

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTES CARRERA DE DISEÑO DE
PRODUCTOS

PROYECTO DE DISEÑO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
DISEÑADOR DE PRODUCTOS

**“Exploración del alga invasora del cultivo de las granjas de algas de la
comunidad de Santa Rosa - Salinas, como un material alternativo”**

Línea temática: Experimental

Estudiante

Ana Isabel Yazán Bustamante

Director de proyecto:

Zully Gireth Ovando Torres

Quito, mayo 2024

Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Capítulo I. Planteamiento del proyecto	4
Contexto y definición del problema.....	4
Capítulo II. Planteamiento metodológico.....	6
2.1. Objetivos	6
2.2. Alcance.....	6
2.3. Planificación de Experimentación preliminar.....	6
Capítulo III. Desarrollo del proyecto	8
Fase 1: Comprensión del material.....	8
3.1. Recolección de Insumos y tecnología de uso	9
3.2. Alcance de la iteración	11
3.3. Mapa de herramientas de registro de datos	12
3.4. Preparación del material, experimentación y ajustes.....	13
Fases 2 - 3: La experimentación e iteraciones exitosas	16
Fase 2: Creación de la visión de la experiencia de materiales.....	17
3.5. Herramientas de experimentación profunda y alcances	25
Fase 3: Patrones de experiencia de materiales	25
Propiedades visuales del material	25
3.6. Herramientas de experimentación profunda.....	34
Fase 4: Aplicación y uso de conceptos del material / producto	38
Registro de montaje de exposición de la muestra	41
Conclusiones.....	45
Recomendaciones	45
Referencias	47

Indice de tablas

Tabla 1.....	13
Tabla 2.....	20
Tabla 3.....	21
Tabla 4.....	22
Tabla 5.....	25
Tabla 6.....	34
Tabla 7.....	37

Indice de figuras

Figura 1.....	5
Figura 2.....	7
Figura 3.....	8
Figura 4.....	9
Figura 5.....	9
Figura 6.....	10
Figura 7.....	11
Figura 8.....	12
Figura 9.....	13
Figura 10.....	16
Figura 11.....	17
Figura 12.....	18
Figura 13.....	19
Figura 14.....	23
Figura 15.....	24
Figura 16.....	26
Figura 17.....	27
Figura 18.....	27
Figura 19.....	28
Figura 20.....	28
Figura 21.....	29
Figura 22.....	30
Figura 23.....	30
Figura 24.....	31
Figura 25.....	32
Figura 26.....	33
Figura 27.....	33
Figura 28.....	35
Figura 29.....	35
Figura 30.....	36
Figura 31.....	36
Figura 32.....	39
Figura 33.....	39
Figura 34.....	40
Figura 35.....	40

Figura 36	41
Figura 37	42
Figura 38	42
Figura 39	43
Figura 40	43

Resumen

Las granjas de algas de la comunidad de Santa Rosa- Salinas, provincia de Santa Elena son un complemento importante en la economía de los pescadores locales, especialmente cuando la pesca es escasa. Sin embargo, estas granjas enfrentan la invasión de algas Cladophora, que compiten con las algas Kappaphycus por nutrientes y espacio. La Cladophora es un alga verde común en las playas de Santa Elena que se acumula cuando el agua es rica en nutrientes. Este organismo es considerado un residuo común para los pescadores locales y es desechado, lo que la hace proliferar.

Este proyecto propone la investigación del potencial de la Cladophora como biomasa para la producción de biomateriales, transformando un residuo natural en un recurso trascendental para la generación de productos.

Palabras clave: Biomateriales, algas marinas, residuo, Salinas

Abstract

The seaweed farms of the community of Santa Rosa-Salinas, province of Santa Elena are an important complement to the economy of local fishermen, especially when fishing is low. However, these farms face the invasion by Cladophora algae, which compete with Kappaphycus algae for nutrients and space. Cladophora is a green algae common on the beaches of Saint Helena that accumulates when the water is rich in nutrients. This organism is considered common waste for local fishermen and is discarded, which causes it to proliferate.

This project proposes the investigation of the potential of Cladophora as biomass to produce biomaterials, transforming a natural waste into a transcendental resource for the generation of products.

Keywords: Biomaterials, seaweed, waste, Salinas

Introducción

Las costas ecuatorianas albergan una rica biodiversidad marina, incluyendo las aguas de la provincia de Santa Elena, donde se encuentran las granjas de algas de la comunidad de Santa Rosa-Salinas. Estas granjas representan un complemento vital para la economía de los pescadores locales, especialmente durante las temporadas de baja pesca. Sin embargo, estas operaciones enfrentan un desafío: la invasión de algas *Cladophora*.

La *Cladophora*, un alga verde común en las playas de Santa Elena, prolifera en aguas con altos niveles de nutrientes, compitiendo con las algas *Kappaphycus*, el cultivo principal de las granjas, por espacio y recursos. Considerada un residuo por los pescadores locales, la *Cladophora* es habitualmente desechada, lo que contribuye a su proliferación.

Ante este panorama, surge una propuesta innovadora: transformar la *Cladophora* de residuo en un recurso trascendental. Este proyecto propone investigar el potencial de esta alga como biomasa para la producción de biomateriales

Capítulo I. Planteamiento del proyecto

Contexto y definición del problema

Las granjas de algas son un recurso importante para algunos pescadores locales dentro de la comunidad de Santa Rosa de Salinas ubicada en la provincia de Santa Elena, ya que ofrece un sustento adicional a su economía, especialmente cuando los niveles de pesca son bajos. Ramón González, presidente de la cooperativa, menciona en la entrevista que se realizó, que estas granjas diversifican las actividades económicas de la comunidad y complementan los ingresos de los pescadores. (las transcripciones completas de la entrevista se presentan en anexos).

Por otra parte, menciona que uno de los problemas más comunes que enfrentan sus granjas de algas, es la invasión de otras especies como las *Cladophora*. Las cuales se acumulan y compiten con las algas objetivo (*Kappaphycus alvarezii*), por nutrientes y espacio, impidiendo que sus algas se extiendan sobre las cuerdas de suspensión de la granja.

Aunque esta proliferación se presenta casi siempre de forma natural por la introducción de nutrientes en las granjas acuícolas; se genera un desperdicio considerable de estos organismos invasores, ya que se descartan durante la cosecha debido a que sus propiedades no se consideran necesarias o útiles para la venta. Tras un acercamiento con David Estrada, estudiante de Máster de biología marina, menciona que la *Cladophora* es un género de algas verdes de la familia *Cladophoraceae*. Las especies en este género son filamentosas, difíciles de distinguir y clasificar debido a su gran variabilidad; Sin embargo, menciona que es una de las especies más comunes en las playas de Santa Elena y suelen acumularse cuando el agua es basta en nutrientes.

Estas algas invasoras al ser consideradas por los pescadores como residuos comunes, que son despojadas cuando se acumulan en los cáñamos de las granjas. Estos, al ser organismos asexuales se reproducen por un proceso de mitosis, creando nuevas algas. Generando que, tras desecharlas al mar, se adhieran nuevamente a nuevas cuerdas de suspensión de las granjas, haciendo que el proceso de limpieza por acumulación de estas algas, sea sucesivo.

Figura 1

*Granjas de suspensión de algas *Kappaphycus alvarezii* en Salinas*



Nota. Fotografía obtenida por Mario Faustos

Capítulo II. Planteamiento metodológico

2.1. Objetivos

General

Desarrollar un biomaterial que se obtenga de la acumulación de algas invasoras en el cultivo de la granja de algas marinas en Santa Rosa (Salinas).

Específicos

- Experimentar con la biomasa de algas cladophora
- Validar propiedades físicas del material: pruebas de resistencia mecánica (ensayo de fuerza) para determinar la viabilidad del material en diferentes aplicaciones.
- Registrar potenciales aplicaciones del material en el diseño de productos.

2.2. Alcance

La experimentación busca obtener muestras con las que se pueda desarrollar y refinar a profundidad posibles materiales.

2.3. Planificación de Experimentación preliminar

La planificación de la experimentación preliminar es una etapa crucial para el proyecto experimental. Esta etapa ayuda a definir técnicas experimentales, de medición y análisis de datos. La planificación preliminar es esencial para garantizar que el experimento se realice de manera eficiente.

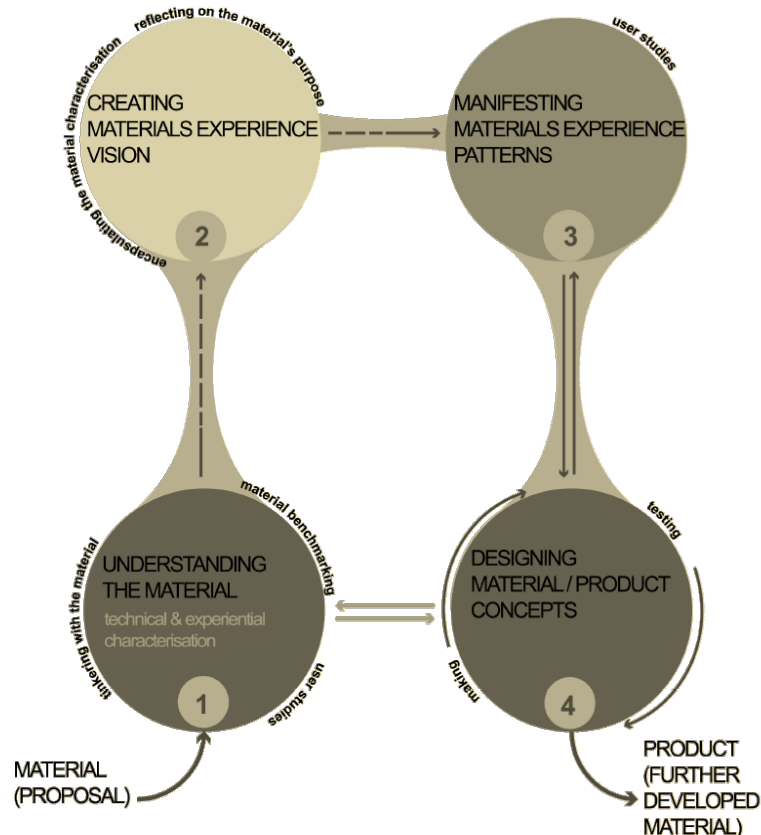
Plan de ejecución del experimento:

Metodología

Se usará el Material driven design (MDD) para determinar aspectos relevantes en el proyecto: iniciando por la comprensión del material, experimentación y generación de oportunidades en el diseño. El MDD se enfoca en una forma de diseñar para experiencias materiales, es decir que se tendrá en cuenta cómo se comporta un material en distintas circunstancias y cómo reacciona al someterlo a diferentes técnicas de fabricación (Karana, Barati, Rognoli, & Laan, 2016).

Figura 2

Diseño impulsado por materiales o (MDD)



Nota. Investigación de materiales. Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Laan, A. Z. (2016). Diseño impulsado por materiales (MDD): Un método de diseño para experiencias materiales. Delft : Revista Internacional de Diseño.

Capítulo III. Desarrollo del proyecto

En esta sección se delimitará la materia prima con la que se va a trabajar. Por otro lado, se comprenderá el área donde se acumula la biomasa y su estado en las granjas acuícolas.

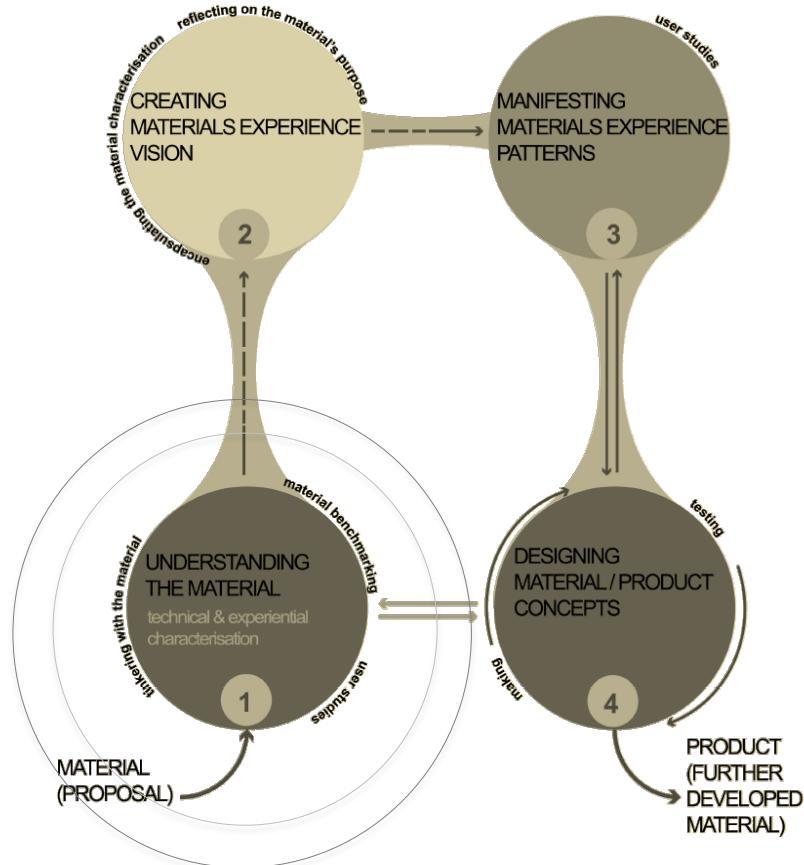
Fase 1: Comprensión del material

Material Driving Design

Se tomará la primera fase del Material Driven Design o (MDD) para recopilar información de la materia prima a utilizar.

Figura 3

Diseño impulsado por materiales o (MDD)



Nota. Fase 1: comprensión del material. Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Laan, A. Z. (2016). Diseño impulsado por materiales (MDD): Un método de diseño para experiencias materiales. Delft : Revista Internacional de Diseño.

¿Cuál es la materia prima?

Algas Cladofora acumuladas en las cuerdas de suspensión de las granjas acuícolas de la comunidad de Santa Rosa en Salinas / Santa Elena.

Figura 4

Algas Cladophora y Kappaphycus en las cuerdas de suspensión de la granja



3.1. Recolección de Insumos y tecnología de uso

¿En qué condiciones llega la materia prima?

La materia prima es entregada en estado inerte una vez despojada del área donde se acumula y se conserva en congelación para evitar su deterioro.

Figura 5

Materia prima – alga cladophora



Logística:

El transporte de las muestras de algas abarca: movilidad de la balsa, cosecha, movilidad del camión, movilidad del bus o del avión.

Primeras muestras: transporte /envío de la materia prima mediante bus Salinas-Quito.

Muestras definitivas: salida de campo, para la recolección de las algas.

Figura 6

Logística para la obtención de materia prima



Nota. Medio de transporte tanto marítimo como terrestre (balsas y bus)

Tecnologías / Insumos:

Simples: Balanza, hornillas, jeringas, tubos de ensayo, cajas Petri, vasos de precipitación, paletas, ollas, moldes.

Avanzadas: recursos de microscopía

Figura 7

Espacio de trabajo y recursos para la producción de materiales



¿Cuáles son las oportunidades del material? ¿Cuánto residuo se genera?

En la entrevista realizada a Ramón González, presidente de la cooperativa, se menciona que el porcentaje de acumulación de las algas invasoras en las cuerdas de suspensión de las granjas, ronda entre un volumen del 20 a 25% de residuo en sus cuerdas.

3.2. Alcance de la iteración

Objetivo de la iteración: ¿Qué se quiere lograr con esta iteración?

Materiales con propiedades diversas (rigidez, flexibilidad, técnicas de obtención, etc.), que muestren la capacidad de adecuación de la materia prima como biomasa para la generación de biomateriales.

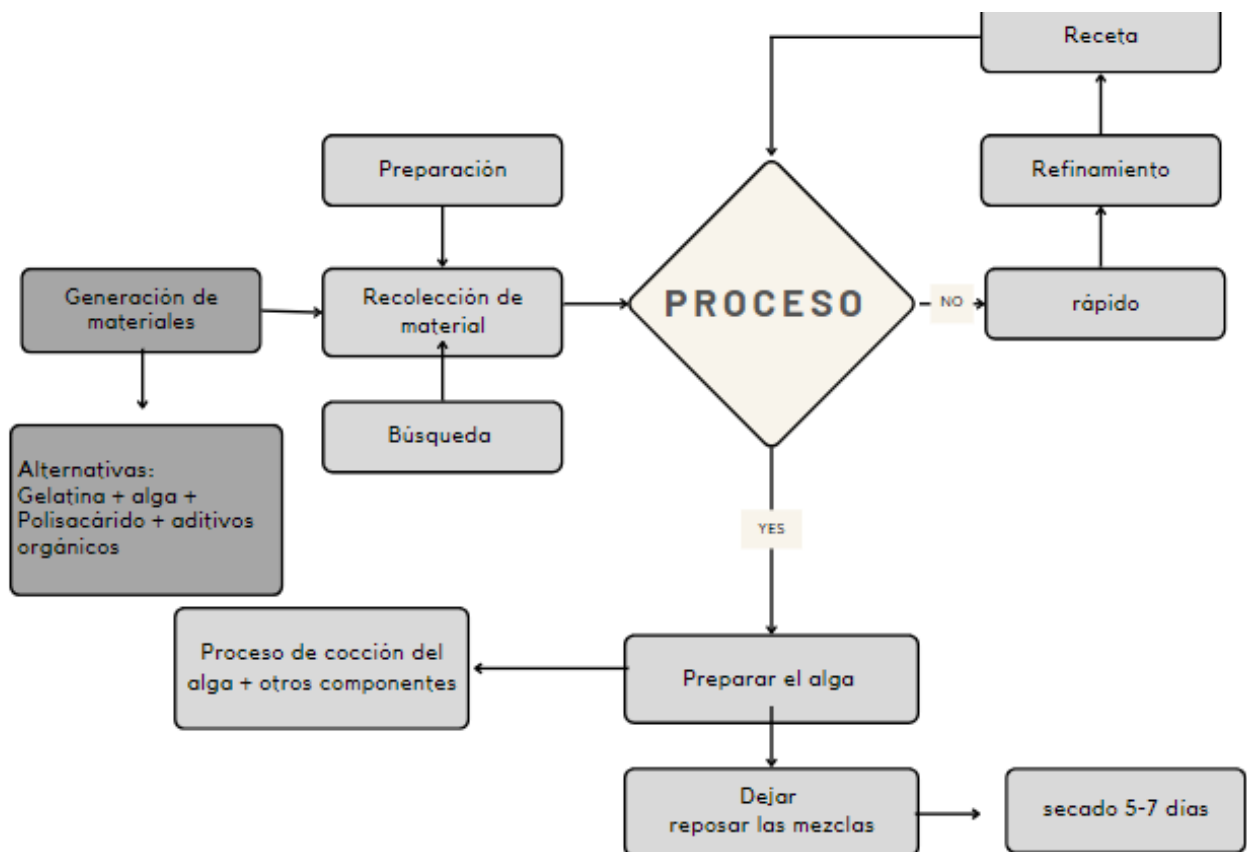
Elaboración de herramientas de registro de datos

3.3. Mapa de herramientas de registro de datos

La exploración física puede implicar encontrar o trabajar con nuevos materiales, formas y patrones, para construir modelos. Estos no tienen que ser precisos o tener un propósito, simplemente es un mecanismo que ayudará a construir una biblioteca de nuevos conocimientos (The fundamentals of product design, p. 40).

Figura 8

Flujogramas del proceso de la experimentación



3.4. Preparación del material, experimentación y ajustes

Recolección y selección de materia prima: se limpia la materia prima, para eliminar cualquier microorganismo que se haya impregnado en las algas marinas.



Figura 9



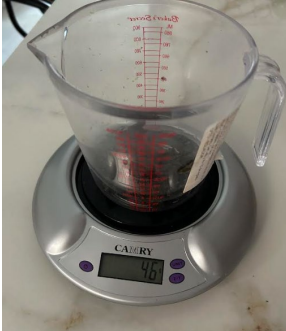



Resultado de la limpieza del alga cladophora





Tabla 1

Registro de procesos

Material	Registro fotográfico	
Alga Cladophora + Mashua (Tubérculo Andino)		

<p style="text-align: center;">Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar la mashua • Rayarla • Cercinir / hervir junto con alga marina • Colocar en una superficie lisa que este expuesta al sol 		
<p>Material</p>	<p style="text-align: center;">Registro fotográfico</p>	
<p>Alga Cladophora + Gelatina Animal + glicerol</p>		
<p style="text-align: center;">Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Licuar los aditivos del material, junto con las algas • Dejar hervir por 7 min • Dejar reposar y secar la mezcla, por 7 días 		
<p style="text-align: center;">Material</p>	<p style="text-align: center;">Registro fotográfico</p>	

<p>Alga Cladophora + alginato de sodio + cloruro de sodio + glicerol</p>		
<p>Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mezclar los aditivos junto con el alga marina • Poner cloruro de sodio en un bowl y extruir la mezcla 		
<p>Material</p>	<p>Registro fotográfico</p>	
<p>Alga Cladophora + alginato de sodio + aceite de canola</p>		
<p>Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tostar el alga y licuarla hasta que queden trozos pequeños (los trozos grandes tambien funcionan) • Mezclar con los demás aditivos 		

<ul style="list-style-type: none"> • Amasar y hornear a 250° de 15 a 20 min • Dejar reposar la mezcla por 5 días 		
--	--	---

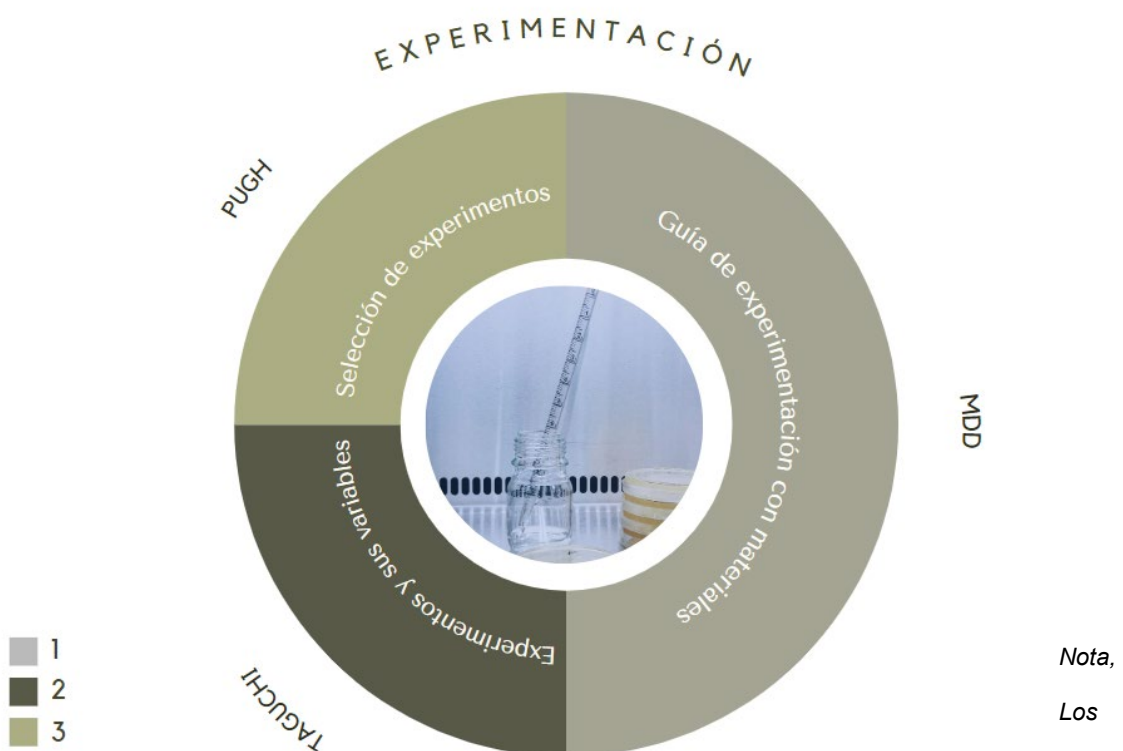
Véase más imágenes en anexos: de los procesos de las iteraciones.

Fases 2 - 3: La experimentación e iteraciones exitosas

Se tomaron las demás fases del Material Driven Design o (MDD), junto con la matriz Pugh y método Taguchi (realización de muestras con varios componentes) para recolectar datos importantes del proyecto.

Figura 10

Proceso de experimentación del proyecto

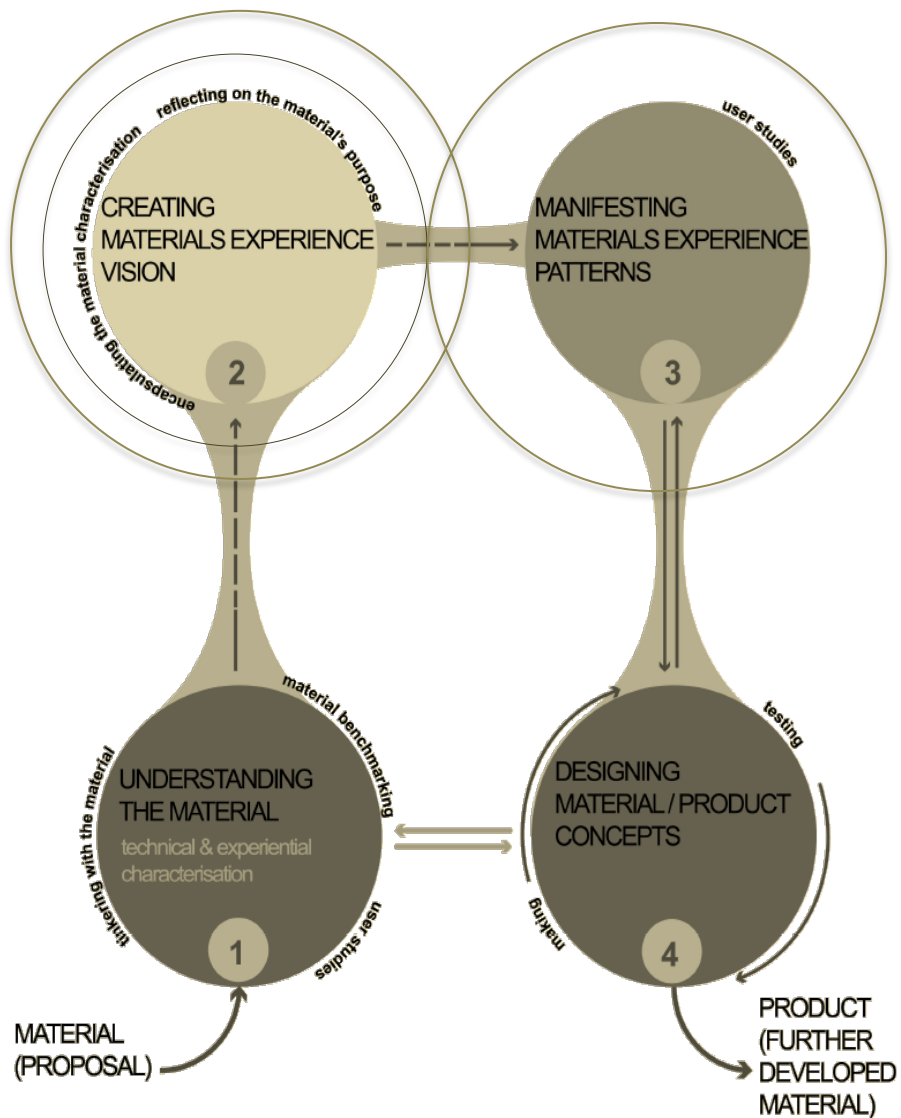


recuadros numerados muestran el orden de uso de cada método, para desarrollar el proceso de experimentación.

Fase 2: Creación de la visión de la experiencia de materiales

Figura 11

Diseño impulsado por materiales o (MDD)



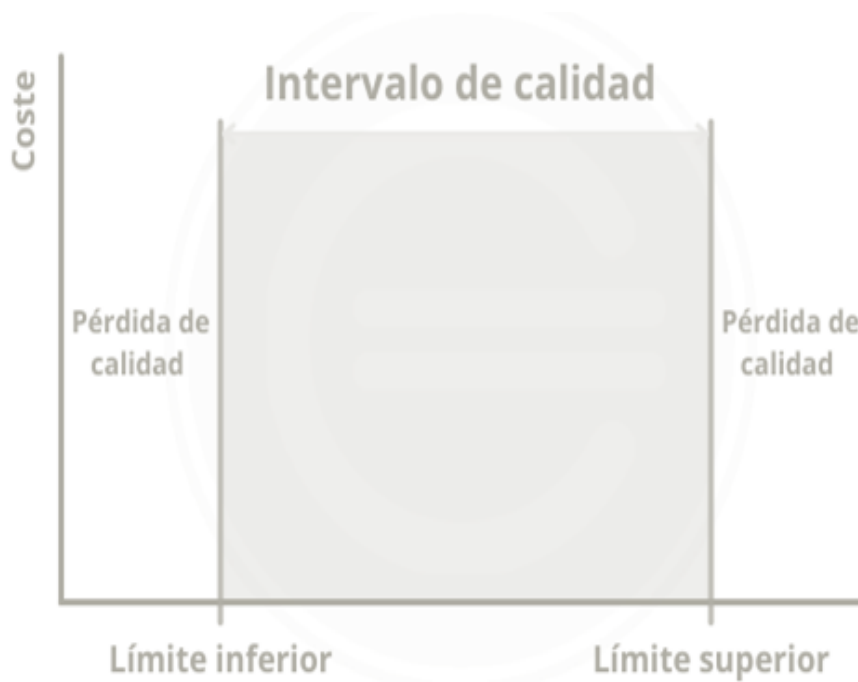
Nota. Fase 2: Creación de la visión de la experiencia de materiales. Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Laan, A. Z. (2016). *Diseño impulsado por materiales (MDD): Un método de diseño para experiencias materiales*. Delft : Revista Internacional de Diseño.

Matriz ponderada de Pugh y método Taguchi

Tras el uso de la matriz Pugh y el método de Taguchi, se resumieron varios hallazgos bajo un todo cohesivo, para guiar decisiones. A partir de los primeros avances y acercamientos con la experimentación, se estableció una dirección para el desarrollo del material, considerando sus características y propiedades. De esta manera, se optimizaron los recursos que se van a utilizar.

Figura 12

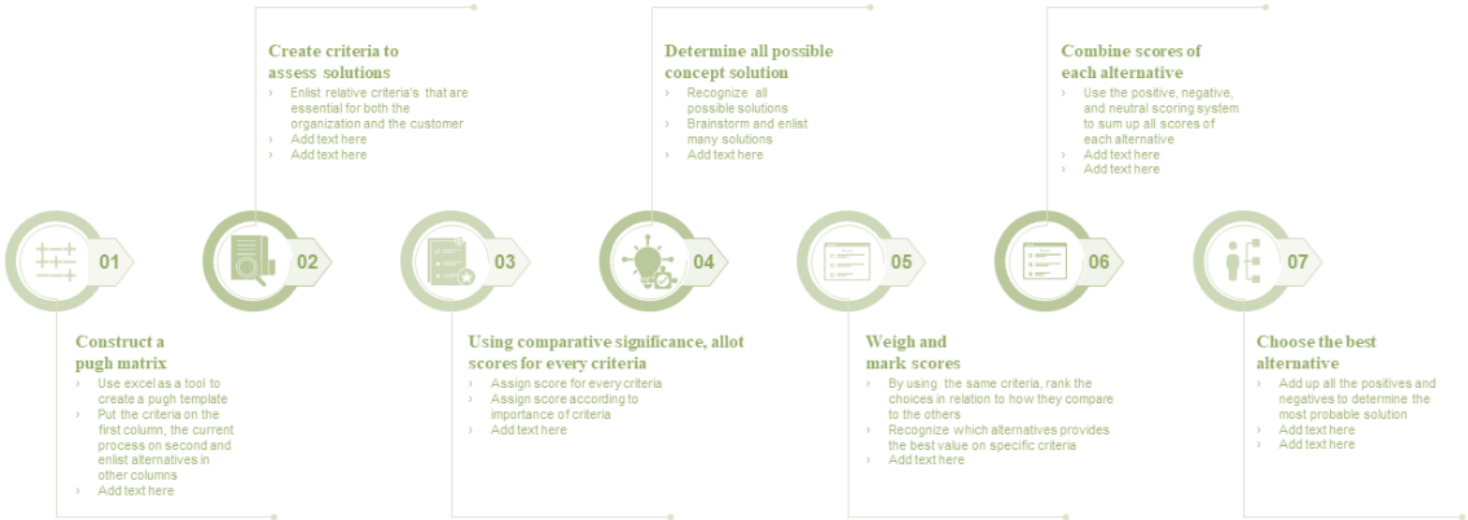
Método Taguchi / Intervalo de calidad



Nota. Método tradicional taguchi. Ludeña, J. A. (15 de agosto de 2021). Método Taguchi. Obtenido de Economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/metodo-taguchi.html>

Figura 13

Matriz ponderada de Pugh



Nota. Proceso para generar una tabla/ matriz Pugh. Gupta, A. (2023). Método Pugh. Obtenido de slideteam.net: <https://www.slideteam.net>

Las experimentaciones, se llevaron a cabo con el método Taguchi, se tomaron tres variables: Compuestos (gelatinas, aglutinantes y polisacáridos), porcentaje de alga en el material y relación alga / componentes adicionales (glicerol y vinagre). Cada variable está compuesta por tres niveles: 40, 60 y 80% de alga / 0,45; 0,50; 0,55% de compuestos adicionales.

Véase en tabla 1

Tabla 2

Análisis Taguchi para delimitar la cantidad de muestras

<i>Análisis de Taguchi: RC vs. Cpts, % Alg</i>			
--	--	--	--

	C1	C2	C3-T
	Cpts	%Ag	A / C
1	1	40	0,45
2	1	60	0,50
3	1	80	0,55
4	2	40	0,50
5	2	60	0,55
6	2	80	0,45
7	3	40	0,55
8	3	60	0,45
9	3	80	0,50

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del análisis con la ayuda de la herramienta "Minitab" para realizar tablas de salida de Taguchi.

Tras delimitar la cantidad de muestras que se iban a realizar, con ayuda del método taguchi. Se utilizó la matriz ponderada de Pugh, mediante un análisis de observación simple, para seleccionar las variantes de los materiales más óptimos.

Véase en anexos: tabla de iteraciones

Tabla 3

Matriz Pugh con variantes de materiales óptimos

Matriz Pugh	Variantes del concepto					
Criterios de selección	A	B	C	D	E	F
	Gelatina animal + Alga	Aglutinante 1 + Alga	Polisacárido extruido + Alga	Aglutinante 2 + Alga	Gelatina vegetal + Alga	Polisacárido plano + Alga
<i>Peso</i>	1	0	0	1	1	0
<i>Resistencia a la torsión</i>	-1	1	1	-1	-1	1
<i>Dureza</i>	1	0	0	1	-1	0
<i>Maleabilidad</i>	0	1	1	1	-1	1
<i>Traslucidez</i>	1	1	1	-1	-1	1
<i>Biodegradabilidad</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Conductividad térmica</i>	1	1	1	0	1	1
	3	4	4	1	-2	5
Selección	<i>SI</i>	<i>SI</i>	<i>SI</i>	<i>MEJORAR</i>	<i>NO</i>	<i>SI</i>

Una vez obtenidos los datos de los materiales más factibles, se realizó una gráfica de media de datos, a partir del nuevo análisis Taguchi:

Tabla 4

Análisis Taguchi / resultados de ponderado Pugh

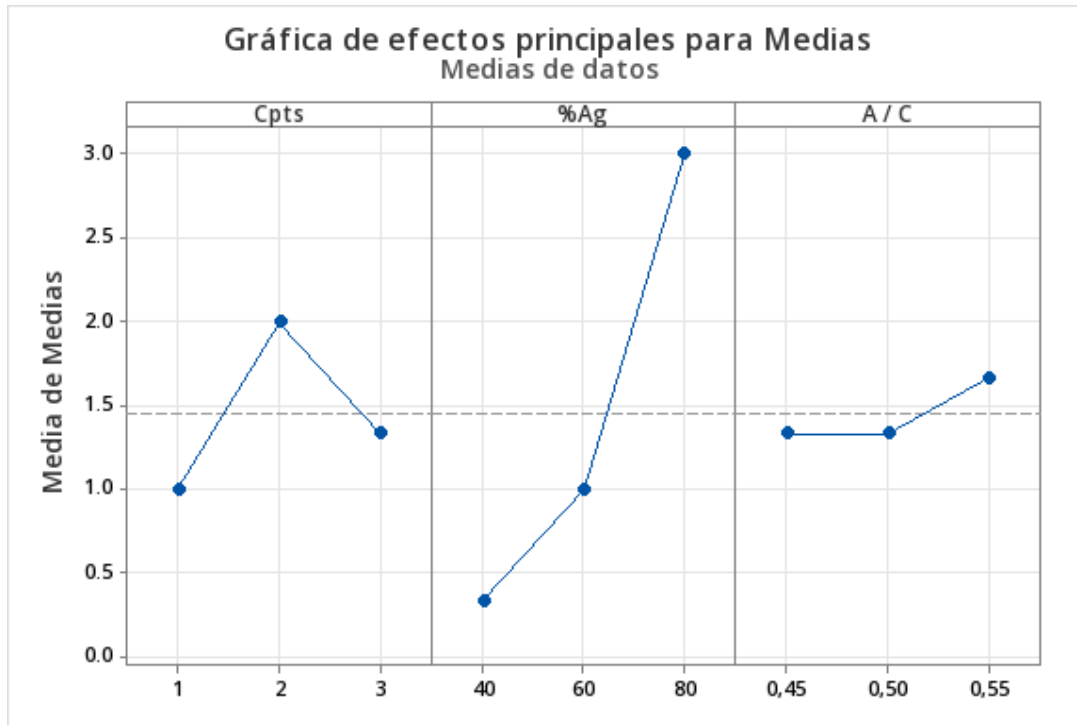
Análisis de Taguchi: RC vs. Cpts, % Alg, A/C

	C1	C2	C3-T	C4
	Cpts	%Ag	A / C	Rc
1	1	40	0,45	0
2	1	60	0,50	1
3	1	80	0,55	2
4	2	40	0,50	0
5	2	60	0,55	2
6	2	80	0,45	4
7	3	40	0,55	1
8	3	60	0,45	0
9	3	80	0,50	3

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos del método Taguchi junto con los resultados obtenidos del análisis Pugh, con la ayuda de la herramienta "Minitab" para realizar tablas de salida de Taguchi.

Figura 14

Media de datos Taguchi

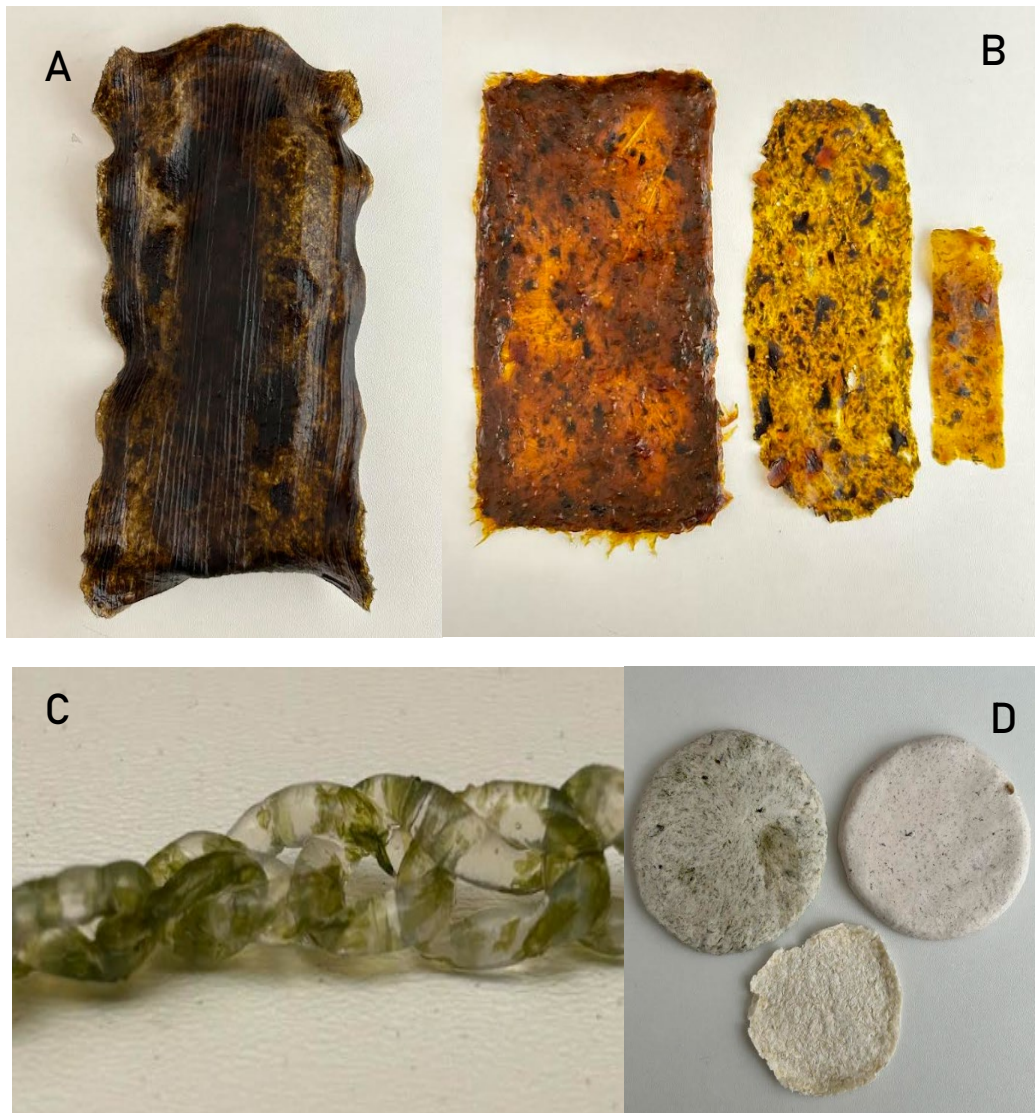


Nota. Esta figura muestra los resultados obtenidos de la media de datos de taguchi, para la selección final. La media fue realizada con la ayuda de la herramienta "Minitab".

Dada la figura 13, se puede mencionar que mientras mayor porcentaje de alga tenga el material, ya sea 65 u 80%, adquiere mejores calidades y acabados, debido a las propiedades plásticas (gomosa) que presenta el alga *Cladophora*. Además de las seis muestras, solo cinco presentan acabados óptimos. Sin embargo, se ha decidido complementar o agrupar dos recetas (receta del polisacárido extruido + receta del polisacárido plano) en vista de que se pueden fusionar para dar mejor resistencia al material. Dada esta decisión, se obtienen 4 muestras materiales.

Figura 15

Materiales obtenidos del análisis del Método taguchi y Pugh



Nota. Esta figura muestra los resultados obtenidos de la experimentación usando los métodos propuestos. Por medio de este acercamiento, se ha ido mejorando la materialidad. Cada material está señalado alfabéticamente.

Tabla 5

Organización de materiales y designación de nombres

Material A	Material B	Material C	Material D
<i>Biopolímero</i>	<i>Biotextil</i>	<i>Biofibra</i>	<i>Bio arcilla</i>

Nota. Los nombres para cada material, fueron designados según la similitud con materiales existentes como: polímeros, textiles, fibras - hilos y arcillas.

3.5. Herramientas de experimentación profunda y alcances

Fase 3: Patrones de experiencia de materiales

Objetivo de la iteración: ¿Qué se quiere lograr con esta iteración?

Análisis de propiedades físicas (resistencia) y visuales de los materiales. Este estudio ayudará a determinar las capacidades del material tanto físicas como estéticas para la aplicación en productos.

Propiedades visuales del material

Preparaciones: microscopía

Según la PCE Ibérica de España, se define la microscopía como la observación de objetos bajo grandes aumentos. Los aparatos que se usan para ello se denominan microscopios. Normalmente hay varios trabajos que preceden la observación de un material bajo el microscopio que permiten una mejor comprensión, como puede ser la estructura de un material (pág. 1).

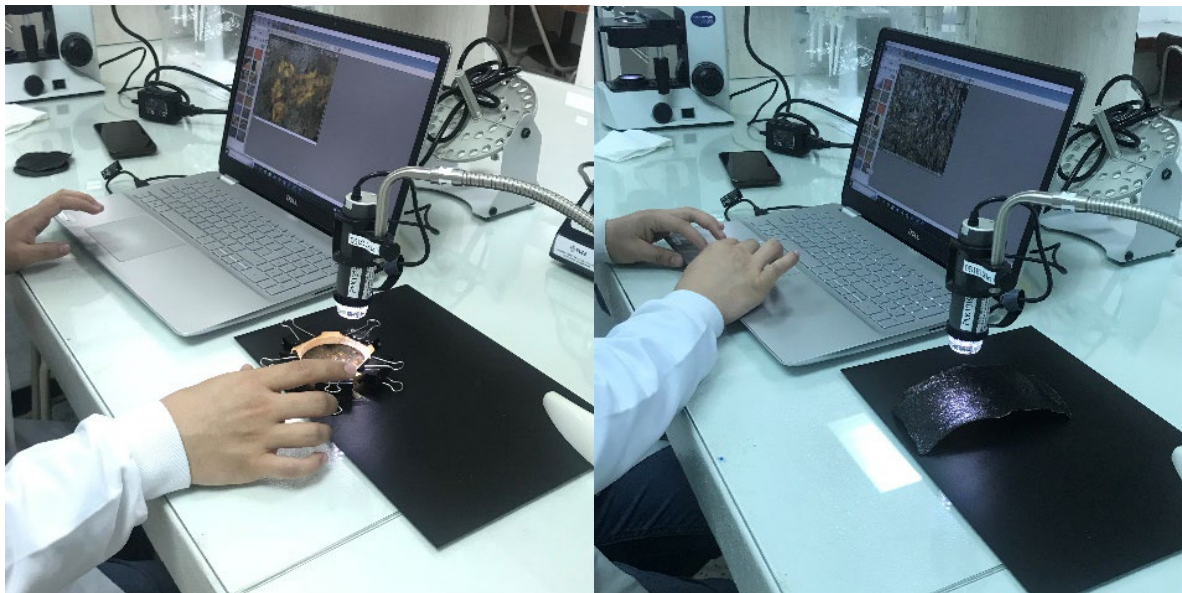
Para este proyecto se han desarrollado dos preparaciones microscópicas con ayuda del equipo del área de microscopía del laboratorio de fitopatología y control biológico de la PUCE. Estas preparaciones contribuyen a la obtención de información visual de los materiales, para evidenciar las uniones de las moléculas y células.

Primer plano: cámara microscópica

La cámara microscópica, ejerce una visión del material con un aumento limitado, sin embargo, eficiente para examinar el cuerpo del material.

Figura 16

Uso de cámara microscópica en los materiales



Nota. La figura muestra el proceso de fotografía de la cámara microscópica. Las imágenes fueron obtenidas con la ayuda del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE

Figura 17

Cámara microscópica del material A (biopolímero), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.

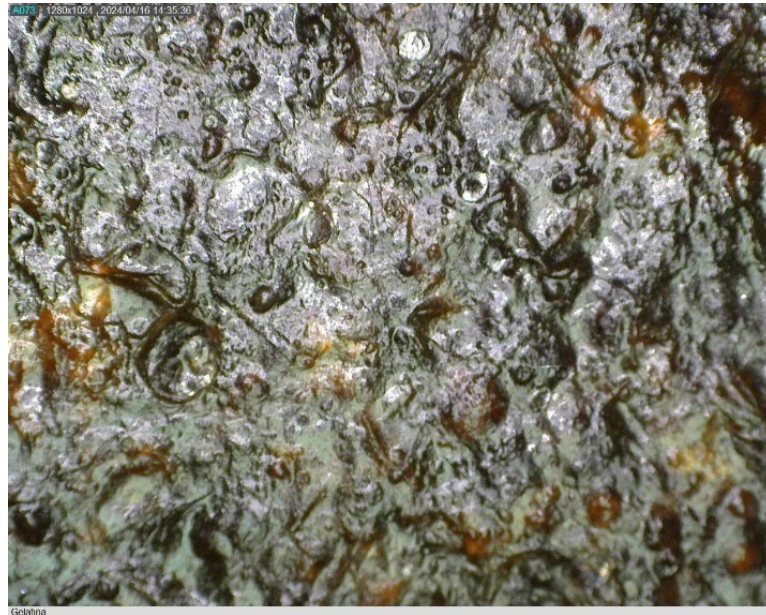


Figura 18

Cámara microscópica del material B (biotextil), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.



Figura 19

Cámara microscópica del material C (biofibra), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.

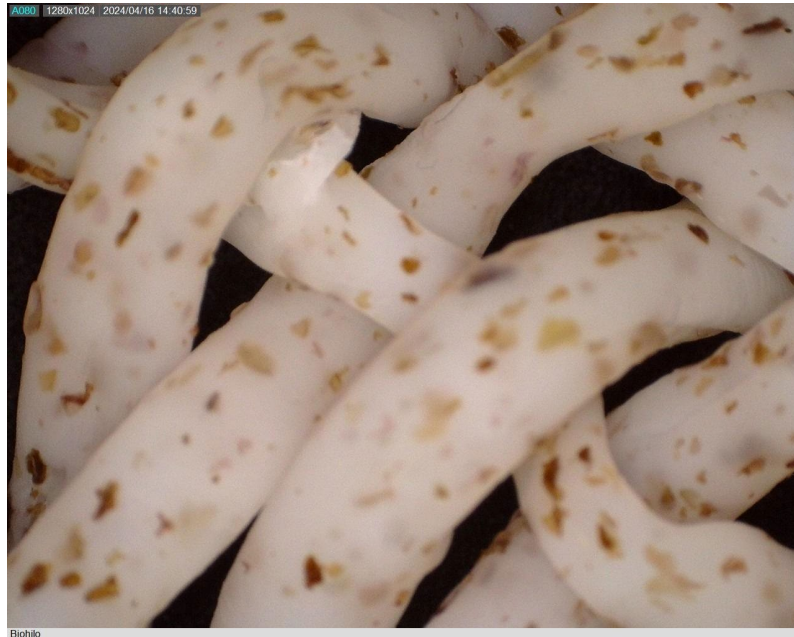


Figura 20

Cámara microscópica del material D (Bio arcilla mejorada, mayor uso de cantidad de alga), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.



Figura 21

Cámara microscópica del material F (polisacárido versión plancha), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.



Nota. La receta de este material fue fusionada con la receta de la biofibra, por ende, fue descontinuado. Sin embargo, también se decidió hacer un estudio visual del material ya que su formato en plancha muestra más que el formato extruido.

Segundo plano: microscopio binocular biológico- aumento 100x

El uso del microscopio binocular es una herramienta que aportó con el desarrollo del proyecto, para visualizar el agrupamiento de las sustancias materiales y como se comportaban ya estando en un estado sólido. A continuación, se mostrarán las figuras obtenidas de este procedimiento científico:

Figura 22

Microscopio binocular biológico- aumento 100x, obtenido del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.

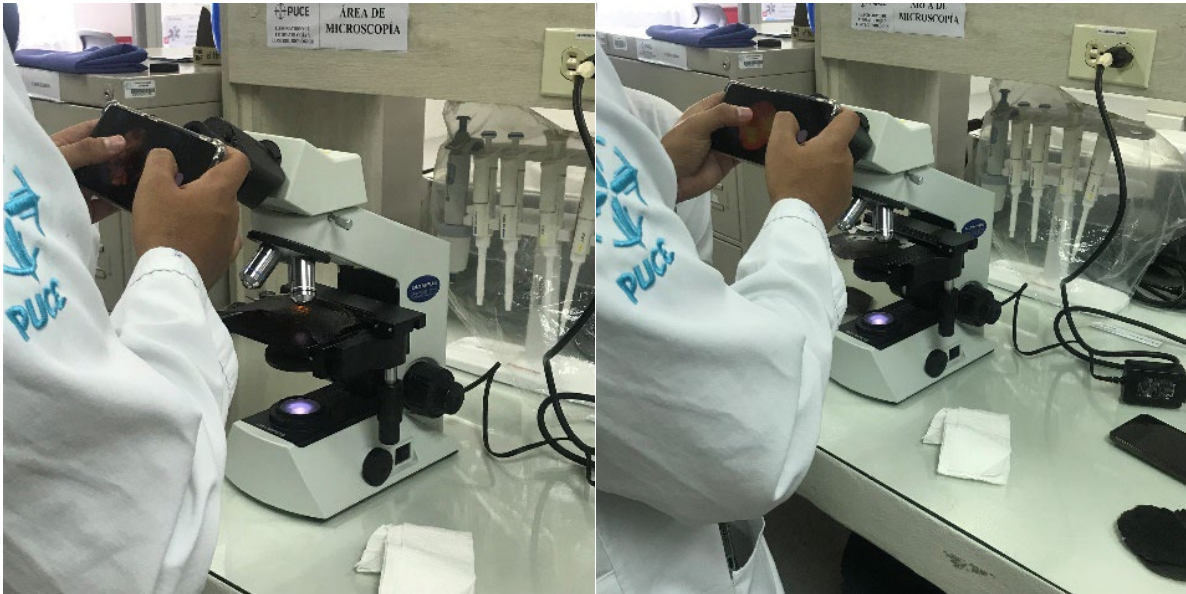


Figura 23

Plano microscópico aumento 100x del material A (biopolímero), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.

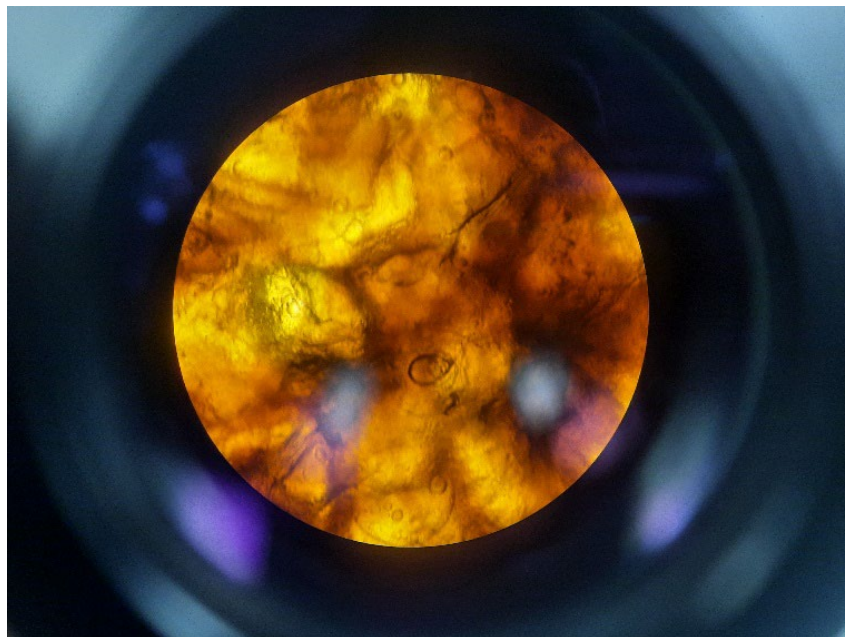
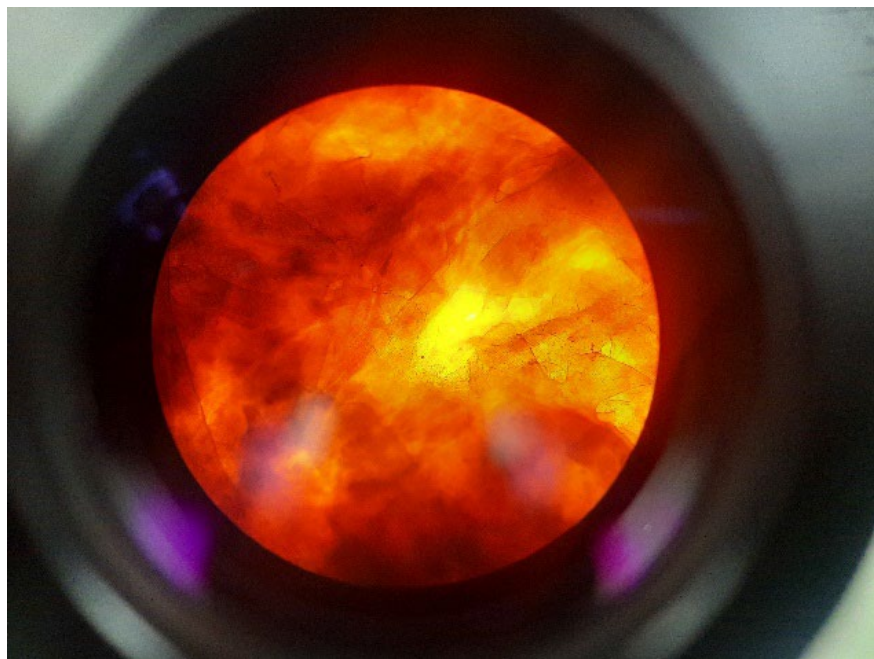
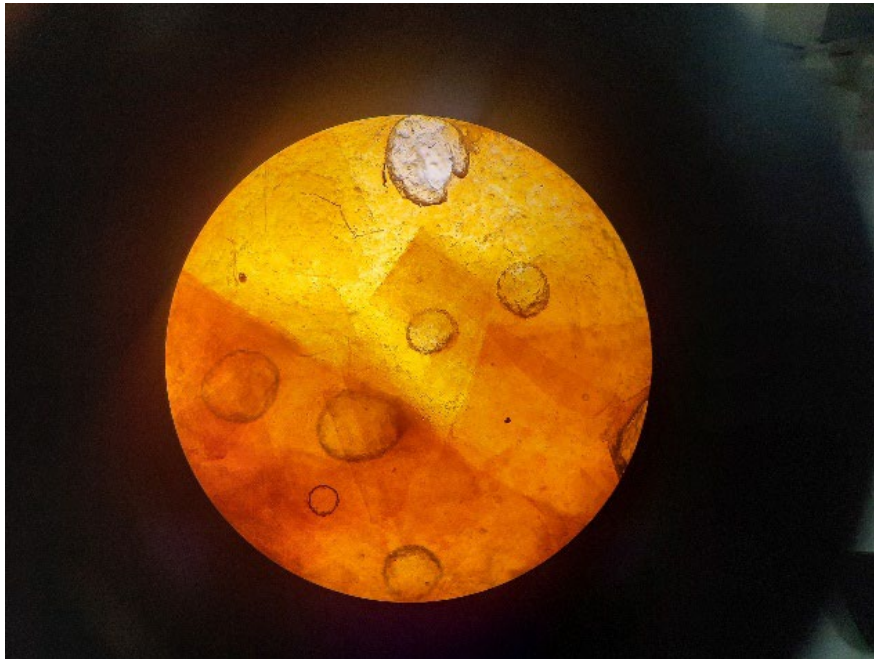


Figura 24

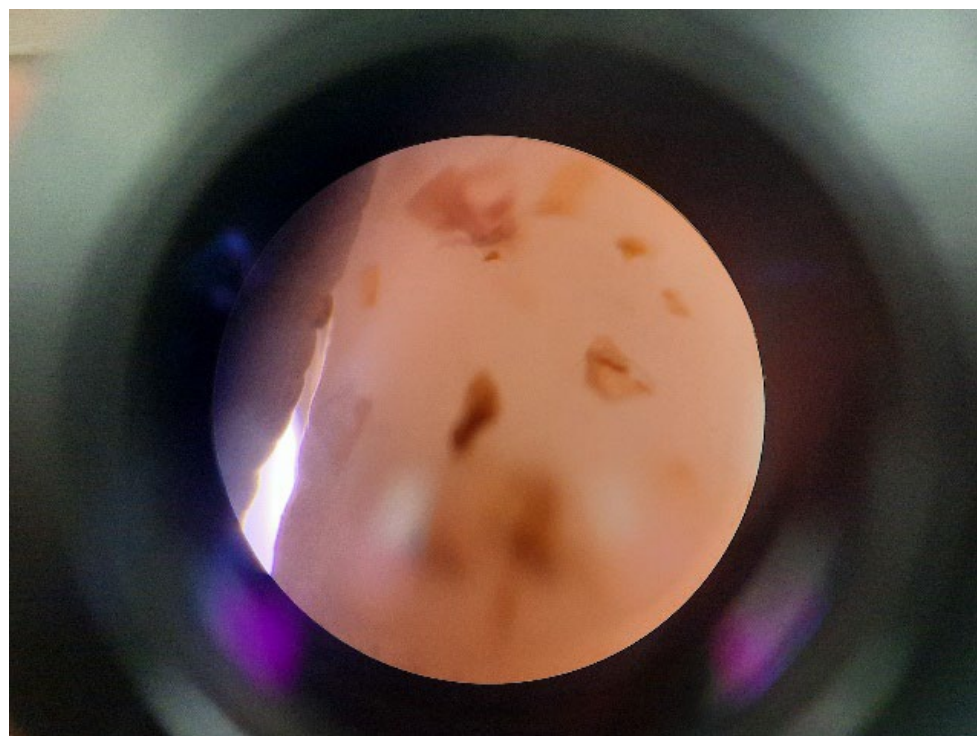
Plano microscópico aumento 100x del material B (biotextil), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.



Nota. La fotografía superior presenta 40% de alga Cladophora, mientras que la fotografía inferior 70% de alga Cladophora

Figura 25

Plano microscópico aumento 100x del material C (bio fibra), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.



Nota. La fotografía superior muestra la biofibra en estado final (seca), mientras que la fotografía inferior muestra la biofibra en estado húmedo.

Figura 26

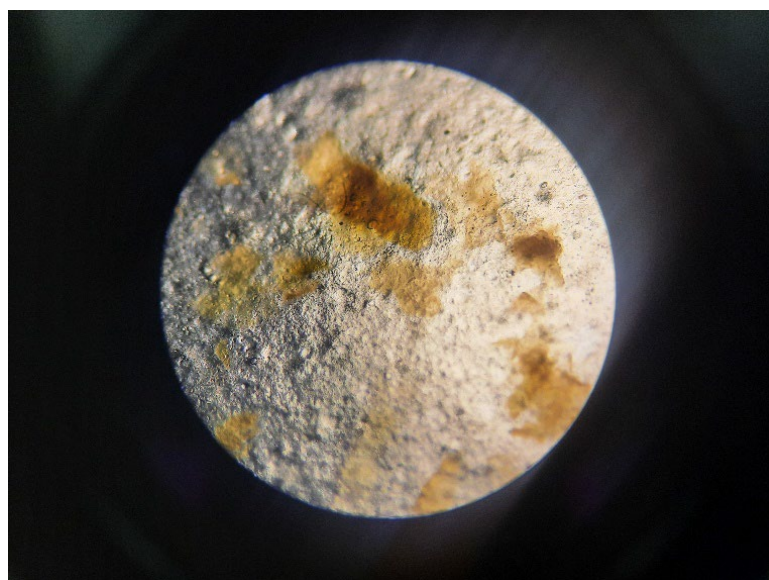
Plano microscópico aumento 100x del material D (bio cerámica oscura) (alta concentración de alga), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.



Nota. La bio arcilla al ser densa y nada traslúcida, fue imposible observar con microscopio

Figura 27

Plano microscópico aumento 100x del material F (polisacárido versión plancha), obtenido del resultado del LAB fitopatología y control biológico de la PUCE.



Nota. La receta de este material fue fusionada con la receta de la biofibra, por ende, fue discontinuado. Sin embargo, también se decidió hacer un estudio visual del material ya que su formato en plancha muestra un acercamiento interesante del material extruido.

3.6. Herramientas de experimentación profunda

Caracterización técnica del material

Los ensayos de materiales se realizarán con ayuda de la pasante del laboratorio de biopolímeros de la Escuela Politécnica Nacional o EPN. Los ensayos son una herramienta de validación, ya que, a partir de estos, se delimitan qué propiedades obtuvieron los materiales y se obtendrá una visión de su aproximación al diseño de productos.

Cada una de las muestras fue catalogada en el laboratorio por las siguientes abreviaciones:

Tabla 6

Abreviaciones usadas para los materiales

<i>M1: muestra 1</i>	<i>Material: biopolímero</i>
<i>M2: muestra 2</i>	<i>Material: biotextil</i>
<i>M3: muestra 3</i>	<i>Material: biofibra</i>
<i>M4: muestra 4</i>	<i>Material: bio arcilla</i>

Nota. Abreviaciones con las que se nombró a cada material para identificarlos en los laboratorios de ensayos de polímeros de la EPN.

Una vez entregadas las muestras al laboratorio, se realizaron ensayos de resistencia a cada material. Los ensayos se basan en la capacidad tanto de carga máxima del material, como también de carga de ruptura: Dado lo anterior, a continuación se muestran los resultados de las siguientes figuras:

Figura 28

Resultados de muestra M1 (biopolímero) obtenidos en el "laboratorio de polímeros"

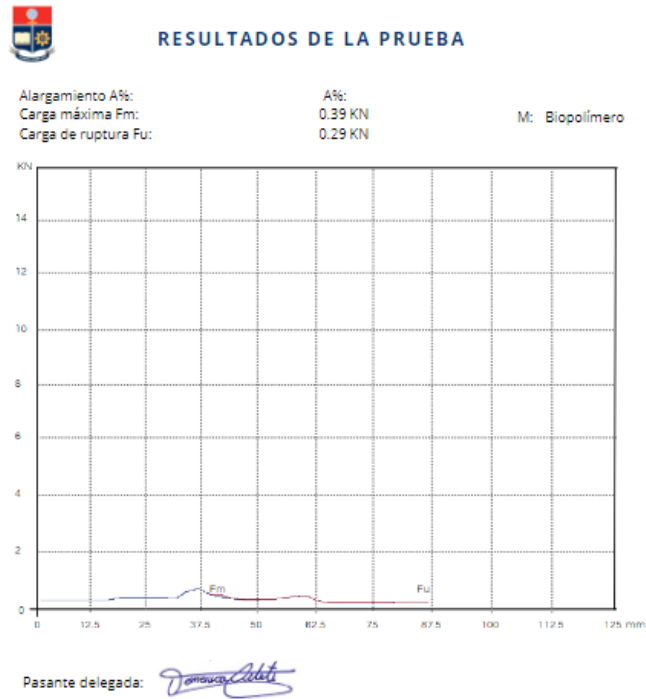


Figura 29

Resultados de muestra M2 (biotextil) obtenidos en el "laboratorio de polímeros"

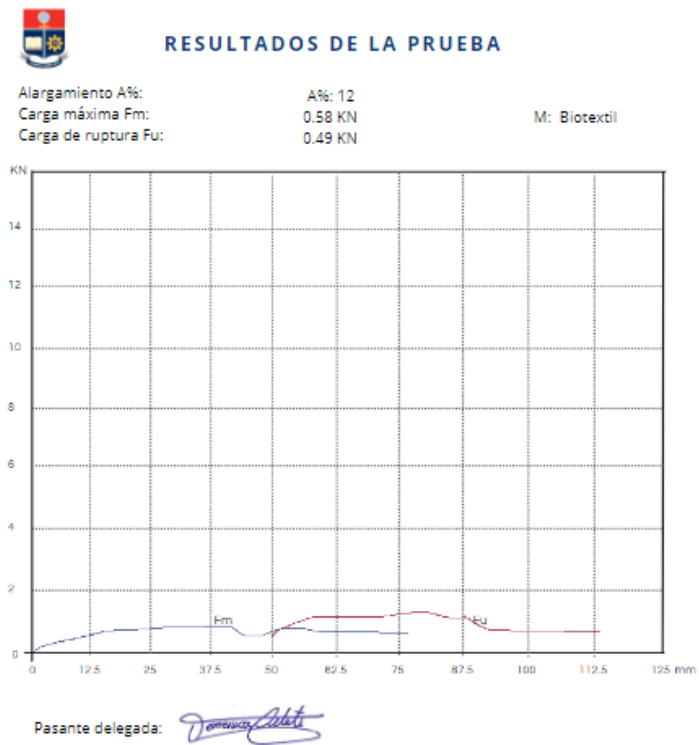


Figura 30

Resultados de muestra M3 (biofibra) obtenidos en el "laboratorio de polímeros"



Figura 31

Resultados de muestra M4 (biofibra) obtenidos en el "laboratorio de polímeros"



Con referencia a lo previamente expuesto, a continuación, se muestra una síntesis de los resultados físicos:

Tabla 7

Síntesis de resultados obtenidos en el "laboratorio de polímeros"

Muestra	Espesor mm	Ancho mm	Carga máxima Fm	Carga de ruptura Fu	Alargamiento %	Norma técnica
M1	10	20	0.39	0.29	-	ASTM D638

Muestra	Espesor mm	Ancho mm	Carga máxima Fm	Carga de ruptura Fu	Alargamiento %	Norma técnica
M2	0.15	20	0.58	0.49	12	ASTM D638

Muestra	Espesor mm	largo mm	Carga máxima Fm	Carga de ruptura Fu	Alargamiento %	Norma técnica
M3	0.9	35	0.039	0.00073	7	ASTM D638

Muestra	Espesor mm	Ancho mm	Carga máxima Fm	Carga de ruptura Fu	Alargamiento %	Norma técnica
M4	20	20	0.47	0.36	-	ASTM D638

Pasante Delegado:



Nota. Las muestras M1 Y M4 (biopolímero y bio arcilla) se colocó una aproximación de carga máxima con un espesor mayor. Sin embargo, la tabla muestra el espesor con el que se entregó a laboratorio.

Los valores dados en la tabla, se muestran en kilonewtons y fueron transformados a kilos para esta sección. Los resultados mostraron que la capacidad máxima de la muestra 1

(biopolímero) es de treinta y nueve coma siete kilos, siempre y cuando su espesor sea conciso.

La muestra 2 (biotextil) alcanza una fuerza de carga máxima de cincuenta hasta sesenta kilogramos. Mientras que la muestra 3 (biofibra) alcanza una fuerza de carga de tres hasta cinco punto cinco kilogramos. Por otra parte, la muestra 4 (bio arcilla) alcanza hasta cuarenta y siete kilos.

Fase 4: Aplicación y uso de conceptos del material / producto

Una vez realizadas las muestras, se concluye que los materiales presentan características de biomateriales (maleables, rígidos - sólidos y traslúcidos).

Tomando en cuenta los datos recopilados (tanto visuales, como físicos), presentados anteriormente, se analizaron sus características y acabados. De lo expuesto, se puede resaltar los siguiente:

Los biopolímeros rígidos al tener superficies duras pueden ser implementados como objetos de envase, mientras que los biopolímeros flexibles (biotextil), al ser maleables, se pueden coser y pegar, manteniendo la forma. En cuanto a la biofibra, es un material que puede adaptarse a técnicas de tejido artesanales, para generar mayor resistencia de tensión. Por último, la bio arcilla al poseer una robustez, se pueden jugar con sus aditivos para crear superficies interesantes.

Alcances en el diseño

A continuación, se muestra una cartera de productos que se obtuvieron de los alcances de las iteraciones finales (materiales): biopolímero, biotextil, biofibra y bio arcilla

Figura 32

Resultados de las iteraciones – Material: Biopolímero



Figura 33

Resultados de las iteraciones – Material: Biotextil



Figura 34

Resultados de las iteraciones – Material: Biofibra



Figura 35

Resultados de las iteraciones – Material: Bio arcilla



Registro de montaje de exposición de la muestra

En esta sección se adjuntará el proceso de montaje en la galería Parterre:

- Inicio del montaje - lunes, 03 de junio de 2024
- Finalización de montaje – miércoles, 12 de junio de 2024
- Inauguración y cierre de la exposición - jueves, 13 de junio de 2024 / viernes, 28 de junio de 2024

Semana 1:

03 de junio: Pre visualización del espacio en la galería “Parterre”

Figura 36

Espacio “terrazza” de la galería Parterre



04 - 05 de junio: Toma de fallas de las paredes de la galería y pintura del espacio

Figura 37

Reparación del espacio “terrazza” de la galería Parterre



06 - 07 de junio: Montaje de muestras, medida de espacio entre muestras y distribución

Figura 38

Primer montaje “muestras”



Semana 2:

10 - 12 de junio: Ajustes de textos curatoriales, cédulas de galería, instalación de luminarias y despacho de muebles adicionales.

Figura 39

Distribución de objetos, pedestales y toma de luces



13 de junio: Inauguración de la exposición “metamorfosis”

Figura 40

Registro de la inauguración de la exposición “Metamorfosis: Nuevos Materiales”







Conclusiones

El proyecto ha demostrado el potencial de los residuos de algas *Cladophora* como biomasa viable para la producción de materiales y su posterior transformación en productos. Esta investigación abre nuevas oportunidades para la valorización de este residuo abundante y, de otro modo, problemático, convirtiéndolo en un recurso valioso con aplicaciones en diversos productos.

A lo largo de la investigación, algunas de las aplicaciones podrían implementarse en lo siguiente:

Envases para productos, componentes de construcción livianos: como paneles. Además, es pertinente incluir bolsas de compras debido a la flexibilidad de uno de los materiales.

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos, se recomienda lo siguiente:

Fomentar la investigación y desarrollo: Continuar la investigación y el desarrollo de nuevos materiales y productos a partir de la biomasa de *Cladophora*, explorando sus propiedades únicas y optimizando su potencial.

Promover la sostenibilidad: Asegurar que todo el proceso de valorización de la biomasa de Cladophora se implemente de manera sostenible, minimizando el impacto ambiental.

En general, el proyecto ha demostrado el gran potencial de los residuos de Cladophora como recurso valioso. Se alienta a continuar la investigación, el desarrollo y la implementación de estrategias para valorizar este material de manera sostenible y generar un impacto positivo en el medio ambiente, la economía y la sociedad.

Referencias

- Gupta, A. (2023). *Método Pugh*. Obtenido de slideteam.net: <https://www.slideteam.net>
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Laan, A. Z. (2016). *Diseño impulsado por materiales (MDD): Un método de diseño para experiencias materiales*. Delft : Revista Internacional de Diseño.
- Ludeña, J. A. (15 de agosto de 2021). *Método Taguchi*. Obtenido de Economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/metodo-taguchi.html>
- pce-iberica.es. (s.f). www.pce-iberica.es. Obtenido de <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-laboratorios/microscopia.htm>
- THE FUNDAMENTALS OF PRODUCT DESIGN SECONF EDITION. (s/f). https://arl.human.cornell.edu/PAGES_Delft/Delft_Design_Guide.pdf
- Vásconez, L. (s. f.). Santa Elena Macroalgas brotan en Santa Rosa. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/santaelena-macroalgas-brotan-santarosa-intercultural.html>

Anexo 1: Análisis de Materiales

Análisis de los materiales		
Material	Conclusiones	Recomendaciones
<p><i>Mashua/alga</i></p> 	<p>El material presenta mayor flexibilidad y resistencia de torsión, es ligero y poco áspero. Es un material atractivo sensorialmente, ya que posee características como color que puede variar dependiendo de la cantidad de alga que se añada y también el olor. El olor de este biopolímero es bastante dulce y agradable.</p>	<p>Es necesario subir el porcentaje de alga en la receta, ya que se pudo observar que, al añadir más alga, el material es más denso y por ende resistente. Sin embargo, las variaciones de tonalidades que le da el alga, también es un aspecto visual importante de este material.</p>
<p><i>Gelatina animal/alga</i></p> 	<p>El material presenta mayor rigidez y dureza. Su traslucidez varía, ya que en algunas partes es opaco y en otras translúcido. El alga al combinarse con otros componentes como gelatinas animales, hizo que el material tome un acabado más rígido de lo esperado, ya que se esperaba una consistencia gelatinosa, modificando las propiedades físicas del material.</p>	<p>El material compuesto por alga hace que tenga acabados estéticos bastante interesantes (dependiendo del espesor que se le dé). Se recomienda su uso para formar materiales con aspectos más orgánicos, debido a que el material tiende a deformarse en su proceso de secado.</p>
<p><i>Biohilo</i></p> 	<p>El biohilo es flexible pero quebradizo. Es más flexible cuando no se ha deshidratado (estado crudo) y cuando se seca totalmente, tiende a ser más quebradizo. Es un material cuya obtención es intrigante e innovadora. Sin embargo, tras varias experimentaciones, el material no puede sobrepasar una fuerza en newtons superior a la que ya posee.</p>	<p>El material, puede presentar una base de algas mayor, lo que tendrá como consecuencia más flexibilidad por sus propiedades plastificantes. Sin embargo, la resistencia de tensión no puede soportar más.</p>
<p><i>Polisacárido</i></p> 	<p>Este material es flexible, translúcido y resistente. Sin embargo, su aroma no es tan agradable. Este polisacárido tiene un gran potencial para su desarrollo, ya que puede ser interesante que acabados puede obtener del alga.</p>	<p>La receta puede tener un enfoque ligado a qué acabados visuales puede tener el material con el alga, es decir que se puede usar el alga de diversas maneras (cocida, cruda, licuada, seca, etc) para obtener terminaciones interesantes, ya que, al ser un material translúcido, se puede observar el interior de esta materia.</p>
<p><i>Biocerámica</i></p> 	<p>La biocerámica, es un material que resultó ser rígido y duro. Imita la cerámica de secado frío, lo cual la hace maleable. Sería interesante continuar con su exploración, para poder usar en ella tecnología como la extrusora 3D de cerámica y ver qué formas puede llegar a obtener.</p>	<p>Se recomienda usar mayor cantidad de algas en las recetas, ya que se observó que cuando existe una mayor cantidad de alga en la biocerámica, esta actúa como un compuesto que junta los demás componentes, ya que el alga, al ser un organismo que presenta viscosidad, actúa como un plastificante y homogeniza la masa.</p>

Anexos

Anexo 2: Matriz Pugh de todas las muestras

Matriz Pugh	Variantes del concepto					Matriz Pugh	Variantes del concepto				
Criterios de selección	A	B	C			Criterios de selección	A	B	C		
Peso		0	0	0	Gelatina animal + Alga	Peso	-1	0	1	Aglutinante 1 + Alga	
Resistencia a la torción		0	0	0	%Alga	Resistencia a la torción	-1	0	1	%Alga	
Dureza		-1	0	1	40 A	Dureza	-1	-1	1	40 A	
Maleabilidad		-1	-1	-1	60 B	Maleabilidad	1	1	1	60 B	
Traslucidez		1	1	1	80 C	Traslucidez	1	1	-1	80 C	
Biodegradabilidad		0	0	0		Biodegradabilidad	0	0	0		
Conductividad térmica		1	1	1		Conductividad térmica	1	1	1		
		0	1	2			0	2	4		
Selección	NO	NO	SI			Selección	NO	-	SI		
Matriz Pugh	Variantes del concepto					Matriz Pugh	Variantes del concepto				
Criterios de selección	A	B	C			Criterios de selección	A	B	C		
Peso		-1	0	1	Polisacárido extruido + Alga	Peso	-1	1	1	Aglutinante 2 + Alga	
Resistencia a la torción		-1	-1	-1	%Alga	Resistencia a la torción	0	0	0	%Alga	
Dureza		-1	-1	1	40 A	Dureza	-1	1	1	40 A	
Maleabilidad		0	0	0	60 B	Maleabilidad	-1	-1	1	60 B	
Traslucidez		1	1	1	80 C	Traslucidez	1	-1	-1	80 C	
Biodegradabilidad		0	0	0		Biodegradabilidad	0	0	0		
Conductividad térmica		1	1	1		Conductividad térmica	1	1	1		
		-1	0	3			-1	1	3		
Selección	NO	NO	SI			Selección	NO	NO	SI		
Matriz Pugh	Variantes del concepto					Matriz Pugh	Variantes del concepto				
Criterios de selección	A	B	C			Criterios de selección	A	B	C		
Peso		0	0	0	Gelatina vegetal + Alga	Peso	-1	-1	0	Polisacárido plano + Alga	
Resistencia a la torción		1	-1	-1	%Alga	Resistencia a la torción	-1	0	0	%Alga	
Dureza		-1	-1	1	40 A	Dureza	-1	-1	1	40 A	
Maleabilidad		-1	-1	-1	60 B	Maleabilidad	-1	1	1	60 B	
Traslucidez		1	-1	-1	80 C	Traslucidez	1	1	1	80 C	
Biodegradabilidad		0	0	0		Biodegradabilidad	0	0	0		
Conductividad térmica		1	1	1		Conductividad térmica	1	1	1		
		1	-3	-1			-2	1	4		
Selección	SI	NO	NO			Selección	NO	NO	SI		

Anexos

Anexo 3: tabla de iteraciones

BIBLIOTECA DE FÓRMULAS

TABLA DE EXPERIMENTACIONES

Gelatina Animal Características: Duro Brillante		Aglutinante Características: Flexible Brillante / Opaco		Polisacárido GELIFICANTE Características: Duro / flexible Opaco		Aglutinante Características: Duro Opaco		Gelatina Vegetal Características: Suave Brillante / Opaco	
Alga 7gr Agua 120ml Glicerol 20gr Gelatina 37gr	[1] 	Alga 7gr Mashua 70ml	[5] 	Alginato + Flor de Jamaica Alga 5gr Alginato de sodio 10gr Glicerina 10gr Agua de alga 1/2 taza	[9] 	Alga 3gr Maicena 20gr Glicerina 5gotas Agua de alga 20ml Vinagre 5gr	[13] 	Agar agar + Jabón Alga 3gr Agua 40ml Glicerol 2.3gr Agar agar 2.7gr Jabón 6gr	[17] 
Gelatina + Balsa Alga 10gr Agua 140ml Glicerol 25gr Gelatina 37gr Balsa 10gr	[2] 	Alga 10gr Mashua 100ml	[6] 	Alga 10gr Alginato de sodio 10gr Glicerina 10gr Agua de alga 1/2 taza	[10] 	Alga 4gr Maicena 10gr Glicerina 10gr Agua de alga 40ml	[14] 	Agar agar + Jabón Alga 2.5gr Agua 30ml Glicerol 2gr Agar agar 2gr Jabón 6gr	[18] 
Alga 15gr Agua 250ml Glicerol 37gr Gelatina 37gr	[3] 	Alga 15gr Mashua 110ml	[7] 	Alginato + Cúrcuma Alga 5gr Alginato de sodio 10gr Glicerina 10gr Agua de alga 1/2 taza	[11] 	Alga 3gr Harina de trigo 30gr Glicerina 10gr Agua 20ml Maicena 10gr	[15] 		
Alga 50gr Agua 250ml Glicerol 37gr Gelatina 37gr	[4] 	Alga 50gr Mashua 50ml	[8] 	Alga 2gr Alginato de sodio 13gr Miel 30gr Agua de alga 1/2 taza	[12] 	Maicena + Goma Alga 5gr Maicena 20gr Glicerina 10gr Agua 40ml Goma 8gr	[16] 	Polisacárido Alginato de sodio 5gr Aceite de almendra 2gr Cloruro de sodio 7gr	[19] 

Anexo 4: Registro del proceso de la experimentación





Anexo 5: Entrevista con Ramón Gonzales, director de la cooperativa Santa Rosa y la comunidad acuícola de Salinas.

1. ¿Cuándo se abrió la granja de algas? ¿Cómo les ha estado yendo?

El proyecto empezó a mediados del 2012 – 2013, en ese tiempo se estuvieron realizando investigaciones del área. Estas investigaciones las realizaron dos biólogos, uno brasileño y el otro venezolano.

2. ¿Qué tipo de alga se cultiva? ¿Es autóctona o introducida?

Cultivamos algas *Kappaphycus Alverazii* no son autóctonas, son traídas desde Indonesia. Cuando estuvimos en el proceso de investigación, nos dimos cuenta que estas algas crecen más rápido en las costas de Salinas, por el clima y el agua que es más cálida.

3. ¿Qué métodos de cultivo usan?

Usamos un sistema de líneas suspendidas, que están sujetas por cañamos de guadua, estas cuerdas presentan 1 metro 30 centímetros de longitud y abarcan un volumen del 50% de algas. Antes usábamos tubos de PVC, pero no soportaban la marea. También era porque antes esta granja estaba solo a 200 metros de la orilla costera, ahora se encuentra a 800 metros y ha soportado mejor, incluso han crecido más rápido.

4. ¿Cuánto tardan las algas en crecer?

Las algas tardan alrededor de 45 días para alcanzar una longitud de 40 cm

5. ¿Cuántos pescadores se dedican al cultivo de algas?

Depende, de la organización. A veces pueden ser cuatro pescadores y otras veces se suman más.

6. ¿Cuál es el uso que se le da a la compra de algas *Kappaphycus Alverazii*?

El consumo por parte de los compradores, en su mayoría, es para generar bio fertilizantes. Estos son usados por empresas para nutrir y fertilizar sus cultivos. Otro uso que le damos acá con los pescadores, es para consumo. Lo bebemos como un batido.

7. ¿Qué factores hacen que las algas Kappaphycus no se desarrollen ni crezcan adecuadamente?

Existen varios, entre los más comunes están pescados pequeños que únicamente comen de las Kappaphycus, la acumulación de otro tipo de alga y eso afecta la cosecha, ya que no crecen ni tienen espacio suficiente y si llegan a crecer, a veces por el peso de estas otras algas, ha habido ocasiones en las que nuestras cuerdas, se han soltado. Sin embargo, el tema de las cuerdas es algo que estamos resolviendo aún y estas otras algas solo las desecharnos.

8. ¿Cuánta cantidad de esta acumulación o invasión de algas desechan y por qué lo desechan?

Bueno, nosotros lo desecharnos porque no aporta nada a nuestros cultivos, más bien es algo que debemos estar limpiando a cada rato para que las Kappaphycus puedan crecer en un buen espacio. Yo diría que desecharnos alrededor del 20 a 25% ya que es lo que se acumula, pero también depende porque a veces se acumulan más cuando las desecharnos, entonces es algo constante.