para el corte rapido de laminas, en esta etapa exploratoria se trabajo con ayuda del corte laser, permitiendo asi la modelación de empaque digitalmente y su corte inmediato y preciso con el uso de las tecnologias modernas, como tambien la posibilidad de generar grafados y acabados esteticamente comunicativos.



Figura 29. corte laser de laminados flexibles. Autoría propia.

Es gracias a ello que se realiza de la colección de empaques EmPlantar, la cual se conforma por 3 diferentes modelos, en dos tamaños, pequeño de 12gr de contenido promedio, y el grande de 250gr, estas dimensiones y proporciones siguiendo las necesidades del mercado como de los tipos de frutas y verduras que se empacaran en estos.

Tabla 30. Portafolio EmPlantar Colección 2021-2 de empaques comestibles y compostables a base plátano. Autoría propia.

		
Empaque Flex 250gr	Empaque Flex 125gr	Empaque Flex 125gr material integral
		
Empaque rectangular con correa 250gr	Empaque rectangular con correa 125gr	Empaque tipo sobre con correa 250gr material integral

la tabla se puede apreciar a más detalle los tres modelos de empaques desarrollados, el tipo Flex con cierre tipo presión de fuerzas, tipo Orgánica con cierre tipo correa con seguro que se asemeja a un cofre y tipo Sobre con cierre tipo correa con seguro.

En aquellos productos que se aprecia en la tabla con un color más oscuro y categorizados como productos con material integral, poseen una diferente mezcla de harina de plátano verde que también posee cascara del fruto, la cual cambia el tono del material, mas no sus cualidades funcionales.

4. CONCLUSIONES

4.1 Generación del material:

- La metodología planteada permite la obtención de un material comestible o biodegradable, el cual puede formarse según las características geométricas del molde, además permite ser pigmentado y saborizado.
- El material desarrollado presenta un comportamiento similar a los polímeros, factor que permite que tenga gran cantidad de aplicaciones y pueda reemplazar en cierta medida objetos elaborados en plástico a base de petróleo.
- Los alimentos y sus desperdicios pueden convertirse en insumo para el desarrollo de materiales comestibles o biodegradables que permitan el diseño de objetos que proponen nuevas relaciones con la cultura material.
- Frente a las pruebas de resistencia a la humedad al ser ambas muestras hidrofílicas, éstas van absorber el agua por su estructura a base de almidón, con el paso del tiempo más superficie del material absorbe el agua, lo que lleva a que se genere un filtrado por el material y la capa externa del material comienza a transpirar el agua.
- Las muestras en las pruebas de resistencia a la abrasión demuestran una gran capacidad de resistir a estos cambios de humedad, permitiendo un aproximado de 7-9 lavadas antes perder sus cualidades o dejar de ser funcional.
- El tipo de suelo en el que sucede la degradación del material, tiene muchísima importancia, ya que realmente lo que genera la degradación del material es el contacto con la humedad que finalmente culmina en la aparición de hongos y micro organismos, como la erosión causada por todas las condiciones medio ambientales, sin embargo si el material está sobre una superficie seca este se secará también rápido y no proliferara tan rápidamente hongos, en cambio aquellas en contacto con la tierra y material orgánico, se mantendrá húmeda por el paso de agua entre la tierra viva y la pieza, como el contacto con micro organismos, culminando en una rápida degradación.
- La prueba de durabilidad vegetal demostró que para alimentos tipo frutas con pieles delegadas como las fresas los empaques de material de plátano generan una durabilidad mayor, del 55% más en espacios refrigerados y en ambiente un 80% más. Ya que está no genera micro burbujas de agua ni mantiene la humedad del ambiente, proporcionado un espacio seco donde no proliferan ni los hongos ni la maduración acelerada.

4.2 Proceso de producción

- Se pudo entender y comprender al fruto de plátano (muza paradisíaca) como su composición y cualidades, así tener la capacidad de explicar cómo usarlo y modificarlo para cumplir con los objetivos de la investigación
- Se comprendió los procesos usados por la industria para la modificación alimentaria, y como adaptar este conocimiento a las necesidades que se tenían, como con el uso del deshidratador solar, y la elaboración de materiales primas como la harina del plátano.
- La harina cumplió con las necesidades por las cuales se le seleccionó buscando la facilitación la generación de mezclas controlables y homogéneas.
- El deshidratador solar si bien fue un mecanismo funcional y permitió la realización de los procesos necesarios por él como secar plátano, este depende directamente del sol, por

ende, sin su presencia no se puede hacer nada, o si el día no es lo calurosamente necesario, el deshidratador no va a funcionar, es por esto que bajo unas necesidades de producción mayor es recomendado la utilización de hornos de secado u otras alternativas que usen energías controlables como gas o energía eléctrica.

- Se consideró mucho más propicio el secado en horno, al ser este un proceso del que se tiene mayor control y que permite acabados más útiles, con menor riesgos de hongos, menor rango de reducción volumétrica del material y muy importante, un mucho menor tiempo de secado (una hora y no en 24 como requiere el secado a intemperie).

4.3 Resultados de funcionalización

Los desarrollos formales tienen validez desde la curiosidad e imaginación por la exploración formal, en este caso se tuvo un gran éxito con ellas donde inicialmente todas resultaron y en los casos que el resultado no fue el esperado se obtuvo gran información de las casualidades del material.

- Si bien la exploración con laminados fue exitosa dando como resultado formas planas controlables, para su replicación en gran formato hablando de láminas de más de 20cmx20cm es necesario la utilización de máquinas más elaboradas de laminación como rodillos de dos cilindros o laminadoras mecánicas/eléctricas.
- El material únicamente con glicerina tiene un alto nivel de flexibilidad y translucidez. Presenta facilidad para ser cortado, perforado, cosido, doblado y aplanchado, lo que lo lleva a ser un material útil y práctico a la hora de generar objetos complejos con aspectos de armabilidad. La generación de contenedores permitió el entendimiento de cómo armar formas desde el crudo y al secado final, generando formas volumétricas. Así permitido pasar de desarrollos laminados a formas tridimensionales en etapas anteriores al secado, dando así en el caso de mezclas rígidas, formas compactas tipo vasos.
- En el caso de la experimentación 3D está se realiza con el uso de medios análogos por su mayor facilidad de realización de manera natural sin el uso de conocimientos de maquinaria, sin embargo, este trabajo abre las posibilidades de un desarrollo más riguroso para la modificación y uso de máquinas de impresión 3D para este tipo de materiales, de esta manera usar las tecnologías actuales que son mayormente utilizadas con polímeros por alternativas ecológicas.
- Se obtuvo la creación de no solo un material sino una galería de posibles variaciones del material dependiendo de su finalidad, así como con el material base, aquel Flexible, la realización de empaques comestibles y biodegradables para la industria de alimentos sólidos tipo frutas, verduras y cereales, sustituyendo así los empaques plásticos usados por la industria es por ello que la materialidad final del proyecto bajo el nombre de EmPlantar permite una funcionalidad muy coherente, la cual es posible de llevar a instancias industriales y de producción masiva.

5. Recomendaciones

- No se recomienda el uso del material a base de plátano como contenedor de líquidos, ya que, si bien varias variantes de muestras tienen la capacidad de mantener por horas líquidos en su interior, estos adquieren un sabor suave a plátano.
- Las exploraciones formales tienen validez solo y desde una mirada analítica donde se examinen sus resultados de manera cuidadosa, para ellos las tablas de análisis y las fotografías claras y nítidas, permiten dar resultados útiles al desarrollo del proyecto.

- Las muestras a intemperie a las 4 semanas se encontrarán de un color negro, abran reducido drásticamente su tamaño y se comportarán como un carbón, por lo que un golpe o caiga terminara convirtiéndolo en arenilla o polvo.
- Las muestras sobre material orgánico y tierra, a las 2 semanas las zonas en contacto se hablan convertido en compostaje y el resto de este al cabo de 4 semanas se convierte también compostaje, o bien en parte de la tierra.
- El trabajar empaques desde el plano por medio de desarrollos que bajo armado se convierten en formas tridimensionales, es una manera muy objetiva de dar finalidad al material apegado a las dinámicas comerciales de desarrollo de empaques con materiales similares.

6. Agradecimientos

Le agradezco eternamente a todas la personas que han hecho parte de mi formación tanto personal como académica que me trajeron hasta este punto, en especial a mi mamá y mi papá por ser mis pilares en la vida, a todes mis amigues que no solo me dieron sus buenas energías, sino que brindaron su ayuda, en especial a Sara, Cristina y Camila, ustedes fueron mi fuerza y mi esperanza en este viaje y a la mismísimo maestra Diana Urdinola que me abrió los ojos a este fantástico mundo de la investigación a través del "diseño de alimentos", mi mentora y ejemplo.

Por último, le quiero dedicar este proyecto a mi yo del pasado a aquel Lipe indescubierto que soñaba con crear y decirle que si creó y si lo logró. Les amo a todes.

7. Referencias

Kaza, Silpa, Yao, L., Bhada-Tata, P., & Woerden, F. V. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC.

Greenpeace. (2 de 10 de 2019). Greenpeace. Obtenido de Greenpeace: <https://www.greenpeace.org/colombia/noticia/issues/contaminacion/greenpeace-revela-como-multinacionales-dan-falsas-soluciones-para-la-contaminacion-plastica/>

Parlamento Europeo, & Thunberg, G. (2019, 16 abril). Greta Thunberg urge a los eurodiputados a 'entrar en pánico como si la casa estuviera en llamas' [Archivo de vídeo]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=14w8WC1I3S4>

Reissing, P. (2019). red latinoamericana de diseño de alimentos. Lafooddesign.org. Recuperado de <https://www.lafooddesign.org>

Schellhuber, H.J. (2018). "Foreword", in Spratt, D., and Dunlop, I. 2018, op. cit, 3.

Bianchini, M., Karana, E. Maffei, S. & Rognoli, V. (2015). DIY materials. *Materials and design*, 86, 692-702.

Leclair Bisson, D. (2017). 3-Bite Spoon, Taste no waste project. Recuperado de: <http://www.dianeclairbisson.com/3-bite-spoon>

Badui, S. (1990). *Química de los alimentos*. 2ª Ed. México D.F: Alhambra mexicana.

