



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC

Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la
Pontificia Universidad Católica de Chile para
optar al título profesional de Diseñador.

Catalina Fuenzalida Oteíza
Profesor guía: Iván Caro
Octubre 2020. Santiago, Chile

cralgeo
materia marina



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

cralgeo

materia marina

Autora: Catalina Fuenzalida Oteíza

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la
Pontificia Universidad Católica de Chile para
optar al título profesional de Diseñador.

Profesor guía: Iván Caro

Octubre 2020. Santiago, Chile

GRACIAS

A mi familia, por brindarme siempre el apoyo y la contención que he necesitado en cada momento. Por inculcarme perseverancia, humildad y por sobre todo, amor por lo que hago.

A mi profesor guía Iván, por impulsarme a ir más allá de lo que creí que podía y confiar en mis decisiones.

A Damián, por su apoyo incondicional en este proceso. Este proyecto es el fruto de las infinitas horas de reflexión, discusión y experimentación. No sería lo mismo sin tu visión.

A mis compañeros y amigos, por acompañarme y alegrarse con cada paso y avance que realicé. Por motivarme día a día.

Finalmente, gracias a todas las personas que aportaron de alguna u otra forma en esta investigación, con sus conocimientos, críticas y consejos. Por colaborar, creer en esta idea y ayudarme a convertirla en realidad.

CONTENIDOS

9 INTRODUCCIÓN

11 I. ESTADO DEL ARTE

- 12 01. Nuevas materialidades
- 12 1.1. Identidad material y transición cultural hacia sistemas de fabricación sostenibles
- 13 1.2. Acercamiento a través de la disciplina del Diseño
- 15 1.3. La Naturaleza como modelo para la fabricación
- 17 02. Diseño y sustentabilidad
- 17 2.1. Definición de residuo e impacto en el medio ambiente
- 18 2.2. Economía circular y producción local
- 19 03. Materia prima
- 19 3.1. Abundancia e identidad local
- 20 3.2. Quitosano: principales características, propiedades y usos actuales, realidad local
- 22 3.3. Alginato: principales características, propiedades y usos actuales, realidad local

25 II. FORMULACIÓN DEL PROYECTO

- 26 01. Oportunidad de diseño
- 27 02. Observaciones relevantes
- 28 03. Qué, Porqué, Para qué
- 29 04. Objetivos

31 III. METODOLOGÍA

- 32 01. MDD

37 IV. ANTECEDENTES Y REFERENTES

- 38 01. Antecedentes: quitosano en biofabricación
- 39 02. Antecedentes: alginato en biofabricación
- 40 03. Referentes: abundancia local, aplicación, materialidad

43 V. AGENTES RELEVANTES

- 44 01. Proveedores materia prima
- 46 02. Investigadores
- 47 03. Talleres y seminarios

49 VI. DESARROLLO MATERIAL

- 50** 01. Desarrollo experimental
- 54** 02. Primera etapa
- 59** 03. Segunda etapa
- 71** 04. Tercera etapa
- 78** 05. Material final

81 VII. CARACTERIZACIÓN

- 82** 01. Caracterización técnica
- 89** 02. Caracterización sensorial

91 VII. CONTEXTO DE IMPLEMENTACIÓN

- 92** 01. Contexto proyectual

97 IX. PROTOTIPOS

- 98** 01. Prototipos
- 102** 02. Testeo

107 X. PROYECCIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- 108** 01. Proyecciones

113 XI. CIERRE

- 114** 01. Conclusiones
- 116** 02. Referencias
- 122** 03. Anexos

INTRODUCCIÓN

Los impactos negativos en el ambiente generados por el uso desmedido de recursos, la utilización de materiales sintéticos de corto uso y los residuos generados a partir de ellos, ha impulsado la búsqueda de nuevos materiales compatibles con las problemáticas medioambientales actuales. Frente a ello, nace la necesidad de repensar los sistemas de desarrollo que han sido implementados a lo largo de los años, a través de la utilización de recursos de manera responsable y eficiente. Entendiendo la urgencia de la transición hacia una sociedad sustentable que promueva un modelo restaurativo y regenerativo.

Los residuos y subproductos de diversas industrias se han convertido en materia prima para el diseño material, al ser recursos altamente renovables y capaces de ser devueltos al suelo una vez finalizado su ciclo de vida. Es por ello que la presente investigación se ha enfocado en el desarrollo de un sistema de biofabricación que permita la generación de nuevas materialidades a partir de procesos que potencien la utilización de éstos.

Se decide trabajar con el ecosistema Marino debido a la gran diversidad de recursos naturales que entrega y por otra parte, por la oportunidad que implica la cantidad de residuos generados de manera anual por la industria ligada a éste.

En el proyecto, se presentan una serie de experimentos materiales a partir de biopolímeros que provienen de organismos marinos de la costa Chilena, en donde el Diseño actúa como un agente clave al ser intermediario y partícipe activo del sistema de realización material. Se busca generar y promover el trabajo colaborativo con la industria local y a su vez, responder a las necesidades y desafíos actuales de la disciplina.

Palabras clave: Biofabricación, Quitosano, Alginato, Bioproductos, Residuos, Material.

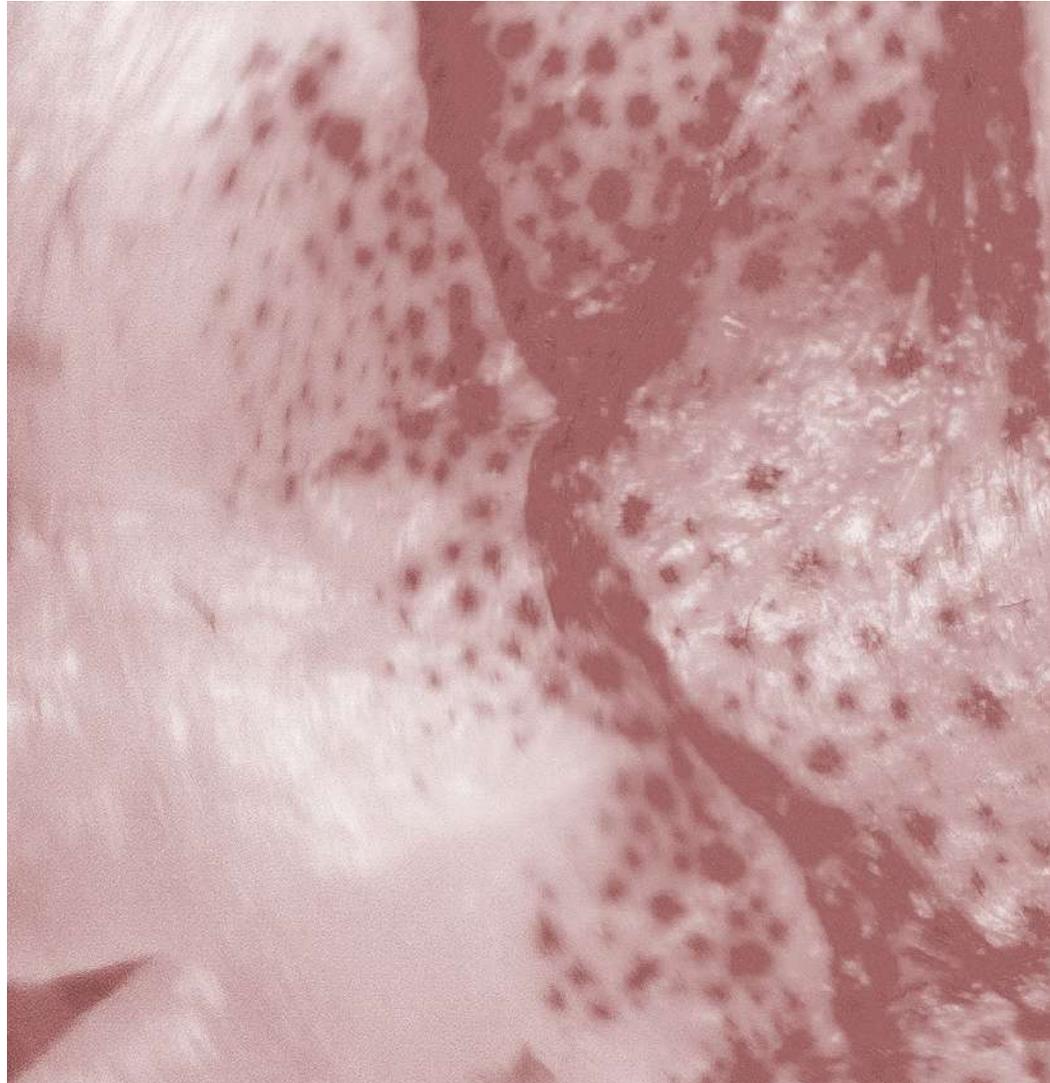
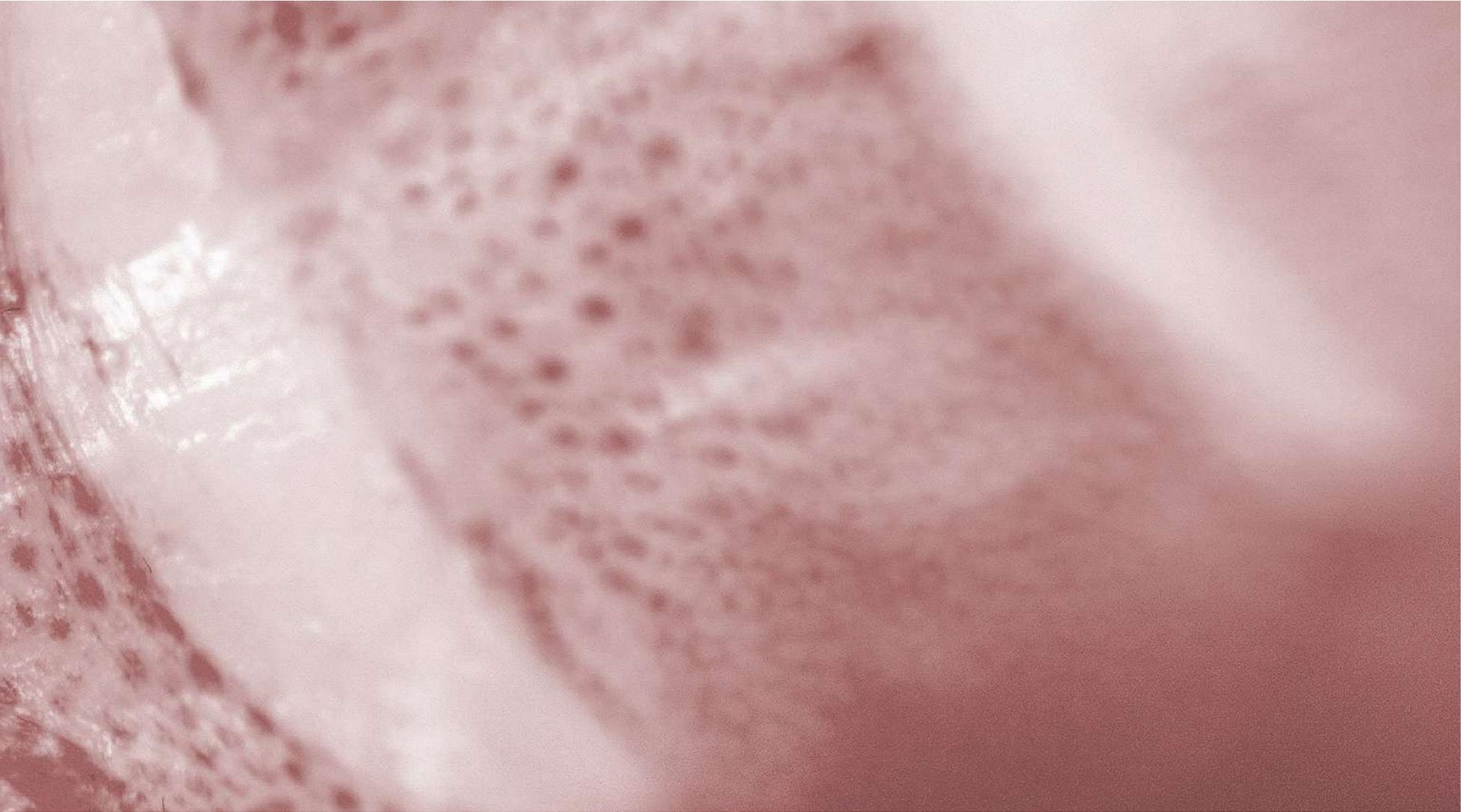


Fig. 01
Textura piel de camarón
Recuperado de: www.pexels.com



I. ESTADO DEL ARTE

01 . NUEVAS MATERIALIDADES

1.1. Identidad material y transición cultural hacia sistemas de fabricación sostenibles

Durante el siglo pasado y hasta hoy se ha presenciado el dominio de un modelo estético ligado a la perfección en torno al cuerpo, el estilo de vida, los objetos y sus materiales. (V. Rognoli et al., 2014). La identidad de estos se ha construido a partir de su comportamiento y la repetición en el tiempo de determinadas formas de empleo (Manzini, 1993) así como también a partir de la experiencia en torno a ellos. Ésta, es dinámica y cambiante, y depende de las reacciones a los atributos que se interpretan a través de filtros ligados a significados personales, sociales y culturales (Macdonald, 1998).

Por una parte, las personas se ven enfrentadas a un encuentro sensorial en el cual realizan juicios de valor a partir de la información que perciben (Macdonald, 2002) y todas sus facultades corporales les ayudan a formar una apreciación estética de objetos o entornos (Stanton, 1997). Por otro lado, la cultura le otorga significado al producto y proporciona los valores que se reflejan en su función (Press, M., & Cooper, R., 2009). A pesar de que la sociedad se ha acostumbrado a patrones establecidos, en donde los procesos de automatización y el control de calidad han eliminado de manera casi total las imperfecciones en los artefactos (V. Rognoli et al. 2015) la percepción puede ser reeducada cuando los cambios en el rendimiento del material y la tecnología de

fabricación lo permiten (Manzini, 1993), así como la cultura puede ser transformada a través del aprendizaje.

Actualmente existe una emergencia climática en la cual la degradación del ambiente crece cada día y el ser humano tiene gran responsabilidad en ello debido al alto impacto que representa la indiscriminada utilización de recursos y el tipo de sistemas productivos que han sido utilizados hasta el día de hoy. Por otra parte, los altos niveles de contaminación ambiental a nivel mundial son el reflejo del crecimiento en la generación de residuos por parte de la población y su consumo.

A partir de esta situación, emerge la necesidad de generar reflexión en torno a los sistemas económicos actuales, de los materiales utilizados y su impacto en la sociedad, analizando posibles formas de desarrollo que no perjudiquen la vida en nuestro planeta y entendiendo que la sostenibilidad ambiental contempla un sistema de producción y consumo que debe responder a la demanda sin alterar los ciclos naturales ni empobrecer el capital natural, basándose principalmente en recursos renovables, optimizando la de los no renovables y sin la acumulación de residuos (Manzini, 2000).

1.2. Acercamiento a través de la disciplina del Diseño

El Diseño es una disciplina que interactúa con diversos materiales de manera continua, por lo que la selección de estos juega un papel fundamental en la creación de artefactos. Generalmente esta decisión ha sido guiada por la forma y las limitaciones y/o requisitos del proceso de fabricación (Karana et al., 2015; Ashby, 1999; Ashby & Cebon, 2007; Mangonon, 1999), produciendo una separación entre forma y materia, desplazando a la materialidad a un proceso secundario e independiente (Oxman, 2014).

Pero actualmente, el papel del diseñador se ha extendido más allá del simple diseño y desarrollo de productos, enfocándose en procesos más benignos para el medio ambiente y debiendo tomar en cuenta la importancia de decisiones éticas y morales que pueden influir en el uso sostenible de los recursos (Bramston & Maycroft, 2014).

Su rol se ha visto redireccionado en el proceso de innovación, pasando de ser un implementador de materiales, guiado por las aplicaciones, a ser un pensador original, quien a través del diálogo con fabricantes fomenta el desarrollo de nuevos materiales y procesos de producción, o los desarrolla el mismo (Peters, 2014).

Esto implica el involucramiento en la investigación y tecnificación de los materiales, determinando su comportamiento de manera proactiva a partir de objetivos. Incentivando la relación del diseñador con los

materiales en la fase inicial del diseño en lugar de la fase final, en donde se busca la realización de un producto.

Adicionalmente, la disciplina se ha visto en la necesidad de reconstruir la relación orgánica en el proceso de diseño, entrelazando la creación de formas y el conocimiento material. Esto ha sido posible a través de la exploración de nuevas materialidades compatibles con las problemáticas medioambientales actuales, las cuales exigen el reconocimiento de la fragilidad de la naturaleza y la responsabilidad de preservarla para las generaciones futuras (Myers, 2012).

Sumado a ello, la democratización de las prácticas tecnológicas ha sido fundamental en la revalorización de la autoproducción, mediante el conocimiento abierto y compartido sobre procesos de producción (V. Rognoli et al., 2015), trasladando el debate desde el terreno estrictamente científico hacia un terreno socialmente practicable (Manzini, 2000).

En este contexto, ha surgido un movimiento de materiales emergentes o DIY (hazlo tú mismo), el cual invita a la fabricación de materiales a partir de técnicas propias, además de plataformas de código abierto como "Materiom", librería de biomateriales abierta a personas de diferentes partes del mundo y que incentiva la utilización de residuos locales para el desarrollo de nuevas materialidades.



Fig. 02
Algae Lab
Studio Klarenbeek & Dros



Fig. 03
Objetos desarrollados en base a algas
Studio Klarenbeek & Dros

1.3. La Naturaleza como modelo para la fabricación

Benyus (1997) afirma que: “la naturaleza ha descubierto lo que funciona, lo que es apropiado y lo que perdura”. Además, sus técnicas de fabricación no son agresivas para el medio ambiente ya que, a diferencia de las condiciones utilizadas por la industria química, los procesos se efectúan en medios acuosos, a temperatura ambiente y, casi siempre, a presión atmosférica (Calafat, 1999).

En este sentido, la naturaleza se ha convertido en un modelo que ha inspirado el diseño por más de 3.000 años (Vincent et al 2006) y a través de múltiples formas el ser humano ha intentado replicarla. Desde la meticulosa descripción e ilustración de naturalistas, hasta la búsqueda de respuestas para la resolución de problemas y nuevas maneras de abordar el proceso de diseño a través de la observación y estudio de las estructuras que existen en la naturaleza.

Para describir este proceso existen varios términos tales como biomímesis, bioinspiración, biomimética, biónica, o diseño biológicamente inspirado (BID) (Fayemi et al., 2017), áreas que buscan lograr una nueva relación con el medio ambiente a través del trabajo interdisciplinario.

El concepto biofabricación se ha referido tradicionalmente a la producción de productos biológicos complejos a partir de materias primas como células vivas, matrices, biomateriales y moléculas (Tenenhaus, Rennekampff & Mulder, 2016), y ha sido utilizado principalmente en campos de la ciencia. Sin embargo, el término ha sido adaptado al diseño, impulsado por la colaboración entre diseñadores, arquitectos y biólogos, refiriéndose a la incorporación de organismos vivos como componentes esenciales o al reemplazo de mecanismos y/o sistemas industriales por procesos biológicos (Myers, 2012).

En esta disciplina, se han trabajado diversos productos a partir de hongos, bacterias y algas, en formato de textiles, packaging, mobiliario, y diferentes objetos de uso cotidiano. Además, durante los últimos años se ha implementado la utilización de recursos y residuos abundantes.

En este contexto ha surgido un nuevo enfoque de diseño llamado Ecología Material, que tiene como objetivo establecer una relación más profunda entre el objeto de diseño y su entorno, operando en la intersección con biología, ciencia e ingeniería de materiales (Oxman et al., 2015).

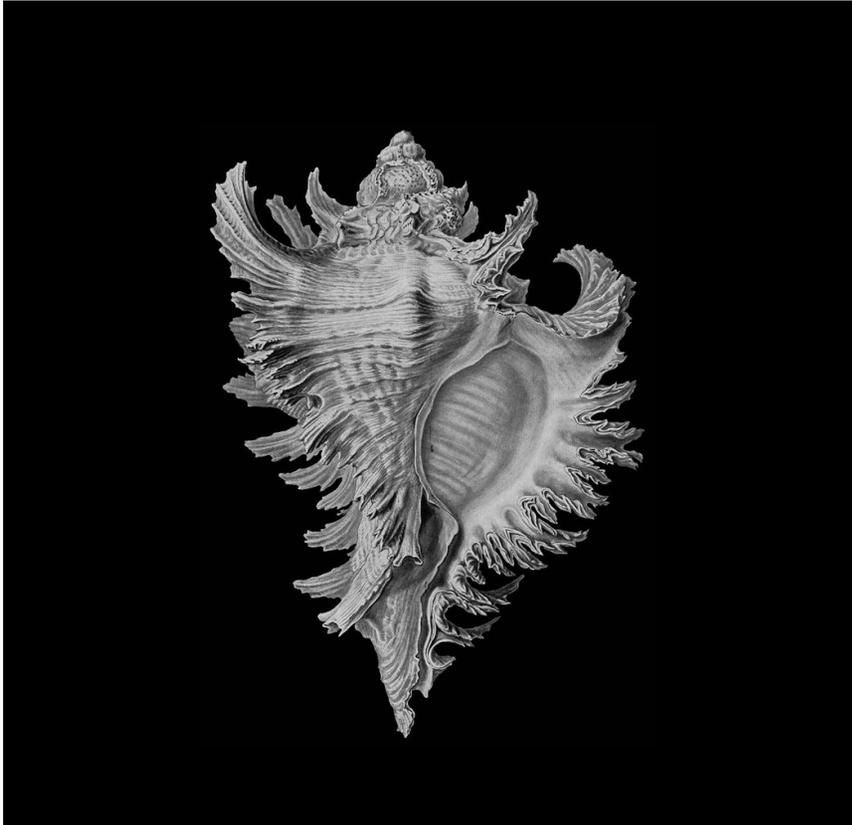


Fig. 04
Ilustración naturalista
Ernst Haeckel

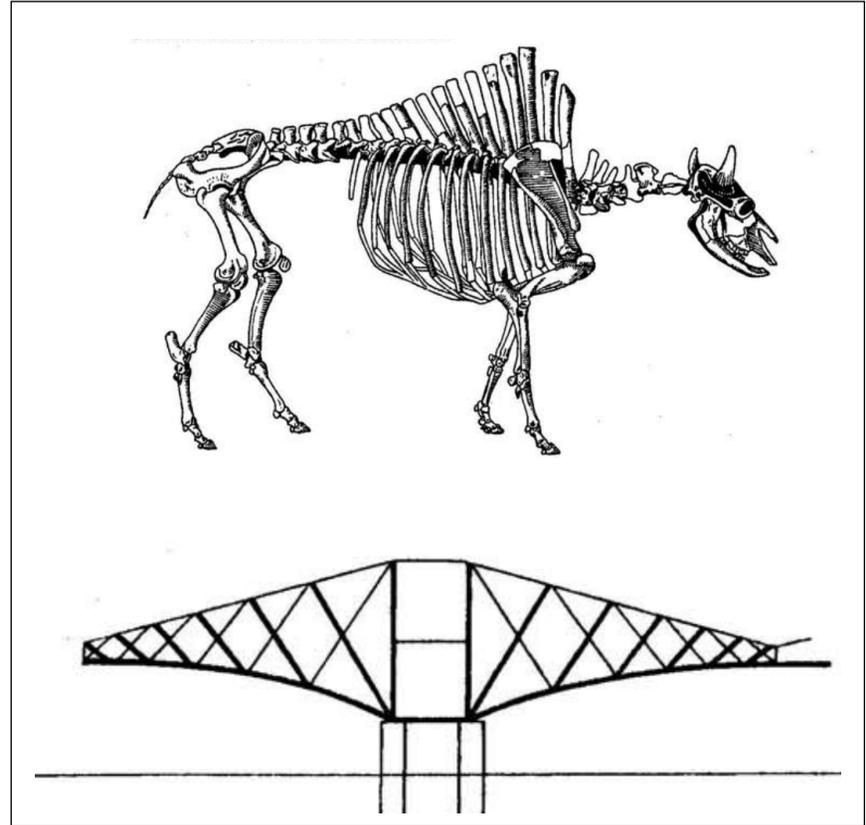


Fig. 05
Similitud entre el esqueleto animal y la
estructura de un puente
D'Arcy Wentworth Thompson

02. DISEÑO Y SUSTENTABILIDAD

2.1. Definición de residuo e impacto en el medio ambiente

A través de la llamada Ecología Industrial, los residuos han comenzado a ser percibidos como materia prima, fomentando la innovación y promoviendo nuevos procesos y sistemas para su valorización (Cervantes, 2007) lo que ha permitido visualizar nuevas oportunidades en torno al desarrollo de materiales y la utilización de recursos renovables.

El Ministerio del Medio ambiente (2018) afirma que un residuo corresponde a "sustancia u objeto que: se elimina o valoriza, está destinado a ser eliminado o valorizado, o debe, por las disposiciones de la legislación nacional, ser eliminado o valorizado".

Estos reciben diferentes clasificaciones según su estado, riesgo u origen. La denominada economía lineal, basada en tomar, hacer y desechar, ha tenido un rol fundamental en el desarrollo industrial. En este sistema, la materia prima se utiliza para la fabricación de productos, los cuales posterior a su venta y utilización, son desechados como residuos (The Ellen MacArthur Foundation, 2015).

A partir de este modelo se generó un crecimiento económico basado en el consumo y producción que trajo consigo consecuencias ligadas a la degradación del ambiente (Jankilevich, 2003).

El Banco Inter-Americano de Desarrollo (2009) señala que entre los posibles impactos ambientales que genera el mal manejo de los residuos se encuentran:

1. Cambios en la calidad del aire producto de la descomposición de residuos y sus emisiones de metano y dióxido de carbono, además de emisiones de dioxinas y furanos derivados de la quema de basurales.
2. Degradación de suelos y geomorfología debido a la acumulación de sustancias contaminantes que alteran sus propiedades físicas, químicas y de fertilidad.
3. Alteración de la calidad de aguas superficiales y subterráneas y sus características hidráulicas.
4. Cambios en la flora y fauna de los ecosistemas, así como la cantidad de biomasa.

Según el Cuarto reporte del Medio Ambiente (2018), la cantidad de residuos generados por año en Chile ha alcanzado cerca de 21 millones de toneladas, dentro de las cuales la mayor cifra corresponde a la cantidad de residuos industriales no peligrosos, que alcanza el 61,7% y tan solo el 24% es valorizado.

2.2. Economía circular y producción local

A partir de las consecuencias a las cuales nos enfrentamos hoy en día debido al modelo económico lineal, es que se reconoce la necesidad de avanzar hacia una economía circular, la cual se caracteriza por ser restaurativa y regenerativa. Respaldada por la transición a fuentes renovables de energía, su modelo busca generar capital económico, natural y social.

The Ellen MacArthur Foundation, organización que desarrolla y promueve esta idea, indica que la economía circular se basa en tres principios:

- I. Eliminar residuos y contaminación desde el diseño. Debido a que las materias biológicas no son tóxicas y pueden devolverse fácilmente al suelo.
- II. Mantener productos y materiales en uso. Se puede mantener su utilidad y valor máximos en todo momento.
- III. Regenerar sistemas naturales. Se busca desvincular el desarrollo económico global de recursos finitos.

Adicionalmente, para comprender la transición a la cual la sociedad se ve enfrentada es necesario entender el modelo que la antecede.

En este sentido, el economista Jeremy Rifkin (2010) afirma que: “Cuando entramos en la primera revolución industrial, hablamos de la vida urbana a escala masiva y de manera vertical. En la segunda revolución industrial, nos referimos a habitantes suburbanos, un poco más distribuidos. A medida que avanzamos a la tercera revolución industrial vamos a repensar la forma de vida: construyes donde tienes energía renovable óptima. Al estar distribuida, podemos distribuir aún más nuestros patrones de construcción y entorno vivo” (p.27).

Es decir, la transición está enfocada en un modelo distributivo de los recursos disponibles, en donde se tiene la posibilidad de acceder a ellos de manera local, ya que se encuentran distribuidos en todas partes.

Así mismo se plantea la necesidad de avanzar del modelo de geopolítica, cuyo enfoque es la extracción de recursos y la tierra, hacia la política de la biosfera, entendiendo que vivimos en un entorno común en donde el hombre se relaciona con el medio ambiente de manera recíproca, pensando de manera global pero actuando de manera local. La pandemia, a la cual el país y el mundo se han visto enfrentados, ha visibilizado esta realidad dando cuenta que no sólo es bueno potenciar la producción local, si no que es una necesidad latente.

03. MATERIA PRIMA

3.1. *Abundancia e identidad local*

Los océanos cubren un 70% de la superficie planetaria, siendo el océano pacífico el más extenso ya que equivale al 46% de la tierra. Chile presenta una longitud superior a 4.200 kilómetros en su territorio continental, situado frente al Océano Pacífico y con una superficie marítima de 3,15 millones de km², lo que lo posiciona como un país privilegiado en torno a la pesca y la acuicultura al poseer gran acceso a los recursos marítimos (CONICYT, 2009).

Los organismos marinos constituyen una de las mayores fuentes de recursos biológicos de la tierra (Fundación Chile, p.9) y entregan diversos beneficios para la población, ya sea a través de oportunidades económicas, al ser una fuente de trabajo, o a partir del vínculo que ha existido por años entre el ser humano y el mar, el cual conforma parte del patrimonio natural.

En nuestro país los recursos provenientes del mar son utilizados en múltiples sectores productivos, tales como alimentos, cosmética y farmacéutica. Sin embargo, la versatilidad de los organismos marinos, constituidos y estructurados por materiales que poseen diversas propiedades y características, podría generar nuevas posibilidades para el desarrollo de biomateriales, lo cual no solo significa un beneficio

económico, sino que principalmente ambiental (Ben-Nissan, 2015). Por otro lado, la industria ligada a este ecosistema genera grandes cantidades de residuos, ejemplo de ello es la industria pesquera la cual produce cerca de 464 mil toneladas de forma anual (SINADER y SIDREP, 2018) por lo que se transforma en un foco de interés para la investigación.

3.2. Quitosano: Principales características, propiedades y usos actuales, realidad local

La Quitina, polisacárido natural, es el segundo material biológico más abundante en la naturaleza, se estima que al menos 10 mil millones de toneladas se producen en la biosfera cada año, por lo que es un recurso altamente regenerativo (Yao, 2012). Entre sus principales fuentes de obtención se encuentran el exoesqueleto de crustáceos, alas de insectos y paredes celulares de hongos y algas (Velásquez, 2006).

Este biopolímero es altamente insoluble en agua por lo que sus aplicaciones se ven limitadas por esta propiedad. Sin embargo, mediante un proceso químico de N desacetilación es posible extraer quitosano (Mármol et al., 2011), derivado que posee propiedades fisio-químicas como biodegradabilidad, biocompatibilidad, atoxicidad, actividad bactericida y fungicida (Giraldo, 2015).

Actualmente el quitosano presenta aplicaciones en diversas áreas a nivel mundial debido a sus propiedades, siendo utilizado por la industria médica en la producción de cremas bactericidas para el tratamiento de quemaduras, vendajes y gasas, y suturas quirúrgicas. En la industria de cosméticos es utilizado en la fabricación de cápsulas para adelgazar, y como aditivo bactericida en jabones y cremas (Velásquez, 2006). Por otro lado, ha sido utilizado en el tratamiento de aguas como coagulante en la potabilización, en la remoción de metales pesados y aceites,

y como agente filtrante en piscinas (Giraldo, 2015). En el área de Agricultura, sus propiedades han sido utilizadas a través de fertilizantes y pesticidas en el control de enfermedades y plagas vegetales y como estimulador de crecimiento en el suelo (Aiello, 2011), en el recubrimiento de semillas y como agente bactericida y fungicida en la protección de plántulas (Velásquez, 2006).

Debido a la disponibilidad de recursos, la industria de crustáceos es la fuente más utilizada para la extracción de quitina y quitosano, ya que produce una gran cantidad de residuos contaminantes (Cauchie, 2000). Estos están conformados por más del 75% del peso vivo de los mariscos, entre conchas, cabezas y patas, que se convierten en un problema para el medio ambiente y una carga económica para la industria procesadora (Mármol et al., 2011).

A nivel mundial, se estima que la industria pesquera produce más de 170.000 toneladas de desechos quitinosos al año (Ramírez et al., 2010), los cuales podrían ser utilizados favorablemente. En Chile, se producen aproximadamente 20 toneladas por día de desechos de crustáceos sólo en la industria del congelado, de los cuales una parte es utilizada en la fabricación de harina y el resto va al botadero, produciendo contaminación en el entorno (CECTA, 2000).



Fig. 06
Desechos de crustáceos
Rescatado de: www.paiscircular.cl

3.3. Alginato: Principales características, propiedades y usos actuales, realidad local

Las algas marinas son un recurso natural muy diverso del cual se pueden extraer materiales bioactivos. Sus paredes celulares contienen polisacáridos, los cuales cumplen la función estructural de entregar fuerza y flexibilidad. Estos, reciben el nombre de hidrocoloides y cuando se dispersan en agua aumentan la viscosidad, siendo el alginato, el agar y la carragenina los que presentan mayor importancia comercial (McHugh, 2002).

El polisacárido que contienen las algas pardas es el ácido algínico, presente en forma de sus sales de sodio, potasio, magnesio y calcio. La conversión de ácido algínico en alginato de sodio permite su solubilidad en agua, lo que ayuda a su extracción (Dos Santos, 2017).

El alginato se caracteriza por tres propiedades principales, la primera de ellas es su capacidad funcionar como un agente espesante y estabilizador al ser un polímero soluble en agua, es decir, aumentando la viscosidad. La segunda, es su capacidad de formación de geles al tomar contacto con sales de calcio sin la necesidad de calor, a diferencia de la carragenina o el agar. Finalmente, su capacidad de formar películas y fibras (Qin, Zhang & Chen, 2020). Además, posee propiedades como biodegradabilidad, biocompatibilidad y no toxicidad (Hasnain & Nayak, 2019).

El alginato es utilizado actualmente en la industria biomédica para curación de heridas y administración de fármacos. En la industria de alimentos como potenciador de la viscosidad y estabilidad, así como también para mejorar la conservación, el sabor y la apariencia de la comida. También ha sido utilizado en la industria textil y papelera como recubrimiento de papel y fibras. Por otra parte, en los últimos años se han realizado estudios enfocados en su utilización en la industria de packaging a base de polímeros naturales (Lagopati & Pavlatou, 2020).

Se calcula que la fabricación anual de alginatos es de aproximadamente 38.000 toneladas a nivel mundial (Helgerud et al., 2009). En las costas de Chile se pueden encontrar tres géneros de algas pardas que poseen alginato en sus paredes, las cuales son *Lessonia*, *Durvillea* y *Macrocystis* (Guevara, Ordenes & Vázquez, 2005). Además, se posiciona entre los cinco países que exportan y concentran más del 70% del valor total del mercado junto con Francia, Reino Unido, Japón y Holanda (Fundación Chile, p.77).

Es importante tomar en cuenta que el cultivo de algas marinas cada vez está recibiendo mayor atención, es por esto que debe ser supervisado para lograr un desarrollo de la bioeconomía respetuoso con el clima y el medio ambiente (FAO, 2020).



Fig. 07
Bosque de algas
Fotografía de Erasmo Macaya

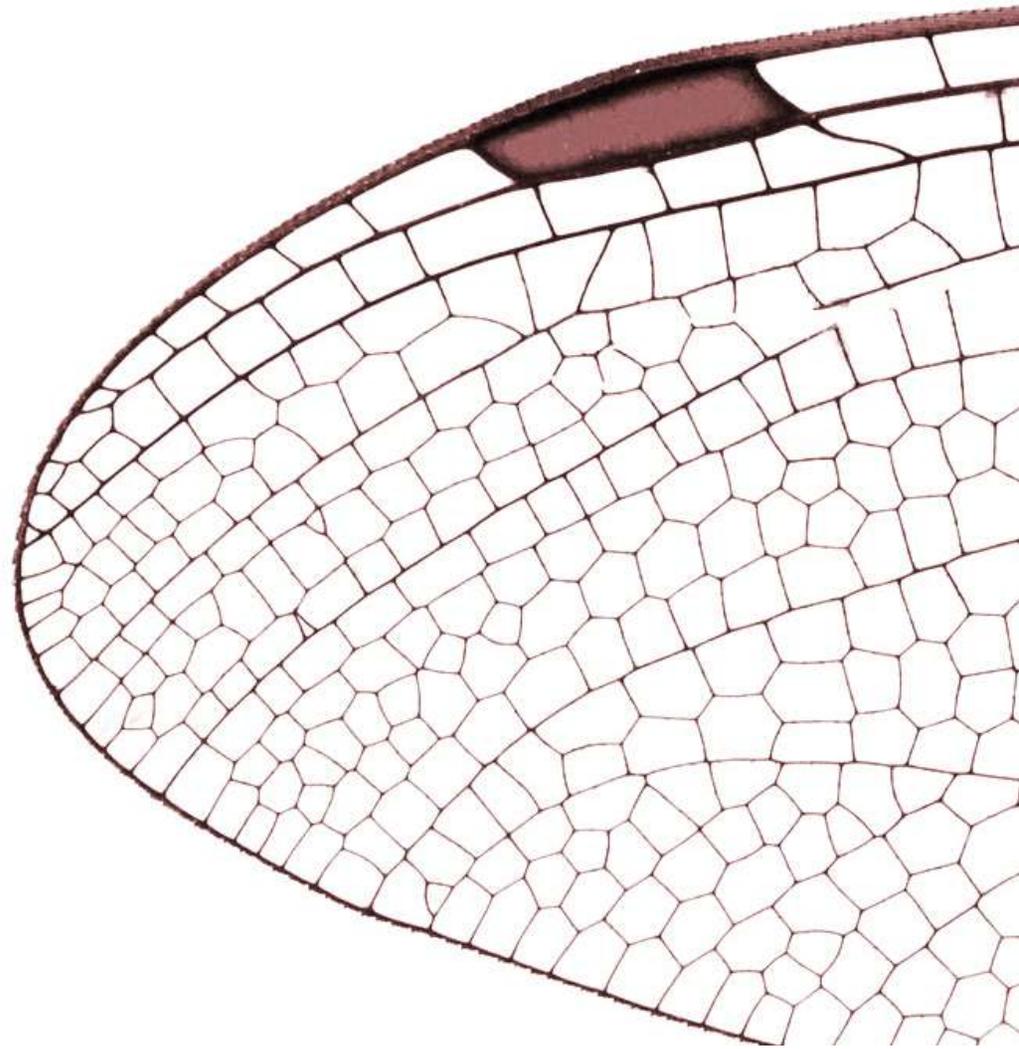
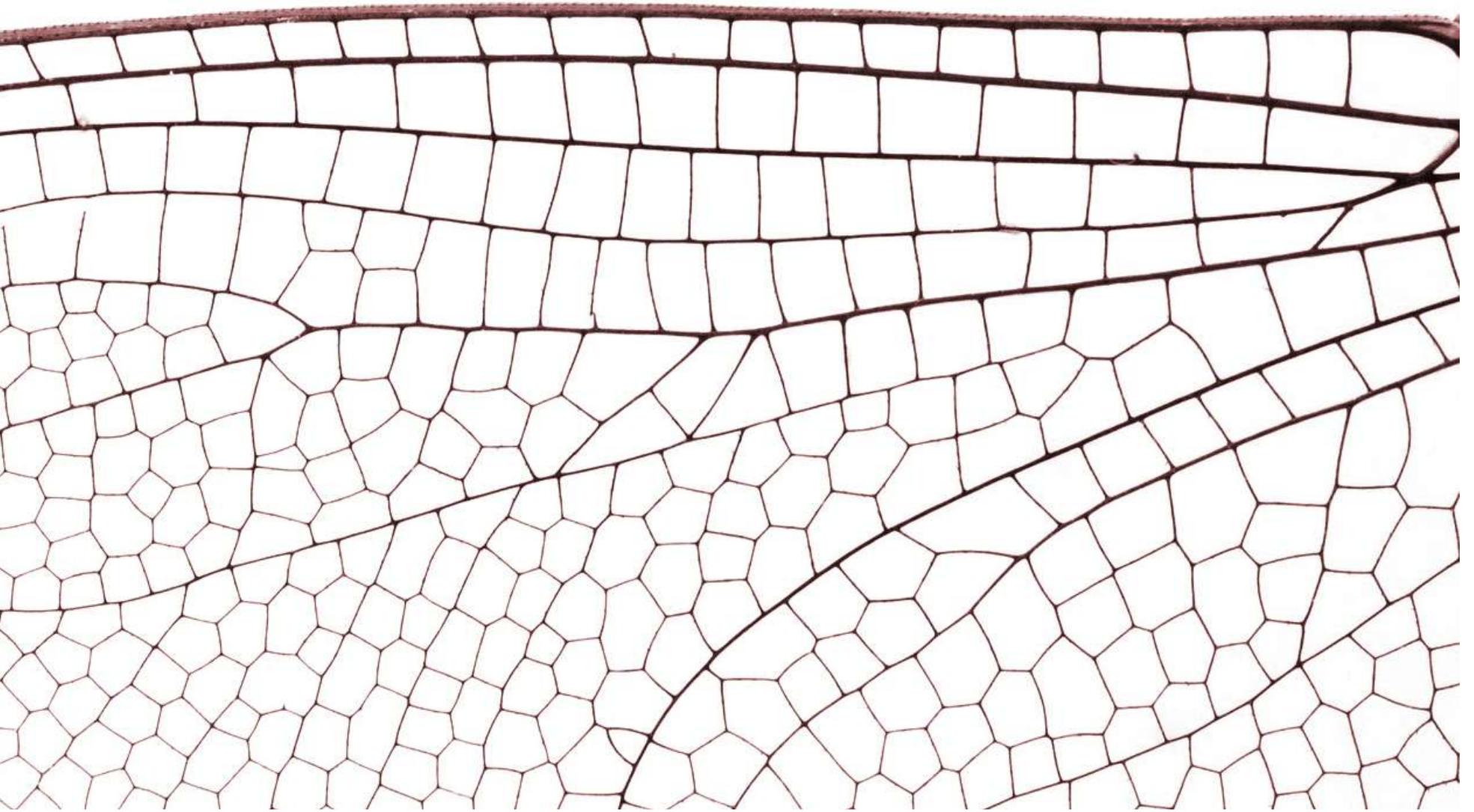


Fig. 08
Ala de insecto que presenta quitina
Rescatado de: www.pixabay.com



II.FORMULACIÓN DEL PROYECTO

01 . OPORTUNIDAD DE DISEÑO

Repensar sistemas de desarrollo a partir de la fabricación de nuevas materialidades

A partir de las temáticas anteriormente planteadas se reconoce la necesidad de investigar nuevas materialidades a través del diseño, que permitan responder a los requerimientos de la disciplina y a su vez, a las necesidades medioambientales actuales. Para ello, existe la oportunidad de repensar los sistemas de desarrollo existentes, a través de procesos de fabricación que potencien la utilización de recursos renovables como los son algunos residuos y subproductos provenientes de la industria.

Esto, tomando en cuenta que según el ministerio del Medio Ambiente (2018) en Chile se generan cerca de 21 millones de toneladas de residuos al año. El 97% de ellos equivale a residuos no peligrosos, de los cuales el 59,8% son de origen industrial. Además, se estima que cerca del 76% de los residuos no peligrosos generados, son eliminados principalmente en rellenos sanitarios y vertederos, y tan sólo el 24% es valorizado (MMA, 2018).

02 . OBSERVACIONES RELEVANTES

1. Sistema

1A. Desarrollo material.

Existe una búsqueda de nuevos procesos y materiales amigables con el medio ambiente, así como la oportunidad de valorización de residuos locales para la fabricación de estos.

1B. Proceso colaborativo.

Falta de conexión entre industrias y ecosistema, además del aprovechamiento de sus residuos y subproductos de manera colaborativa.

2. Bioproductos marinos

2A. Disposición de residuos.

Residuos de la industria acuícola son eliminados en vertederos en donde generan contaminación ambiental, sin aprovechar sus propiedades.

2B. Abundancia del recurso.

La Quitina es un recurso renovable y abundante en Chile en la extensión del ecosistema marino, pero ésta no es valorizada debido a la alta inversión que significa procesar los residuos de los que proviene, además del desconocimiento de sus aplicaciones.

3. Polímero

3A. Aplicación.

El quitosano posee propiedades bactericidas y fungicidas que son conocidas en el mercado internacional pero no potenciadas en las aplicaciones dentro del mercado nacional. Por otra parte, el alginato a pesar de presentar aplicaciones en el área alimenticia, posee gran potencial para su utilización en la fabricación material.

3B. Versatilidad del proceso.

La materia prima recibe diferentes tratamientos según su origen y puede ser procesada según su posterior aplicación para potenciar sus propiedades.



QUÉ

Investigación aplicada enfocada en el desarrollo de un sistema de biofabricación que contemple la utilización de residuos y recursos marinos como materia prima para la generación de un material biodegradable, capaz de potenciar las propiedades del subproducto en su aplicación.

PORQUÉ

Debido a las problemáticas medioambientales asociadas al sistema económico lineal, existe la necesidad de repensar los sistemas de desarrollo actuales y los materiales que se utilizan de manera más sustentable, siendo el quitosano y el alginato compuestos de alto potencial para generar productos más sostenibles para el planeta.

PARA QUÉ

Implementar una línea de fabricación circular a través de la utilización de recursos renovables obtenidos a partir de residuos e insumos locales, con el objetivo de promover una concepción colaborativa en torno a la relación entre Industria y ecosistema.

04 . OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un proceso de investigación desde la disciplina del diseño en torno a la fabricación material a partir de quitosano y alginato para su implementación en un contexto de uso específico que será determinado por las propiedades del material.

Objetivos específicos

1. Generar un sistema de fabricación de un material biodegradable a partir de bioproductos locales, con el fin de aumentar el trabajo colaborativo con la industria local.

IOV: Cantidad de quitosano y alginato utilizado según cantidad de material.

2. Desarrollar caracterización técnica y sensorial del material con el fin de comprender sus posibilidades, limitaciones y oportunidades.

IOV: Ficha de características mecánicas y físicas.

IOV: Tabla nivel sensorial

3. Analizar el rol del material en torno a sus propiedades con el fin de definir su contexto y contribución funcional.

IOV: Aplicación según propiedades.

4. Evaluar el comportamiento del material en un contexto de uso con el fin de evidenciar la efectividad alcanzada.

IOV: Comparación entre prototipo con material aplicado v/s método de cultivo actual.

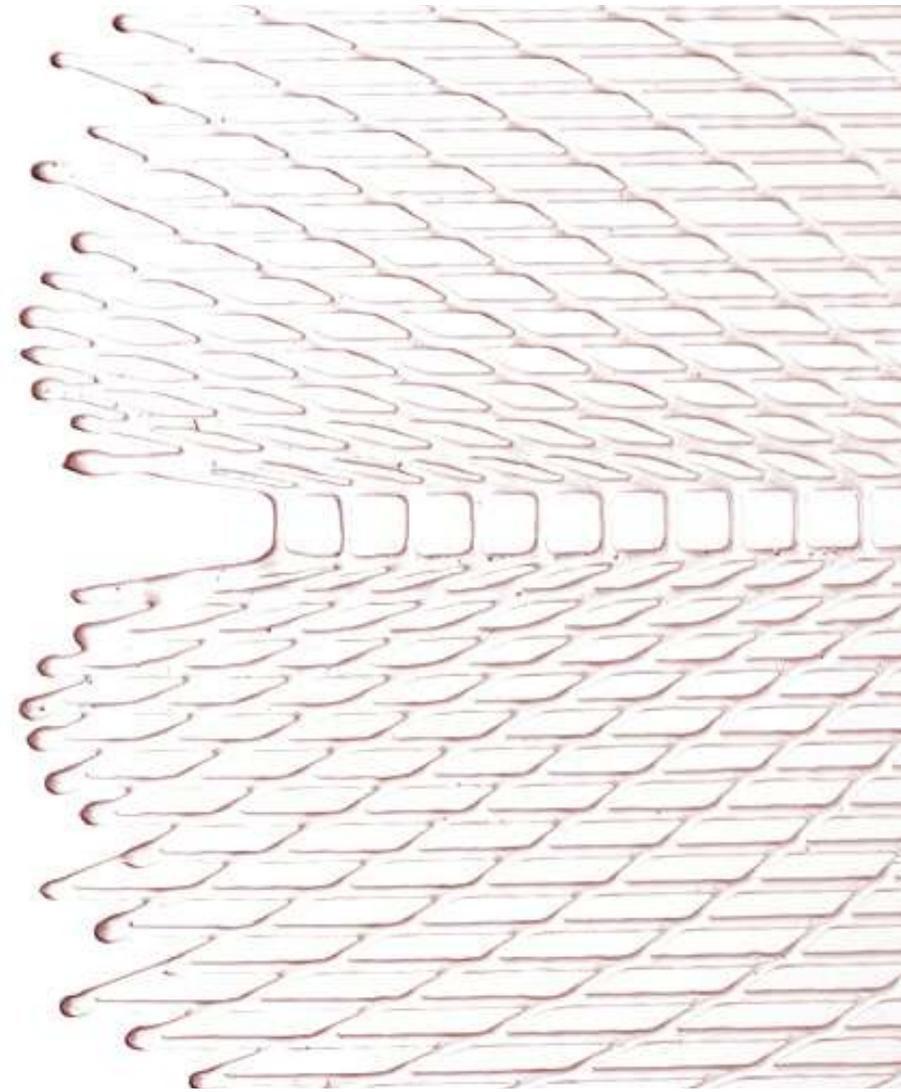
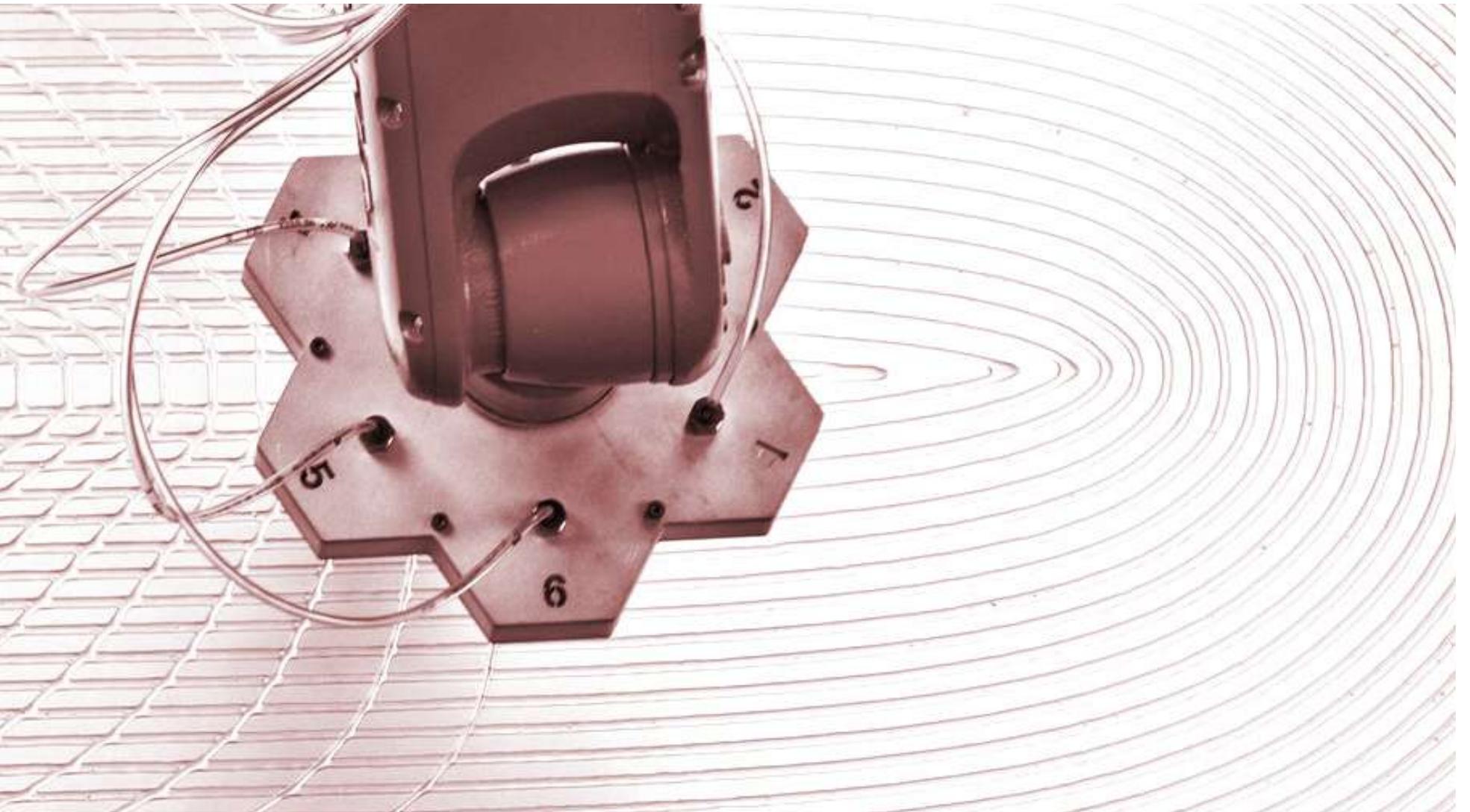


Fig. 09
Material en base a quitosano
MIT, 2015



III.METODOLOGÍA

01 . MDD

Material Driven Design

Para el desarrollo del biomaterial se utilizó como referencia el método Material Driven Design, propuesto por Elvin Karana en International Journal of Design en el año 2015, con ciertas modificaciones para ser adaptado a la investigación y el contexto en la cual se desarrolló.

El método se enfoca en el Diseño para la Experiencia Material, entendiéndose ésta como la experiencia que tienen las personas con la materialidad de un producto. Se busca que el diseñador comprenda el material con el objetivo de descubrir sus cualidades y limitaciones, y para ello se proponen 3 posibles escenarios en donde el diseñador podría intervenir.

El primero de ellos, hace referencia a diseñar con un material conocido, el segundo de ellos a diseñar con un material relativamente conocido, y el tercero a diseñar con una propuesta material, siendo así el último de éstos el escenario con mayor relevancia para la investigación.

En este escenario se plantea el desarrollo de muestras semi desarrolladas o exploratorias. Sus propiedades son definidas a través del proceso de diseño en relación a un área de aplicación seleccionada. En paralelo, la experiencia material se define por las propiedades técnicas y sensoriales a través de un ciclo iterativo, que contempla 4 pasos principales. A continuación se detallan las etapas del método

junto con una etapa adicional, la que fue necesaria realizar de manera previa para el desarrollo del proyecto.

0. CREAR EL MATERIAL

Creación del material a partir de experimentación con diferentes soluciones e ingredientes de la mezcla. Se busca utilizar residuos e insumos locales abundantes y valorizarlos mediante su utilización tomando en cuenta sus propiedades.

Etapas MDD

1. COMPRENDER EL MATERIAL

1A. Caracterización técnica

Realización de tinkering con el material para obtener información sobre las propiedades físicas y mecánicas de éste (cortarlo, doblarlo, quemarlo, aplastarlo, etc.) para comprender sus cualidades, sus limitaciones y sus oportunidades con el objetivo de que pueda ser aplicado en productos. Cuando la caracterización técnica se ha completado se espera que el diseñador tenga claras sus principales propiedades técnicas y su método de fabricación.

1B. Caracterización experiencial

Se busca explorar la percepción del material a través de cuatro niveles de experiencia: sensorial, interpretativo (significados), afectivo (emociones) y performativo (acciones). Se debe interactuar con diferentes muestras del material para identificar relaciones entre las experiencias observadas y las propiedades formales del material.

2. CREACIÓN DE VISIÓN DE EXPERIENCIA MATERIAL

Articulación de la intención de diseño a través de cómo el diseñador visualiza el papel de un material en torno a sus propiedades y la experiencia que le entregaría a un usuario cuando es incorporado a un producto. Se debe especificar su propósito frente a otros productos, personas y contextos (sociedad, planeta).

3. PATRONES DE EXPERIENCIA MATERIAL

El diseñador debe comprender cómo/ cuando otras personas experimentan o interactúan con los materiales en la forma que se visualizó, de manera experiencial no intuitiva. Se busca la interrelación entre la visión de la experiencia del material creado y las cualidades formales de éste.

4. CREANDO EL CONCEPTO

Se integran todos los hallazgos principales en una fase de diseño. Puede que no se llegue a un producto final, pero sí a una muestra de aplicación del material para ejemplificar su comportamiento físico y/o cualidades sensoriales.

“The method emphasises the journey of a designer from tangible to abstract (i.e., from a material to a materials experience vision), and then from abstract back to tangible (i.e., from a materials experience vision to physically manifested, further developed materials/products).”

(Karana, Barati, Rognoli, & Zeeuw van der Laan, 2015).

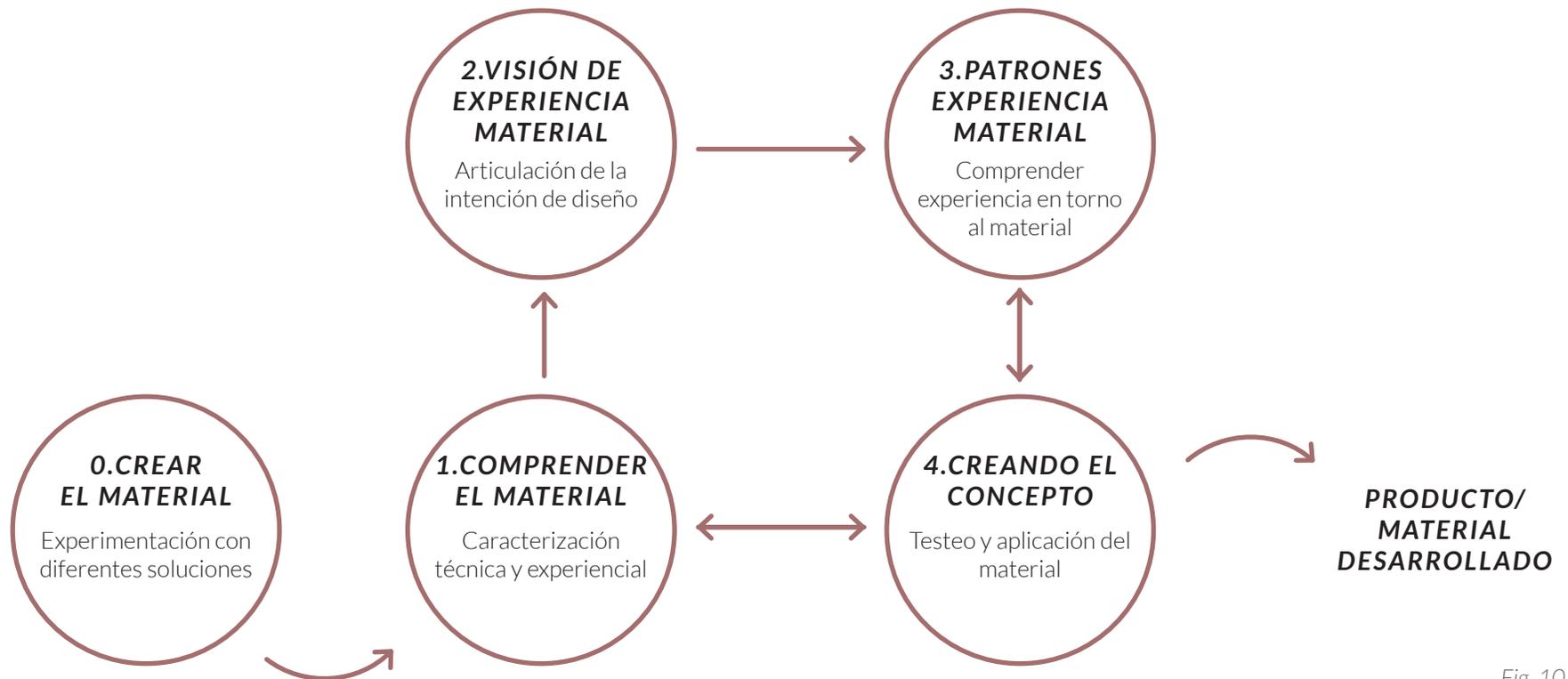


Fig. 10
 Diagrama Material Driven Design
 Elaboración propia



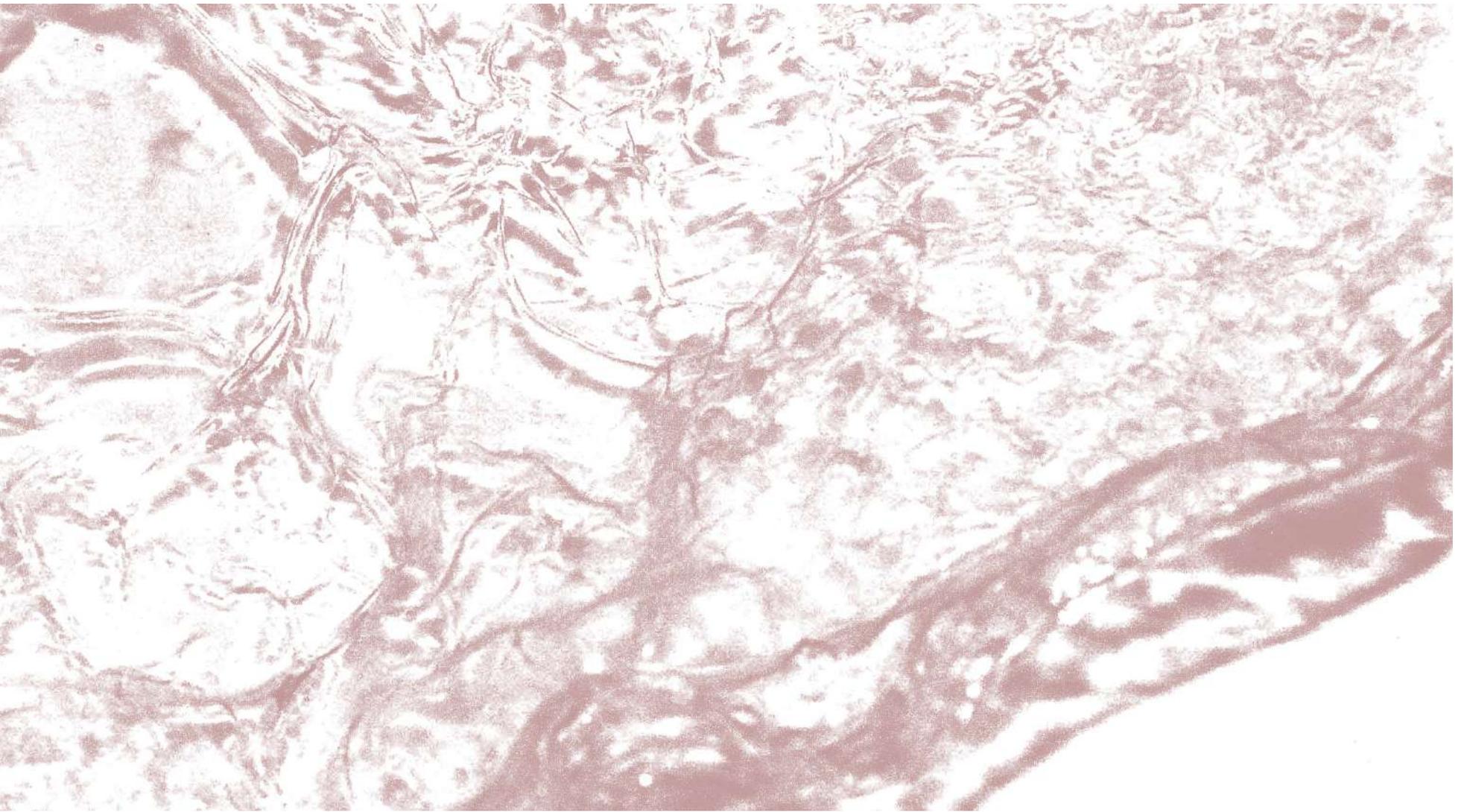
Fig. 11
Mycelium - Proyecto guiado por MDD
Recuperado de: [http://materialexperienclab.com/
mycelium-based-materials](http://materialexperienclab.com/mycelium-based-materials)



Fig. 12
Mycelium - Proyecto guiado por MDD
Recuperado de: [http://materialexperienclab.com/
mycelium-based-materials](http://materialexperienclab.com/mycelium-based-materials)



Fig. 13
Detalle de muestra de la investigación
Registro propio



IV. ANTECEDENTES Y REFERENTES



Ed Jones, Insiya Jafferjee, Amir Afshar y Andrew Edwards, 2019 - Inglaterra

The Shellworks es un proyecto en el cual se elaboraron 4 máquinas con tecnología accesible para desarrollar un material similar al papel a partir de desechos de langosta. Busca ser una alternativa al plástico de un solo uso, y a su vez, aprovechar los desechos de comida.



Javier Fernández & Donald Ingber, 2012 - EE.UU.

Investigadores del MIT, desarrollaron una plataforma de fabricación diseñada para la impresión 3D de compuestos a base de agua y biomateriales. Este estudio contempló la fabricación de un material biobasado de quitina. Para esto utilizaron diversas soluciones de quitosano en diferentes proporciones. Las aplicaciones de los compuestos fueron pensadas para objetos reciclables a pequeña y mediana escala, así como estructuras arquitectónicas temporales a gran escala.



Javier Fernández & Donald Ingber, 2012 - EE.UU

Investigadores del Harvard's Wyss Institute desarrollaron un material llamado Shrilk, elaborado a partir de quitosano y proteínas derivadas de la seda. El material ha sido utilizado como reemplazo al plástico y una vez desechado, se descompone en pocas semanas.



Carolina Delgado, 2020 - Portugal

Nature based system for food packaging es un proyecto de investigación a partir de algas marinas en el que se utilizó alginato. Su objetivo fue desarrollar un sistema de envasado para alimentos a granel, garantizando la reutilización, impermeabilidad y compostabilidad.



Tessa Callaghan, Aaron Nesser, Aleksandra Gosiewski, Asta Skocir and Theanne Schiros, 2016 - EE.UU

Algiknit es un hilo de alginato de sodio completamente biodegradable que busca ser una alternativa sustentable en la industria de la moda ya que este material presenta propiedades similares al nylon. El proyecto fue llevado a cabo en el New York Fashion Institute of Technology (FIT) por un grupo interdisciplinario de estudiantes y profesores, incluyendo conocimientos de física, química y diseño industrial.



Carolina Pacheco, 2019 - Chile

Calcáreo es una iniciativa de investigación y divulgación open source en torno a biomateriales conformados por alginato y carbonato de calcio. El proyecto explora diversos métodos de fabricación para su posterior aplicación en diferentes áreas de diseño.



Tomás Egaña, 2015 - Chile.

Hulk es un biomaterial fotosintético compuesto de colágeno, fibrina y microalgas, el cual es capaz de generar oxígeno a partir de éstas. Se rescata el potenciamiento de las propiedades del alga para su aplicación en la regeneración de tejidos en lesiones y quemaduras.



Francisca Fuenzalida, 2015 - Chile.

Pilcán es un concreto elaborado a partir de conchas de choritos el cual busca ser una alternativa sustentable al concreto tradicional a través de la valorización de residuos, capaz de competir con materiales que se encuentran hoy día en la industria de la construcción. Se rescata la extrapolación de las propiedades de la cal en su aplicación, potenciando sus cualidades en nuevos contextos de uso.



Margarita Talep, 2017 - Chile.

Desintegra.me es un proyecto que busca sustituir los plásticos de un solo uso a partir de un material hidrosoluble de algas. Se rescata la versatilidad de aplicación del material en diferentes ámbitos de packaging así como la interacción de disolverlo posterior a su uso.



Eric Klarenbeek & Maartje Dros 2017 - Holanda.

3D BAKERY es un proyecto en el cual se cultivan algas marinas, que luego son secadas y procesadas para posteriormente utilizarse como filamento en la impresión de objetos 3D. Se rescata la versatilidad del biopolímero como material constructivo.



Phoebe Quare, 2016 - Irlanda

Beyond the Mainland es una investigación que busca utilizar conchas de moluscos como material constructivo de diferentes artefactos para la población de la isla situada en la costa de Irlanda en pos de ayudar económicamente a sus habitantes a través de nuevas técnicas constructivas. Se rescata la utilización de residuos pesqueros locales y abundantes de la zona, además del trabajo colaborativo con los trabajadores de la isla.



Formafantasma, 2019 - Holanda

Ex Cinere es una colección de mosaicos volcánicos esmaltados en ceniza. Nacen a partir de la investigación sobre el potencial de la lava como material de diseño. Se rescata la investigación de un material autogenerador y abundante, así como sus propiedades y carga cultural.



Fig. 14
Material desarrollado en la investigación
Registro propio



V. AGENTES RELEVANTES

01 . PROVEEDORES MATERIA PRIMA

Rymar, Crustanic, Gelymar

Para la presente investigación se plantea un sistema de biofabricación en el cual el diseñador actúa como intermediario y a su vez, participe en la realización material, es por esto que fue necesario establecer contacto con diferentes agentes relevantes en el proyecto. Es importante recalcar que el desarrollo del material tenía como objetivo la utilización de materia prima de origen chileno, lo cual fue un aspecto relevante para la búsqueda de colaboración con empresas locales.

En primer lugar, se tomó contacto con la empresa Rymar, fundada en 1999 en el puerto de la región de Coquimbo por Sebastián Rubio y Williams Mauad, quienes actualmente se dedican a la venta y exportación de productos congelados como camarones y langostinos. La empresa presenta un enfoque en la pesca sostenible por lo que se encuentran en un proceso de certificación en el estándar Marine Stewardship Council (MSC), y a través de Crustanic buscan la reutilización de materia prima residual. Ésta es de aproximadamente de 8 a 10 toneladas de cáscara por día y gastan 4 millones de pesos mensuales en botarla, entre transporte y el vertedero. Es por ello, que buscan generar un impacto tanto medioambiental como económico a través del desarrollo de una planta de extracción de quitosano. Durante el mes de diciembre de 2019 se realizó una visita a la planta,

ubicada en Gerónimo Méndez 1851, en la región de Coquimbo. Esto permitió conocer la instalación de la planta, la maquinaria utilizada y el método de fabricación de quitosano que utilizan. Este proceso se caracteriza por una secuencia de tres etapas: desmineralizado, desproteínizado y desacetilado. Actualmente ellos enfocan la aplicación del polímero en el área agrícola como estimulador vegetal, por lo que el contacto con la empresa permitió posteriormente validar proyecciones en cuanto a la aplicación del material en esta área.

Posterior a la visita, enviaron generosamente una muestra de quitosano a Santiago, la cual fue utilizada en la experimentación y posteriormente, en el desarrollo del material.

Por otra parte, se tomó contacto con Gelymar, empresa nacional especializada en la producción de hidrocoloides como el alginato. Ésto, con el objetivo de obtener la materia prima de origen local al igual que el quitosano, ya que a pesar de que ésta puede ser encontrada en tiendas de insumos de cocina, muchas veces su origen proviene de países extranjeros. La empresa proveyó una muestra de la materia prima obtenida a partir del alga Huiro negro *Lessonia spicata*, generalmente referida como *Lessonia nigrescens*, la cual fue utilizada para el desarrollo del material.



Fig. 15
Visita a planta Crustanic
Registro propio



Fig. 16
Visita a planta Crustanic
Registro propio

02 . INVESTIGADORES

Materiom, Labva, LABEN Chile

En paralelo, la investigación requirió tomar contacto con personas e instituciones ligadas a la biofabricación en pos de profundizar el conocimiento en torno a metodologías de fabricación de nuevas materialidades y el proceso ligado a los componentes de cada material.

Entre ellas destaca Pilar Bolumburu, investigadora perteneciente a Materiom, plataforma online que contiene una biblioteca de materiales abiertos en la cual colaboran personas de diferentes partes del mundo con “recetas” que utilizan insumos de fácil acceso y principios de “life-friendly chemistry”, es decir, técnicas químicas amigables con la vida, para que los materiales resultantes no sean perjudiciales para los sistemas naturales. La reunión online con ella permitió conocer el funcionamiento de la plataforma, el objetivo de ésta en torno a la colaboración y también comprender la importancia de impulsar la utilización de recursos locales.

A su vez, se tomó contacto con el Laboratorio de biomateriales de Valdivia (LABVA) quienes trabajan con recursos locales en la fabricación de materiales y buscan generar nuevas economías en la zona a través de la autogestión y la difusión en código abierto. Se agendó una reunión online con Alejandro Weiss, la cual permitió acceder a mayor

conocimiento en temas de procesos de extracción artesanal y de bajo costo de distintos polisacáridos como el Agar, Gelatinas y Almidones.

Posteriormente se contactó a Carol López de Dicastillo, investigadora del Laboratorio de envases de la Universidad de Santiago, especialista en polímeros biodegradables para su potencial uso en alimentos. Se agendó una visita al laboratorio durante el mes de enero de 2020, teniendo como resultado la posibilidad de obtener ayuda por parte del laboratorio en el desarrollo del material, sin embargo esto no fue posible debido al contexto de pandemia en el cual se vio envuelto el proyecto los meses posteriores.

03. TALLERES Y SEMINARIOS

CORMA, Fundación COPEC, FabLab U. de Chile

Se tuvo la oportunidad de asistir a seminarios y talleres que complementaron la investigación tal como “El rol del diseño e innovación en la sustentabilidad”, organizado por CORMA durante la semana de la madera 2019 en donde se presentaron diferentes expositores. Además se dieron a conocer fondos para financiamiento por parte de CORFO, enfocados principalmente en sostenibilidad.

Así mismo, se asistió al “XV Seminario Internacional de Materiales Avanzados: Tecnologías de Vanguardia” organizado por Fundación Copec, encuentro en donde se dieron a conocer las nuevas tecnologías asociadas a la ciencia de los materiales, además de charlas de expertos nacionales e internacionales, entre ellos, investigadores del MIT.

Finalmente, se participó en el taller de biofabricación organizado por Fablab de la Universidad de Chile en el cual se entregó información sobre los componentes de un biomaterial, tal como biopolímeros, plastificantes y entrecruzantes, y se desarrollaron materiales con residuos que fueron llevados por los propios asistentes, tal como cáscara de frutas, aserrín, residuos de café, entre otros.

A pesar de que no se trabajó con la materia prima con la cual se desarrolla este proyecto, el taller aportó con nuevos conocimientos para la fabricación material.



Fig. 17
Workshop biofabricación U. de Chile
Registro propio



Fig. 18
Proceso de fabricación material
Registro propio



VI. DESARROLLO MATERIAL

01 . DESARROLLO EXPERIMENTAL

Materiales y métodos

El objetivo de esta fase de investigación fue el desarrollo de un material hecho a partir de residuos e insumos de la industria local, teniendo en cuenta ciertas características esperables tales como formato laminar, flexibilidad, elasticidad, resistencia al agua, resistencia al calor.

La experimentación se desarrolló de manera autónoma debido a las condiciones mencionadas anteriormente, para ello fue necesario destinar un lugar de trabajo específico, el que fue acondicionado para trabajar en la elaboración del material tomando en cuenta utensilios e implementos, así como medidas de limpieza. A pesar de que el lugar óptimo para poder trabajar este tipo de materiales sería en un laboratorio, ya que ofrece un espacio con condiciones controladas, el contexto brindó una gran oportunidad para profundizar en métodos de fabricación enfocados en la autoproducción.

El proceso se caracterizó por la experimentación, la observación e iteración según los hallazgos encontrados a partir de cada experimento. Además, fue sumamente importante el apoyo bibliográfico, por lo que constantemente se recurrió a información de publicaciones y papers que ayudaron a guiar el proyecto.

El desarrollo del material se conformó por tres etapas principales, especificadas en la *fig. 20*.

En primer lugar se realizaron muestras que permitieron conocer la materia prima con la que se estaba trabajando y para ello, se emplearon procedimientos efectuados previamente por otros investigadores.

En una segunda etapa, y de acuerdo a los resultados registrados, se fabricaron nuevas muestras utilizando insumos complementarios que potenciaron las características del material. En el proceso, se evaluaron diferentes variables para determinar cual influía de manera positiva. Posteriormente, en la tercera etapa se elaboró una última serie de muestras que establecieron la secuencia en que debía ser fabricado el material final tomando en cuenta todos los insumos necesarios.

A continuación, se detalla el proceso de fabricación de las muestras más relevantes de manera general, para así facilitar el entendimiento de la experimentación. Adicionalmente, cada muestra posee una ficha con datos técnicos del proceso la cual se puede encontrar en el siguiente enlace: <https://bit.ly/37LyNeW>

Cada una de ellas contiene variables específicas tales como temperatura, tiempo de mezclado y secado, especificación de cantidades de cada solución, entre otras.

Implementos

Fig. 19
Implementos de fabricación material
Elaboración propia



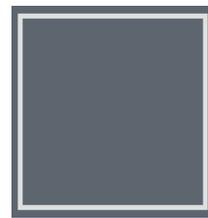
Termómetro digital



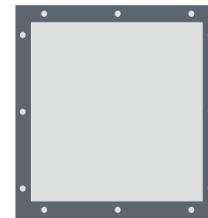
Pinzas



Pesa gramera



Placa metálica



Placa de acrílico



Mezclador eléctrico



Deshidratadora



Espátula de silicona



Jeringa



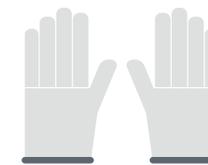
Placa de Petri



Frascos herméticos



Vaso medidor



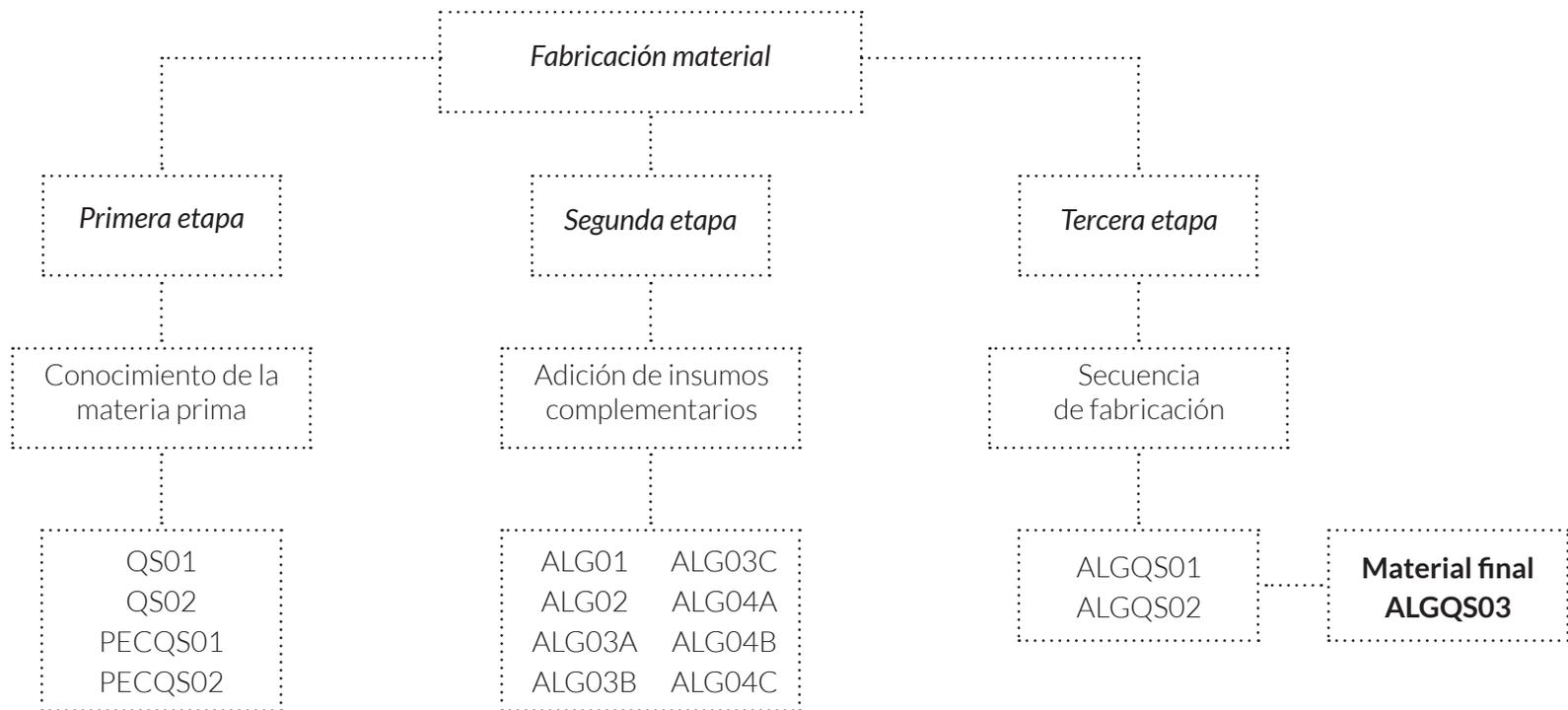
Guantes



Lentes de protección

Etapas de elaboración

Fig. 20
Etapas de fabricación material
Elaboración propia





QS01



QS02



PECQS01



PECQS02



ALG01



ALG02



ALG03A



ALG03B



ALG03C



ALG04A



ALG04B



ALG04C



ALGQS01



ALGQS02



ALGQS03

02 . PRIMERA ETAPA

Muestra QS01 (quitosano)

Procedimiento:

La primera etapa de experimentación se centró en conocer la materia prima y su comportamiento. Para ello, se vertió una pequeña cantidad de solución de quitosano en una placa de petri, formando una película. Se dejó secar en deshidratadora por 4 horas y posteriormente se procedió a despegar la muestra cuidadosamente con un pinza.

Observaciones:

La película es delgada y quebradiza, por lo que al intentar despegarla de la placa se rompe fácilmente. Se observa que es necesario utilizar algún aditivo que le entregue mayor flexibilidad a la muestra.



Fig. 21
Muestra QS01

Materiales:

- Solución de quitosano al 2,5%
- Deshidratadora
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa



Fig. 22
Muestra QS02

Materiales:

- Solución de quitosano al 2,5%
- Glicerina
- Deshidratadora
- Placas metálicas 10x10 cm
- Pesa gramera
- Jeringa
- Mezclador eléctrico

Muestra QS02 (quitosano + glicerina)**Procedimiento:**

El objetivo de esta experimentación fue encontrar la proporción adecuada que permitiera mayor elasticidad a las películas de quitosano. Para ello, se realizaron tres muestras de quitosano a las cuales se les agregó glicerina en diferentes concentraciones. Se mezclaron las soluciones con mezclador eléctrico y luego se colocaron en frascos de vidrio para dejarlas reposar por una hora a temperatura ambiente. Posterior al tiempo, se vaciaron en placas metálicas y luego se colocaron en la deshidratadora por 1 hora.

Observaciones:

Las muestras toman color amarillo. Al consultar bibliografía, se concluye que es debido a que fueron secadas a alta temperatura. Las muestras con menor porcentaje de glicerina no logran ser despegadas de la placa con facilidad y se quiebran rápidamente, mientras que la muestra con mayor porcentaje de glicerina si se logra despegar y presenta una superficie uniforme y flexible. La muestra es aún muy débil al tacto, por ello se observa que es necesario agregar otro componente que le entregue mayor resistencia.

Muestra PECQS01 (pectina + quitosano)

Procedimiento:

En base a investigaciones previas que involucran la utilización de pectina y quitosano (Ling, 2018) se decidió realizar pruebas con ambos insumos al observar resultados positivos. Para ello se realizó una muestra en base a agua, glicerina y pectina, componentes que fueron mezclados hasta formar una solución sin grumos.

Es importante recalcar que para que la pectina se disuelva correctamente, el agua debe ser calentada de manera previa. Posteriormente se dejó enfriar y luego se agregó la solución de quitosano según el procedimiento descrito. Finalmente, la mezcla fue vaciada, distribuida en una placa metálica y se dejó secar en la deshidratadora por dos horas.

Observaciones:

La mezcla al enfriarse comienza a gelificar, por lo que al colocarla sobre la placa no queda distribuida de manera uniforme. Esto produce que su secado tampoco lo sea y se levantan algunas secciones. Se observa que la cantidad de pectina utilizada podría ser menor.

El resultado es una lámina plástica bastante rígida, pero un poco irregular. Por otra parte, no sufre disminución en su tamaño al secarse.



Fig. 23
Muestra PECQS01

Materiales:

- Solución de quitosano al 2,5%
- Agua
- Pectina
- Glicerina
- Deshidratadora
- Placa metálica 10 x 10 cm
- Pesa gramera
- Jeringa



Fig. 24
Muestra PECQS02

Materiales:

- Solución de quitosano al 2,5%
- Agua
- Pectina
- Glicerina
- Deshidratadora
- Placa metálica 10 x 10 cm
- Pesa gramera
- Jeringa

Muestra PECQS02 (pectina + quitosano)**Procedimiento:**

Tomando en cuenta las observaciones de PECQS01, se decidió realizar una segunda muestra para lograr disminuir la rigidez en la lámina. Para ello se mezcló nuevamente agua, glicerina y pectina, pero en menor cantidad. Luego, se dejó enfriar y se agregó la solución de quitosano.

A diferencia de la muestra PECQS01, la mezcla se mantuvo con una pequeña cantidad de calor para que no perdiera su estado líquido, ya que esto facilitó la uniformidad en el vaciado y la distribución en la placa metálica. Posteriormente, se dejó secar en la deshidratadora por dos horas.

Observaciones:

Se obtiene una lámina más flexible debido a la disminución en la cantidad de pectina utilizada. Además, al verter la mezcla tibia en la placa metálica se logran cubrir todos los bordes, lo que permite que la muestra se seque de manera uniforme. Se observa la aparición de burbujas en la superficie.

Conclusiones de la etapa

A partir de los resultados obtenidos en la primera etapa de experimentación, se observó que las láminas de quitosano no presentaban suficiente firmeza sin aditivos como se esperaba. Se dedujo que era por la baja concentración de quitosano en la solución con la cual se estaba llevando a cabo el proyecto.

A pesar de que la pectina permitía obtener un material más rígido, no se lograba la terminación buscada en cuanto a superficie, además el material presentaba poca resistencia al tener contacto con agua. Por esto, se decidió buscar un nuevo componente que aportara con las características deseadas.

Luego de realizar revisión bibliográfica en torno a diferentes biopolímeros, se eligió trabajar con alginato, ya que según investigaciones anteriores (Rhim, 2004; Pavlath et al., 1999), el alginato de sodio al tener contacto con iones de calcio puede generar films que presentan resistencia al agua.

03. SEGUNDA ETAPA



Fig. 25
Muestra ALG01

Materiales:

- Solución de alginato al 2,5%
- Cloruro de calcio
- Deshidratadora
- Agua
- Placa metálica 10 x 10 cm
- Pesa gramera
- Jeringa

Muestra ALG01 (alginato + glicerina)

Procedimiento:

Se realizó una muestra de alginato de sodio para conocer su comportamiento y para ello, se obtuvo el recurso en una tienda de insumos de cocina.

Se disolvió una pequeña cantidad del hidrocoloide en agua destilada. Luego, se revolvió con un mezclador eléctrico. Posteriormente, se vertió la mezcla en un frasco de vidrio hermético y se dejó reposar.

Según la bibliografía consultada, la solución debía reposar durante la noche antes de ser utilizada, ya que esto ayudaría a que el alginato se disolviera por completo, pero la mezcla en este caso comenzó a gelificar a los 45 minutos y tomó un color blanco poco usual. En un segundo intento, se utilizó la solución antes del tiempo mencionado, se agregó glicerina y se vertió sobre una placa metálica, rociando solución de cloruro de calcio en ella. Posteriormente la muestra fue lavada con agua destilada y se secó en la deshidratadora.

Observaciones:

El material es blanco, opaco y bastante rígido. Disminuye su espesor durante las primeras horas de secado y su superficie es poco uniforme, se levantan algunas secciones. Luego de consultar bibliografía relacionada al tema se decide rociar la película posterior a su secado.

Muestra ALG02 (alginato + glicerina)

Procedimiento:

A partir de los resultados anteriores, se observó que el alginato utilizado presentaba características poco comunes y además, no cumplía con el objetivo de provenir de origen nacional. Es por esto que se decidió contactar una empresa local que pudiera proveer el insumo, asegurando su origen.

Para la realización de la muestra se disolvió una pequeña cantidad de alginato de sodio en agua destilada, revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. Luego, la solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente.

Al día siguiente, se agregó glicerina a la mezcla y luego se vació en una placa de petri, la cual se dejó secar en la deshidratadora. Posteriormente se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos. Pasado el tiempo, la película fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa con una pinza.

Observaciones:

A diferencia de ALG01, la muestra obtenida es delgada, translúcida y flexible. Posee una superficie similar al plástico.



Fig. 26
Muestra ALG02

Materiales:

- Solución de alginato al 2,5%
- Cloruro de calcio
- Glicerina
- Deshidratadora
- Agua
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa



Fig. 27
Muestra ALGO3A

Materiales:

- Solución de alginato al 2,5%
- Cloruro de calcio
- Glicerina
- Deshidratadora
- Agua
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa

Muestra ALGO3A (alginato + glicerina)

Al comprobar que la nueva muestra de alginato cumplía con los requerimientos, se decidió realizar 3 nuevas muestras de manera simultánea con diferentes concentraciones del componente y sin variaciones en la cantidad de glicerina en pos de observar si este era un factor que influía en su elasticidad.

Procedimiento:

La primera muestra se realizó disolviendo una pequeña cantidad de alginato de sodio en agua destilada, revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. Luego, la solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente.

Al día siguiente, se agregó glicerina a la mezcla y luego se vació en una placa de petri, la cual se dejó secar en la deshidratadora. Posteriormente se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos. Pasado el tiempo, la película fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa con una pinza.

Muestra ALG03B (alginato + glicerina)

Procedimiento:

La segunda muestra se realizó disolviendo mayor cantidad de alginato de sodio en agua destilada que la muestra ALG03A, revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. Luego, la solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente.

Al día siguiente, se agregó glicerina a la mezcla y luego se vació en una placa de petri, la cual se dejó secar en la deshidratadora. Posteriormente se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos. Pasado el tiempo, la película fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa con una pinza.



Fig. 28
Muestra ALG03B

Materiales:

- Solución de alginato al 3,5%
- Cloruro de calcio
- Glicerina
- Deshidratadora
- Agua
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa



Fig. 29
Muestra ALG03C

Materiales:

- Solución de alginato al 4,5%
- Cloruro de calcio
- Glicerina
- Deshidratadora
- Agua
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa

Muestra ALG03C (alginato + glicerina)**Procedimiento:**

La tercera muestra se realizó disolviendo mayor cantidad de alginato de sodio en agua destilada que la muestras anteriores (ALG03A y ALG03B), revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. Luego, la solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente.

Al día siguiente, se agregó glicerina a la mezcla y luego se vació en una placa de petri, la cual se dejó secar en la deshidratadora. Posteriormente se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos. Pasado el tiempo, la película fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa con una pinza.



Fig. 30
Muestras ALG03A, ALG03B y ALG03C
Registro propio

Muestra ALG03A, ALG03B Y ALG03C

Observaciones:

Las muestras presentan diferencias visibles en cuanto a la superficie. La muestra con menor concentración de alginato de sodio (ALG03A) se ve más arrugada y es levemente más delgada que las otras, sin embargo, no presentan variaciones en torno a elasticidad y flexibilidad al manipularlas.

A partir de estas observaciones, se descarta que la concentración de alginato de sodio sea un factor que influya en la elasticidad del material.

Muestra ALG04A (alginato + glicerina)

Según las conclusiones de la experimentación anterior, se procedió a realizar nuevas muestras con el objetivo de observar si la concentración de glicerina era un factor que influía en la elasticidad del material. Para ello, se desarrollaron 3 soluciones con la misma concentración de alginato pero con variaciones en la cantidad de glicerina utilizada en cada una de ellas.

Procedimiento:

Para la realización de la muestra se disolvió una pequeña cantidad de alginato de sodio en agua destilada, revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. Luego, la solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente.

Al día siguiente, se agregó una pequeña cantidad de glicerina a la mezcla y se dejó reposar la solución por 8 horas. Pasado el tiempo, se vertió en una placa de petri, la cual se dejó secar en la deshidratadora durante 4 horas.

Posteriormente se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos. Finalmente, la película fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa con una pinza.



Fig. 31
Muestra ALG04A

Materiales:

- Solución de alginato al 2,5%
- Cloruro de calcio
- Glicerina
- Deshidratadora
- Agua
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa



Fig. 32
Muestra ALGO4B

Materiales:

- Solución de alginato al 2,5%
- Cloruro de calcio
- Glicerina
- Deshidratadora
- Agua
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa

Muestra ALGO4B (alginato + glicerina)**Procedimiento:**

La segunda muestra se realizó disolviendo la misma cantidad de alginato de sodio en agua destilada que la muestra ALGO4A, revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. Luego, la solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente.

Al día siguiente, se agregó una mayor cantidad de glicerina a la mezcla que ALGO4A y se dejó reposar la solución por 8 horas. Pasado el tiempo, se vertió en una placa de petri, la cual se dejó secar en la deshidratadora durante 4 horas. Posteriormente se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos.

Finalmente, la película fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa con una pinza.

Muestra ALG04C (alginato + glicerina)

Procedimiento:

La tercera muestra se realizó disolviendo la misma cantidad de alginato de sodio en agua destilada que las muestras ALG04A y ALG04B, revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. Luego, la solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente.

Al día siguiente, se agregó una mayor cantidad de glicerina a la mezcla que ALG04A y ALG04B, y se dejó reposar la solución por 8 horas. Pasado el tiempo, se vertió en una placa de petri, la cual se dejó secar en la deshidratadora durante 4 horas. Posteriormente, se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos.

Finalmente, la película fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa cuidadosamente con una pinza.



Fig. 33
Muestra ALG04C

Materiales:

- Solución de alginato al 2,5%
- Cloruro de calcio
- Glicerina
- Deshidratadora
- Agua
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa



Fig. 34
Muestras ALG04A, ALG04B y ALG04C
Registro propio

Muestras ALG04A, ALG04B y ALG04C

Observaciones:

A pesar de que las muestras húmedas no presentan diferencias visibles en cuanto a la superficie, a medida que su secado se completa se logran observar variaciones.

La muestra con menor concentración de glicerina (ALG04A) se ve más arrugada a diferencia de la muestra ALG04B y ALG04C, además, al manipular y estirar las muestras se logra comprobar que la variación en la cantidad de glicerina utilizada es un factor que influye en la elasticidad del material.

Se observa que mientras mayor es la cantidad de glicerina utilizada, mayor es su elasticidad, siendo la muestra ALG04C la más elástica.

04. TERCERA ETAPA

Desarrollo material alginato + quitosano

Según las observaciones de las experimentaciones anteriores, se procedió a realizar la última etapa de desarrollo material teniendo en cuenta las concentraciones necesarias de cada insumo, tiempos de mezcla y secado.

El objetivo era conformar un material laminar y flexible a partir de quitosano y alginato, que se complementara de acuerdo a las características brindadas por cada recurso, tales como resistencia al agua, resistencia al calor, posible actividad bactericida y fungicida. Para ello, se realizaron pruebas que consistieron en fabricar el material a partir de la adición de capas en diferente orden de aplicación en pos de evaluar si esto efectuaba alguna diferencia en las muestras resultantes.

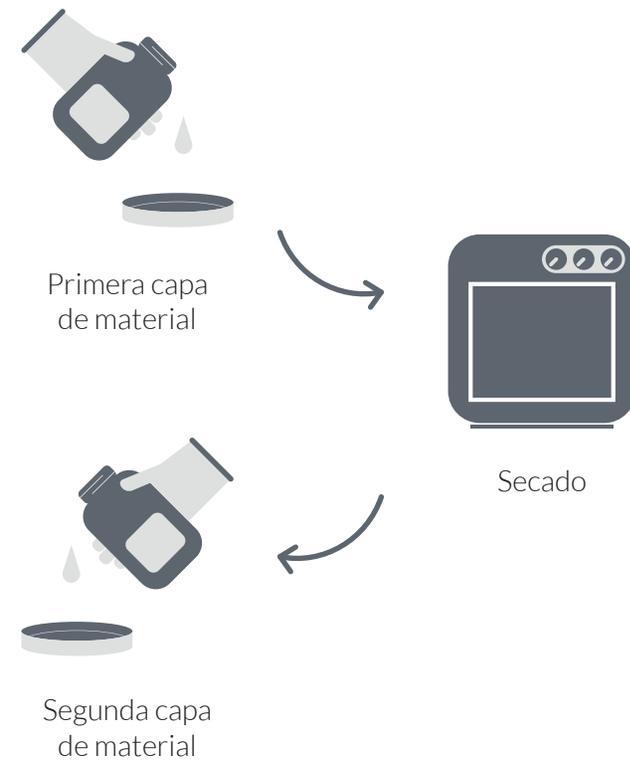


Fig. 35
Secuencia de desarrollo material
Elaboración propia

Muestra ALGQS01 (alginato + quitosano)

Procedimiento:

La muestra se realizó disolviendo una pequeña cantidad de alginato de sodio en agua destilada, revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. Luego, la solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente. Al día siguiente se agregó glicerina a la solución y se dejó reposar por 8 horas, repitiendo el mismo procedimiento con la solución de quitosano. Finalizado el tiempo, se vertió la mezcla de alginato en una placa de petri formando la primera capa del material, la cual secó durante 4 horas en la deshidratadora. Posteriormente, se agregó la solución de quitosano para formar la segunda capa y se secó por 4 horas en la deshidratadora nuevamente. Terminado el tiempo de secado, se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos. Luego, la muestra fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa.

Observaciones:

La muestra presenta bordes definidos, es rígida y quebradiza cuando completa su secado. Su superficie es transparente, sin embargo, se observa un patrón de reacción - difusión por lo que no cumple con las características deseadas.



Fig. 36
Muestra ALGQS01

Materiales:

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| - Solución de alginato 2,5% | - Deshidratadora |
| - Solución de quitosano 2,5% | - Placa de petri |
| - Cloruro de calcio | - Pesa gramera |
| - Agua | - Jeringa |
| - Glicerina | - Mezclador eléctrico |



Fig. 37
Muestra ALGQS02

Materiales:

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| - Solución de alginato 2,5% | - Deshidratadora |
| - Solución de quitosano 2,5% | - Placa de petri |
| - Cloruro de calcio | - Pesa gramera |
| - Agua | - Jeringa |
| - Glicerina | - Mezclador eléctrico |

Muestra ALGQS02 (alginato + quitosano)

Procedimiento:

La segunda muestra se realizó siguiendo el mismo procedimiento de la muestra ALGQS01, sin embargo se invirtió el orden en la aplicación de las soluciones. Es decir, se vertió primero la solución de quitosano para formar la primera capa del material y se secó durante 4 horas en la deshidratadora hasta que la superficie se encontraba seca pero aún adhesiva.

Posteriormente, se agregó la solución de alginato para formar la segunda capa y se secó por 4 horas en la deshidratadora nuevamente. Terminado el tiempo de secado, se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos.

Finalmente, la muestra fue lavada con agua destilada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida de la placa con una pinza.

Observaciones:

A diferencia de ALGQS01, la muestra obtenida es flexible y presenta una superficie lisa. Sin embargo, se observa que sería más conveniente utilizar una placa de un material diferente debido a que la muestra se adhiere bastante al vidrio y esto dificulta el proceso de removerla.

Conclusiones de la etapa

A partir de las observaciones de las muestras anteriores se concluyó que el material debía ser realizado siguiendo el proceso de desarrollo de la muestra ALGQS02 ya que cumplía con las características esperadas en cuanto a flexibilidad y superficie. Además, se observó que era necesario incrementar la elasticidad del material.

Por otro lado, se realizaron pruebas de adherencia del material en diferentes superficies y se diseñó una placa de acrílico con marco removible que facilitó el desarrollo del material, ya que permitió despegarlo sin roturas, y además, entregó la posibilidad de realizar muestras con un formato mayor.

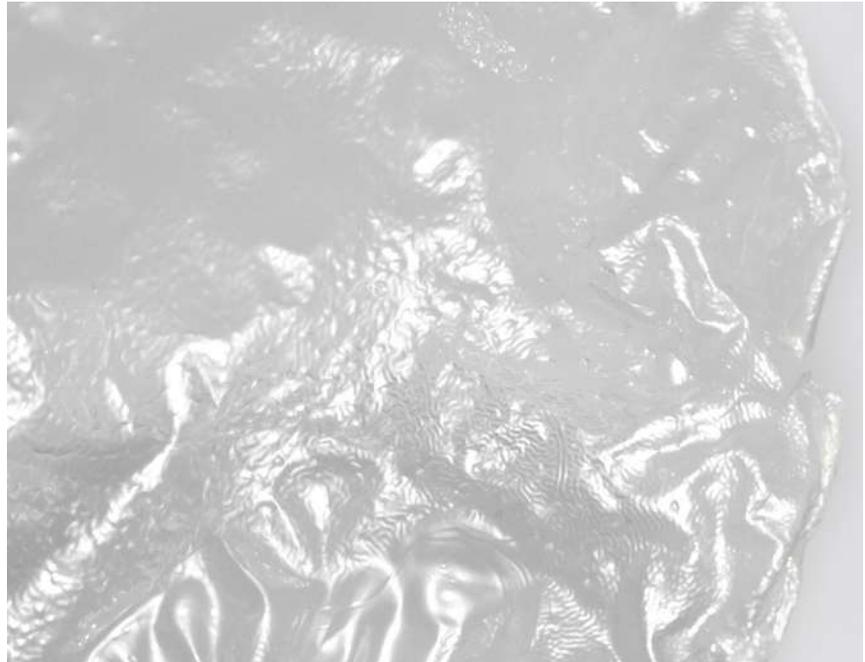


Fig. 38
Detalle de textura muestra ALGQS01
Registro propio



Fig. 39
Placa de acrílico diseñada para el proceso
Registro propio



Fig. 40
Placa de acrílico diseñada para el proceso
Registro propio



Fig. 41, 42, 43, 44 y 45
Proceso de desarrollo material
Registro propio



Fig. 46, 47 y 48
Proceso de desarrollo material
Registro propio

05. MATERIAL FINAL

Muestra ALGQS03 (alginato + quitosano)

Procedimiento:

Para el desarrollo de la muestra se disolvió una pequeña cantidad de alginato de sodio en agua destilada, revolviendo con mezclador eléctrico a alta velocidad durante 15 minutos. La solución se colocó en un frasco de vidrio y se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente. Luego, se agregó mayor cantidad de glicerina a las soluciones (a diferencia de las muestras anteriores), y se dejaron reposar por 8 horas.

Al día siguiente, se colocó la solución de quitosano en una placa de petri formando la primera capa del material, la cual secó durante 4 horas en la deshidratadora hasta que la superficie se encontraba seca pero aún adhesiva. Posteriormente, se agregó la solución de alginato para formar la segunda capa y se secó por 4 horas en la deshidratadora nuevamente. Terminado el tiempo de secado, se aplicó solución de cloruro de calcio por 10 minutos. Finalizado este proceso, la muestra fue lavada, se secó nuevamente en la deshidratadora y fue removida.

Observaciones:

El material resultante es flexible y presenta mayor resistencia a la tracción que las muestras anteriores. Su superficie es transparente y suave al tacto, su capa interior se siente un poco adhesiva.



Fig. 49
Muestra ALGQS03

Materiales:

- Solución de alginato 2,5%
- Solución de quitosano 2,5%
- Cloruro de calcio
- Agua
- Glicerina
- Deshidratadora
- Placa de petri
- Pesa gramera
- Jeringa
- Mezclador eléctrico



*Fig. 50
Muestra ALGQS03
Registro propio*



Fig. 51
Muestra ALGQS03 en agua
Registro propio



VII . CARACTERIZACIÓN

01 . CARACTERIZACIÓN TÉCNICA

Resistencia a la tracción

Se concluyó que la muestra **ALGQS03** lograba el objetivo en cuanto al desarrollo material ya que presentaba las características deseadas en torno a flexibilidad, elasticidad, superficie y formato. Tomando en cuenta estas propiedades, se continuó con la metodología planteada y se realizó la caracterización del material con el objetivo de entender sus cualidades, limitaciones y oportunidades. Para ello, se llevaron a cabo una serie de pruebas que permitieron conocer las principales características del material.

La primera prueba se enfocó en comprobar la relación entre la concentración de cloruro de calcio utilizada y la resistencia a la tracción de las muestras. Se realizó una prueba experimental de tracción a partir del procedimiento descrito por Ward & Wyllie (2019) con pequeñas modificaciones.

Para el procedimiento se utilizaron 3 muestras del material ALGQS03 que habían sido desarrolladas con concentraciones diferentes de cloruro de calcio: 3%, 5% y 7% respectivamente. Se cortó una tira de cada una de ellas, con medidas de 1 cm de ancho por 5,5 cm de largo, y adicionalmente se realizó el mismo procedimiento en un trozo de polietileno de baja densidad con el objetivo de tener un punto de comparación con un plástico que es utilizado comúnmente.

En los extremos de cada muestra se pegó una pieza metálica, dejando 3,5 cm libres de biomaterial entre las piezas. A su vez, uno de los extremos fue atado a un hilo, el cual se encontraba amarrado a un fierro de metal, mientras que el otro extremo se dejó con el hilo colgando para poder colocar volúmenes metálicos de diferentes pesos y así poder calcular la resistencia de cada muestra.

A partir de los resultados de la prueba se generaron dos tablas. La tabla A (fig. 52) describe el peso que fue aplicado a cada muestra y se especifica si ésta resistió a la carga, mientras que en la tabla B (fig. 53) se compara cuánto se estira cada muestra según la carga aplicada en la prueba.

Tabla A

Peso	3%	5%	7%	PE
0 grs	Resiste	Resiste	Resiste	Resiste
100 grs	Resiste	Resiste	Resiste	Resiste
231 grs	Resiste	Resiste	Resiste	Resiste
482 grs	Resiste	Resiste	Resiste	Resiste
718 grs	Se corta	Resiste	Resiste	Resiste
950 grs	-	Se corta	Resiste pero luego se corta	Resiste pero luego se corta

*Fig. 52
Tabla A
Elaboración propia*

Tabla B

Peso	3%	5%	7%	PE
0 grs	3,5 cm	3,5 cm	3,5 cm	3,5 cm
100 grs	3,8 cm	3,6 cm	3,5 cm	3,5 cm
231 grs	4 cm	3,8 cm	3,6 cm	3,6 cm
482 grs	4,5 cm	4,1 cm	3,8 cm	3,8 cm
718 grs	-	4,5 cm	4,2 cm	4,2 cm
950 grs	-	-	4,6 cm y se corta	20 cm y se corta

*Fig. 53
Tabla B
Elaboración propia*

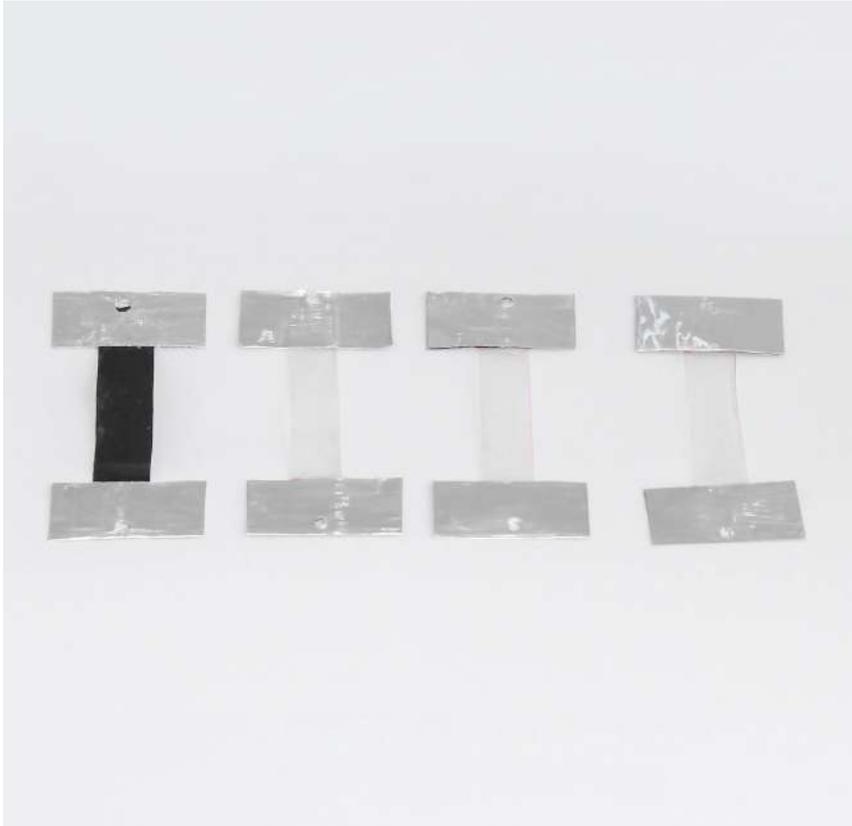


Fig. 54
Muestras preparadas para la prueba de tracción
Registro propio



Fig. 55
Volúmenes metálicos utilizados
Registro propio

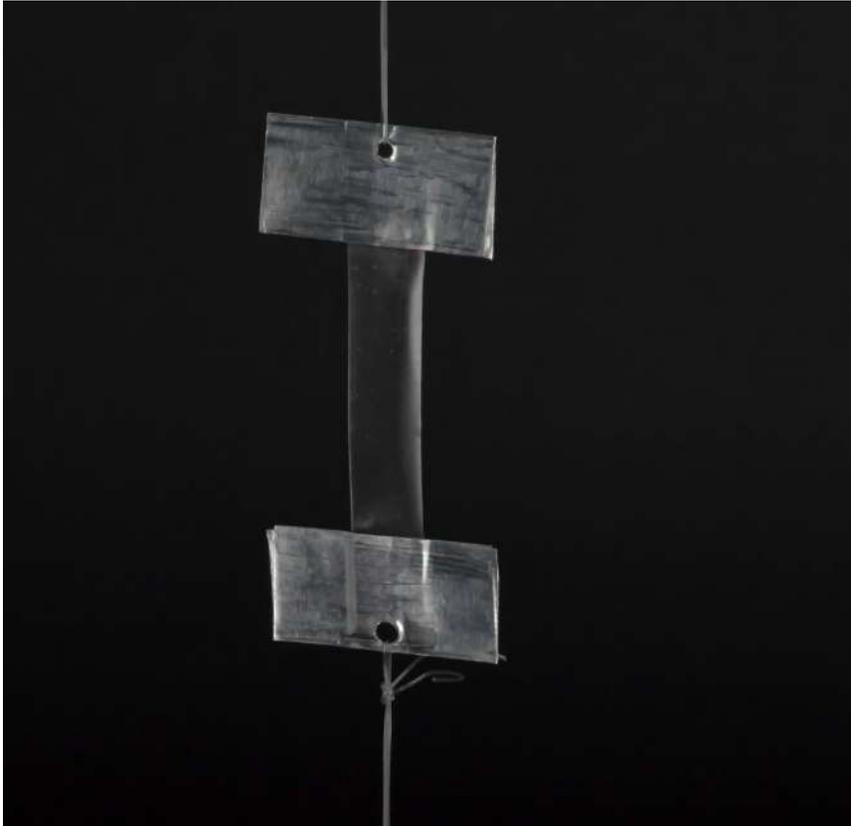


Fig. 56
Detalle de muestra utilizada en la prueba
Registro propio

Conclusiones:

De acuerdo a los resultados, se comprueba que a mayor concentración de cloruro de calcio, mayor es la resistencia a la tracción que presenta la muestra. A su vez, se observa que mientras mayor es la concentración de cloruro de calcio, la muestra se estira en menor cantidad al aplicarle la carga.

La muestra a la cual se le aplicó una solución de cloruro de calcio al 7% presentó una reacción similar a la muestra de bolsa de polietileno, logrando resistir la misma cantidad de peso pero con la diferencia de que la muestra de la bolsa de PE se estira varios centímetros antes de la rotura. Se decidió continuar trabajando con esa concentración ya que entregó resultados óptimos para los objetivos de la investigación material.



Fig. 57
Muestra quemada

Resistencia al calor

Se aplicó calor a la muestra colocando un trozo de ésta cerca de una llama de fuego. Al observar que pasado unos segundos no se derretía, se acercó más hasta quedar en contacto directo con la fuente de calor, sin embargo, la muestra no se derritió ni inflamó. Únicamente, se quemó el borde como se puede visualizar en la fotografía.



Fig. 58
Muestra con tinte

Color

Con el objetivo de comprobar si era posible realizar el material en diferentes tonalidades, se realizó una muestra añadiendo color. Para ello, se utilizó el procedimiento descrito en las muestras anteriores y se incorporó un tinte natural. Éste, fue obtenido a partir del hervor del residuo de cuescos de palta en agua destilada, que posteriormente fue utilizada en el desarrollo. El resultado fue una muestra del material en color burdeo, la cual no tiñe ni deja residuos al tacto. A partir de la prueba, se proyecta la utilización de otros tintes.



Fig. 59
Muestra después de 2 meses en agua

Resistencia al agua

Se sumergió un trozo del material en agua y se observó que, a diferencia de las películas sin recubrimiento de cloruro de calcio, ésta no se disolvió instantáneamente. La muestra se dejó sumergida durante dos meses en los cuales se visualizaron leves cambios, sin embargo, no llegó a disolverse. Según Pavlath et al. (1999) las películas de alginato recubiertas en una solución de cloruro de calcio al 3% pueden mantener su integridad en agua destilada desde 3 semanas a incluso, 5 meses, lo cual puede variar según la concentración de la solución.



Fig. 60
Muestra perforada

Corte y perforado

Se realizaron pruebas de corte con múltiples herramientas y se comprobó que el material puede ser cortado con tijeras, cuchillo cartonero y bisturí de manera rápida y fácil. Además, se realizaron pruebas de perforado con sacabocado de dimensiones de 2, 3 y 4 milímetros de diámetro. Posteriormente se estiro la muestra en la zona perforada para observar como se comportaba el material, el cual no se rompió.



Fig. 61
Muestra cosida

Costura

Se realizó una prueba de costura en pos de ampliar las posibilidades de post proceso del material. Se utilizaron dos trozos de diferente color y se cosieron con máquina de coser, sin complicaciones durante el proceso. A pesar de que el material quedó cosido de manera firme, las puntadas dejaron pequeñas fisuras alargadas que facilitan la rotura en esos puntos ya que no presentan bordes definidos.



Fig. 62
Muestra sellada

Sellado

El material fue sometido a pruebas de sellado con calor utilizando un sellador por impulso con 8 niveles diferentes. El material no se derritió por lo que no se efectuó el sellado. Posteriormente se realizó una nueva prueba de sellado utilizando un proceso experimental, en el cual se pegó el material con la misma solución con la cual había sido desarrollada su capa interior mientras ésta aún se encontraba adhesiva. Luego, se aplicó presión en los bordes con prensas durante el secado. El resultado fue positivo ya que se logró la unión de las láminas.

02. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL

Ficha caracterización sensorial

En conjunto con la caracterización técnica, se realizó una ficha de caracterización sensorial del material, la cual permitió plasmar las cualidades más significativas a través de escalas. Para ello, se tomó como referencia la ficha propuesta en el método MDD.

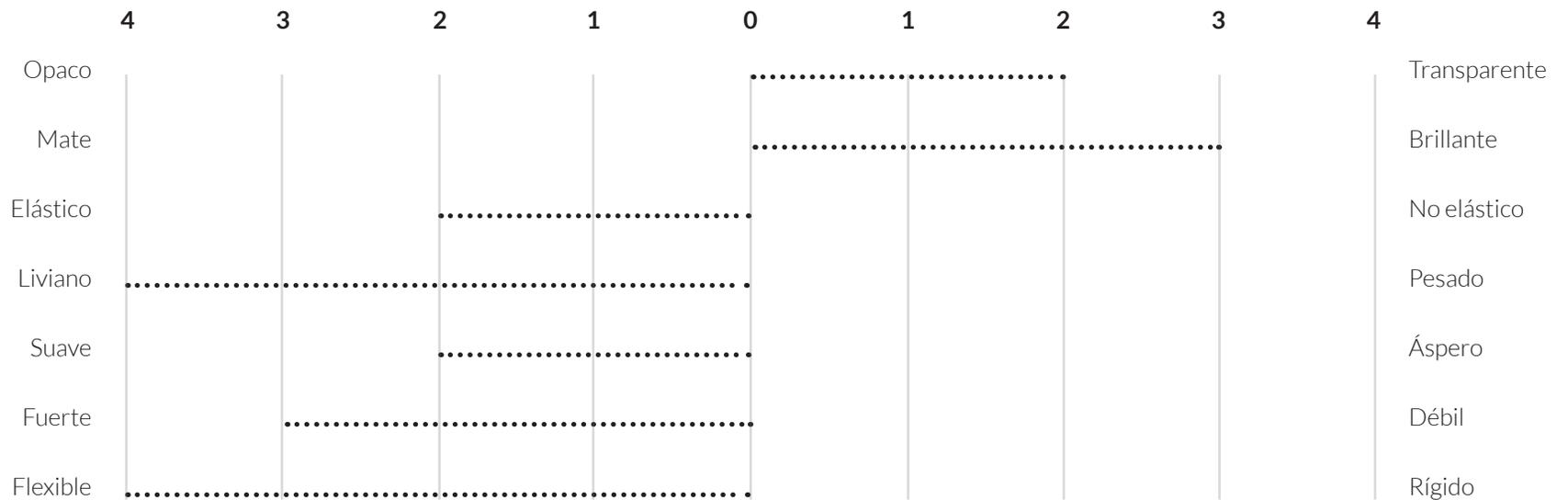


Fig. 63
Ficha caracterización sensorial
Elaboración propia



Fig. 64
Almácigo de tomate
Registro propio



VIII. CONTEXTO DE IMPLEMENTACIÓN

01 . CONTEXTO PROYECTUAL

Agricultura

A partir de la caracterización tanto técnica como sensorial del material, se procedió a visualizar posibles contextos de implementación tomando en cuenta las propiedades que presentaba. Se rescató su aspecto similar al plástico, de formato laminar y flexible, el cual podría ser utilizado en reemplazo de diversos plásticos de origen petroquímico que posean características similares, sin embargo, de acuerdo a las propiedades de los recursos utilizados se proyecta como posible contexto de implementación el área de Agricultura ya que el quitosano posee propiedades bactericidas y fungicidas que podrían ser aprovechadas a través del material. Por otro lado, se tomó en cuenta la importancia de esta Industria a nivel local y la cantidad de residuos generados por ella.

Mundialmente se estima que cada año se utilizan de 2-3 millones de toneladas de plásticos, principalmente polietileno en aplicaciones agrícolas. Esto, debido a la viabilidad económica que significa para los agricultores, proporciona mayores cosechas, menos dependencia de herbicidas y pesticidas, una conservación más eficiente del agua, reducción de enfermedades de las plantas y una mejor protección de los productos alimenticios (Narayan, 2017).

En Chile, el sector agrícola y forestal es motor de desarrollo integral. Además presenta un acceso preferencial de productos agrícolas nacionales, siendo aproximadamente un 86% del PIB global, llegando a un 64% de los consumidores del mundo (ODEPA, 2019).

A su vez, el país se posiciona como un gran consumidor de plástico, presentando en el año 2018 un consumo aparente de 1.043.000 toneladas (ASIPLA, 2018), y según cifras de la Asociación de Industriales de Plásticos (2014) el 8% de los productos creados a partir de plástico corresponden a la Agroindustria.

Las aplicaciones de los plásticos en esta área son muy diversas, entre ellas se pueden encontrar agrofílm, redes, packaging, tuberías para riego y drenaje, mallas, cuerdas, maceteros y bolsas de cultivo, entre otros. Las materias primas utilizadas para la producción de estos productos pueden ser divididas en tres grupos principales (Mormile, Stahl & Malinconico, 2017):

1. Polímeros: El polímero más utilizado en la agricultura es el polietileno (PE) y sus derivados. Otros polímeros comunes utilizados para plastificantes son el cloruro de polivinilo (PVC); Polipropileno (PP); Policarbonato (PC).
2. Aditivos: Químicos que se mezclan con el polímero con el fin de modificar las propiedades del producto. Entre ellos se encuentran antioxidantes, estabilizadores UV, biocidas, colorantes, entre otros.
3. Recubrimientos: Son aquellos que se aplican a los productos plásticos para modificar sus propiedades superficiales.

A pesar de los beneficios que puede entregar la utilización de productos plásticos en la Agricultura, su eliminación representa un problema,

ya que actualmente sólo se recicla un pequeño porcentaje de los desechos plásticos, mientras que una gran parte de estos se deja en los campos, enterrados o quemados sin control por los agricultores, liberando sustancias nocivas con las consecuencias negativas asociadas al medio ambiente y posiblemente para la seguridad de los alimentos producidos. (Briassoulis & Degli Innocenti, 2017).

En una encuesta realizada el año 2018 a 549 agricultores nacionales a través del programa “Mejoramiento de la Gestión de Residuos Plásticos en Campos Agrícolas, Zona Rezagada”, arrojó que el 49% de los agricultores queman sus residuos plásticos, ante la ausencia de apoyo en el manejo de éstos. En tanto, un 29%, indicó que segrega los plásticos agrícolas. El 10% de los agricultores los envía a disposición final. El 6% los deja en el predio y el 6% restante realiza otro tipo de manejo.

Además, un sondeo realizado en el año 2016 a 1.004 agricultores de la misma zona arrojó que existe una problemática arraigada y extendida en este sector productivo debido a que por cada temporada de cosecha se generan 36,28 toneladas de residuos de polietileno de alta y baja densidad.

Visita a terreno

Anterior al contexto de la pandemia se tuvo la oportunidad de realizar una visita a terreno en Catemu, en el campo de Andrea Tuczek y su hija Claudia Barkemeyer Tuczek, quienes son productoras orgánicas.

El objetivo era observar la dinámica que se producía en el lugar en torno a los plásticos utilizados en el contexto. Esto, en pos de visualizar posibles aplicaciones del material, el cual se encontraba aún en desarrollo.

A pesar de que la visita no entregó una idea concreta sobre la aplicación, permitió conocer mayor información en torno a los cultivos, las herramientas utilizadas, envasado de los productos, y principalmente, los materiales utilizados en las diferentes tareas que se realizan, lo que aportó positivamente en la posterior selección del contexto de uso del prototipo experimental.



Fig. 65
Visita a terreno
Registro propio

Horticultura

En la horticultura, entendida como “el conjunto de técnicas y conocimientos relativos al cultivo de los huertos y de las huertas” (RAE, 2020) es común el trasplante, proceso en el cual se retira una planta del lugar donde ha estado creciendo a otra ubicación de crecimiento que puede ser tierra o un contenedor más grande.

Algunos cultivos tienen dificultades al ser sembrados directamente en la tierra, es por esto que se colocan en invernaderos y viveros, en bandejas, macetas o bolsas que les permiten desarrollarse en condiciones específicas hasta el momento del trasplante. Este método tiene varias ventajas en comparación a plantar directamente en el suelo, como por ejemplo, mayor densidad y uniformidad del cultivo, prevención de plagas y enfermedades del suelo, crecimiento de las plántulas sin competencia de las malezas, facilitación del uso de semillas caras, entre otros (Santagata, Schettini, Vox, Immirzi, Scarascia Mugnozza & Malinconico, 2017).

Gran parte de los contenedores que son utilizados en este proceso son hechos a partir de materiales derivados del petróleo, como polipropileno y polietileno. A diferencia de las bolsas, las macetas plásticas rígidas pueden ser reutilizadas, sin embargo, las raíces dentro

del contenedor tienden a rodear el perímetro exterior del cepellón, e incluso posterior al trasplante pueden continuar haciéndolo, lo que puede reducir el crecimiento, la salud y la supervivencia de las plantas una vez trasplantadas (Evans & Hensley, 2004).

En este contexto, las macetas y bolsas biodegradables surgen como una alternativa a los contenedores plásticos, ya que por un lado, pueden ser plantadas con la plántula directamente en el suelo, evitando el shock de trasplante y permitiendo un desarrollo natural de las raíces sin la problemática de que estas crezcan en espiral. A su vez, se garantiza la limpieza del campo evitando eliminar macetas, se reduce la mano de obra agrícola, el costo y la contaminación ambiental.

Además, los polisacáridos procedentes de origen marino, como el quitosano y el alginato de sodio, pueden ser utilizados para aplicaciones en macetas ya que son polímeros biodegradables, biocompatibles y no tóxicos ampliamente disponibles y renovables (Santagata et al., 2017).

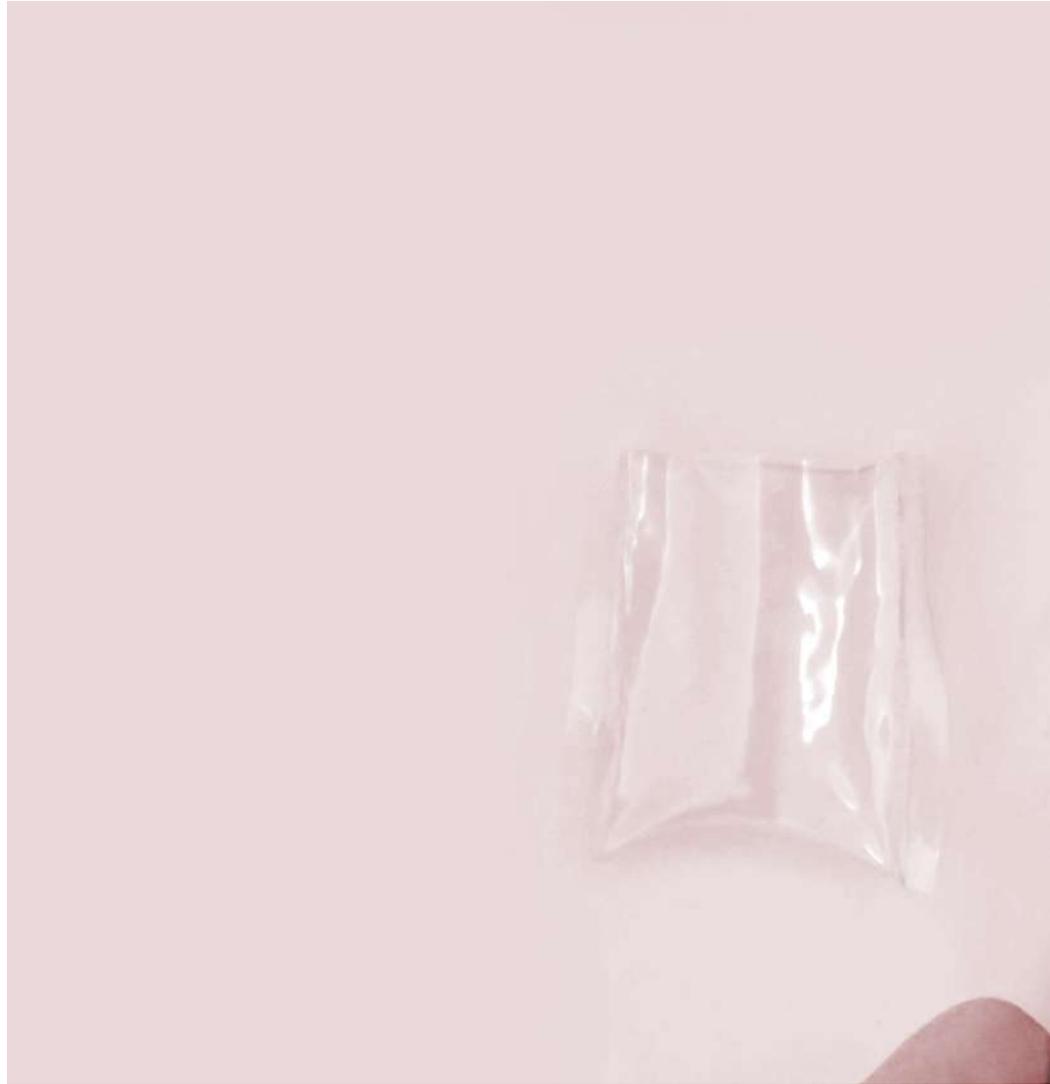


Fig. 66
Prototipos
Registro propio



IX. PROTOTIPOS

01 . PROTOTIPOS

Desarrollo de prototipos

A partir de la información anteriormente planteada, se tomó contacto vía mail con Javiera Chinga, doctora en ecología de la Pontificia Universidad Católica y co fundadora de Propaga Nativas, organización que promueve el cuidado de flora nativa y su propagación, quien respondió algunas preguntas en torno al método de trasplante.

Afirmó que la problemática asociada al proceso se relaciona principalmente a las raíces, ya que al soltar el pan de tierra del macetero, se pueden producir daños. Es por esto que la mayoría de las personas en la práctica prefiere el uso de bolsas, ya que solo es necesario cortarlas, a diferencia de contenedores rígidos. Sin embargo, el uso y posterior desecho de éstas produce gran cantidad de basura.

Además se le consultó por los requerimientos que debería tener un contenedor apto para el cultivo, los cuales se enfocaron en resistencia a la humedad, la filtración y la necesidad de flexibilidad para facilitar el proceso de soltar el pan de tierra.

Tomando en cuenta las características señaladas y las propiedades del material desarrollado, se procedió a realizar un prototipo experimental de bolsa de cultivo a escala. Para ello, se repitió el proceso de la muestra **ALGQS03** y se utilizó una placa de acrílico de 15 x 15 con marco removible.

Posterior al secado del material, se removió cuidadosamente y se cortó para obtener una pieza alargada. Luego, se aplicó solución de quitosano con una jeringa en los bordes de la parte interior del material, se prensó a ambos lados y se secó nuevamente, obteniendo como resultado el prototipo que se muestra en la fig. 68.

En una segunda etapa de prototipado se repitió el proceso de desarrollo anterior, pero se incrementó el volumen de los insumos y se utilizó una placa de acrílico de formato 30x30 con marco removible con el objetivo de observar cómo se comportaba el material en un formato mayor. En esta etapa de prototipado, se obtuvieron dos nuevos prototipos de diferentes dimensiones correspondientes a la fig. 67 y fig. 69.



Fig. 67
Prototipo 3 bolsa de cultivo
Registro propio



Fig. 68 (superior) y fig. 69 (inferior)
Prototipo 1, prototipo 2 bolsa de cultivo
Registro propio



Fig. 70
Prototipos bolsa de cultivo
Registro propio



Fig. 71
Prototipos bolsa de cultivo
Registro propio

02 . TESTEO

Testeo experimental

El objetivo del testeo fue evaluar el comportamiento del material en un contexto de uso, tomando en cuenta factores como clima, riego, y humedad del sustrato contenido por el prototipo.

Para el testeo se decidió utilizar almácigos de tomate debido a que en Chile es una de las principales hortalizas cultivadas en términos de superficie y producción (INIA, 2017).

Se desarrollaron 3 probetas diferentes, cada una compuesta por sustrato y almácigo de tomate. Dos de ellas fueron contenidas por bolsas desarrolladas con el material de dimensiones 10 x 15 cm, mientras que la restante fue contenida por una bolsa de polietileno de dimensiones 8 x 15 cm. Éstas fueron identificadas como M1, M2 y P respectivamente.

Para llevar a cabo el testeo, se tomaron en cuenta los requerimientos generales del “Manual de cultivo de tomate” desarrollado por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), publicado en el año 2017. En el manual, se especifica que el tomate prospera en climas secos y que su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30 grados. En cuanto a luminosidad, el tomate requiere de al menos 6 horas diarias

de luz directa para florecer. Además es necesario que la humedad oscile entre 60% y 80%.

A partir de esta información, las probetas se mantuvieron en el exterior recibiendo luz directa y fueron regadas diariamente.

Si bien el proceso contemplaba la evaluación del material tanto enterrado como al descubierto, debido a que los almácigos aún eran muy pequeños para el proceso de trasplante, se tomó la decisión de realizar el testeo observando el comportamiento del material de la bolsa de cultivo sólo al descubierto, es decir, no enterrada directamente en el suelo.

Para llevar a cabo las mediciones de humedad se adquirió un higrómetro que permitió visualizar los diferentes niveles a partir de su contacto directo con el sustrato. Las mediciones fueron registradas día por medio durante 10 días.

Por otro lado, con el objetivo de evidenciar el comportamiento y respuesta del material en los diferentes objetivos anteriormente especificados se tomaron fotografías de los prototipos.



Fig. 72
Prototipos en uso
Registro propio



Fig. 73 (superior) y fig. 74 (inferior)
Prototipos en uso
Registro propio



Fig. 75, 76, 77, 78, y 79
Respuesta del material al riego
Registro propio

Observaciones y conclusiones

Durante los días de testeo el material se fue comprimiendo levemente a medida que la planta era regada. Además en algunas zonas se fue rigidizando. Por otra parte, la estructura de los prototipos no se rompió ni tampoco sus uniones se vieron afectadas por el agua, lo que es algo positivo ya que significa que pueden resistir la manipulación que conlleva el proceso de cuidado.

En cuanto a la humedad del sustrato de los prototipos, se mantuvo dentro del porcentaje del 70% - 80%, presentando menor humedad que el sustrato contenido en la bolsa de cultivo de polietileno. Por ello, se reconoce la oportunidad de investigar en mayor profundidad el efecto del color del material en el sustrato que contiene. Además, se visualiza que para próximos prototipos funcionales el ancho de la bolsa podría ser aumentado para hacer uso del espacio dentro de ella de manera más eficiente.

Si bien el testeo permitió evaluar en primera instancia el material y su funcionalidad en un contexto de uso determinado, dadas las circunstancias, es necesario en un futuro realizar pruebas más específicas, además de evaluar el comportamiento del material enterrado.

Tabla C

Bolsa PE	M1	M2
100%	90%	87%
98%	84%	82%
84%	75%	73%
88%	78%	75%
90%	80%	79%

Fig. 80
Tabla C
Elaboración propia



Fig. 81
Proceso de desarrollo material
Registro propio



X. PROYECCIONES DE LA INVESTIGACIÓN

01 . PROYECCIONES

Costo

El material ha sido trabajado en una placa de acrílico de dimensiones 34 x 34 cm con marco removible de 2 cm por lado, lo que entrega un formato de 30 x 30 centímetros, con espesor de 0,3 milímetros.

Según los precios de cada insumo, el material laminar con las dimensiones anteriormente señaladas tiene un costo de \$1.741 pesos según el valor del dólar a la fecha, correspondiente a 779 pesos chilenos. A partir de esta lámina se pueden obtener tres bolsas de 10 x 15 centímetros.

Es importante recalcar que el costo varía según los insumos y las cantidades utilizadas, además del espesor deseado. Por ello, se proyecta que a través de la continuidad de la investigación, se podría estudiar la posibilidad de reducir el costo del desarrollo del material aumentando la cantidad de solución de alginato y disminuyendo la cantidad de solución de quitosano sin afectar las características y propiedades de las muestras.

Insumo	Precio	Cantidad
Quitosano	9 dólares	1 Lt. Solución al 2,5%
Alginato	14 dólares	1 Kg.
Glicerina	6.990 pesos	1 Lt.
Agua destilada	1.500 pesos	5 Lt.
Cloruro de calcio	1.990 pesos	100 Grs.

Fig. 82
Tabla de precios
Elaboración propia

Financiamiento y producción

Aplica tu idea

En pos de continuar la investigación y buscar financiamiento para ello, se postuló al concurso Aplica tu idea de Fundación Copec Uc, enfocado en ideas de Investigación y Desarrollo aplicadas que resuelvan un problema o una necesidad en el ámbito de los recursos naturales del país. El objetivo es conseguir financiamiento para la realización del material y posteriores pruebas en un ambiente controlado, además de la asesoría de expertos para el perfeccionamiento de la comunicación del proyecto.

La postulación se realizó en conjunto con Damián Araos y Franco Gnecco, co fundadores de Spectro Studio, estudio emergente que se enfoca en la investigación y desarrollo de biomateriales aplicados al Diseño. Además contó con el apoyo de Crustanic como proveedores de quitosano.

Actualmente el concurso se encuentra en vías de selección de los finalistas, quienes serán anunciados durante el mes de Noviembre. El concurso cuenta con un monto máximo de \$3.000.000

Fondos cultura

Así mismo, se pretende postular el proyecto en el año 2021 a un Fondart en la modalidad de investigación, el cual entrega financiamiento para proyectos que abarcan la investigación sobre técnicas y materiales. Esto, con el objetivo de investigar nuevas aplicaciones del material, tomando en cuenta que posee cualidades que podrían ser aprovechadas en diversas áreas del diseño, además del desarrollo de maquinaria para su realización y posterior implementación de una manera eficaz y eficiente.

Uno de los objetivos de esta postulación es trabajar con un equipo multidisciplinario, integrado por diseñadores, ingenieros y profesionales de áreas relacionadas con ciencias afines a la naturaleza del proyecto como químicos y biólogos.

El fondo cuenta con un monto máximo de \$15.000.000.

Publicación

Finalmente se proyecta la difusión del proyecto a través de plataformas enfocadas en el biodiseño que permitan la publicación de la investigación realizada. Un medio para ello es el desarrollo de papers y artículos de investigación.

En el contexto de biofabricación, Biodesign Working Group y Cumulus, han realizado un llamado recientemente a escribir artículos relacionados a fundamentos del biodiseño en torno a la integración de arte, diseño y biología, los cuales serán publicados en Cumulus Conference Proceedings y en Biodesigned.

La convocatoria se encuentra abierta hasta el 21 de marzo de 2021.

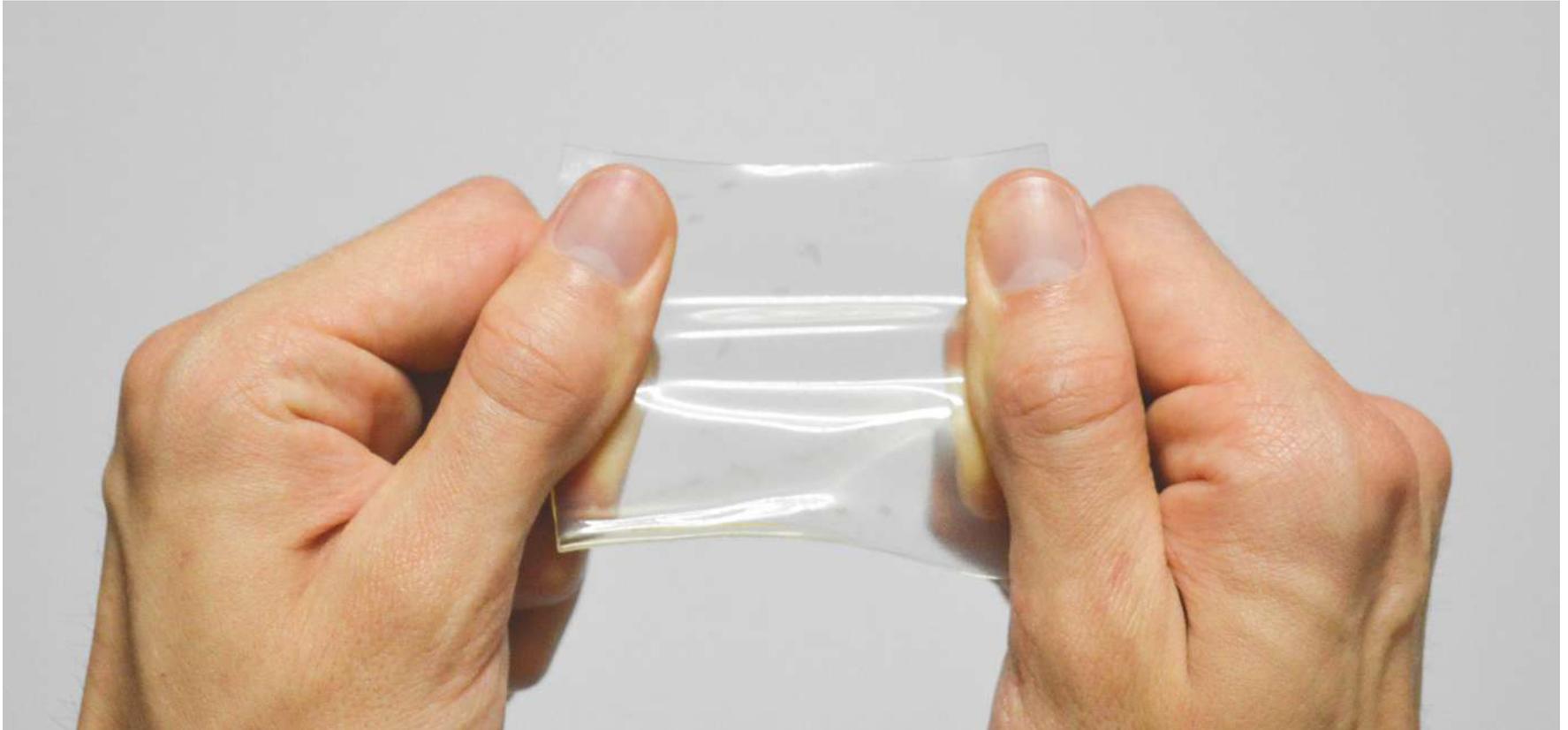


Fig. 83
Material estirado
Registro propio



Fig. 84
Proceso de desarrollo material
Registro propio



XI . CIERRE

01 . CONCLUSIONES

Conclusiones del proyecto

La crisis ambiental a la cual nos enfrentamos como sociedad por la utilización desmedida de recursos es un desafío que requiere avanzar hacia una nueva cultura de sostenibilidad a partir del entendimiento común. Esto implica la comunicación y cooperación entre los diferentes agentes que la conforman, así como la necesidad de repensar los procesos de producción y consumo con un nuevo enfoque en el cuidado del ecosistema.

Cralgeo surgió como un proyecto de investigación enfocado en valorizar residuos y recursos locales a partir del desarrollo material en pos de promover una concepción colaborativa entre la industria y el ecosistema desde la disciplina del Diseño. Desde mi rol como diseñadora logre analizar diversos puntos del proyecto con una mirada global, evaluando el ciclo completo de posibles productos que podían ser elaborados a partir del resultado final de la experimentación, lo que se logró siendo un agente intermediario y partícipe a la vez en el sistema de fabricación.

Esto implicó grandes retos durante el transcurso, tales como adquirir conocimientos que involucraron el estudio y comunicación con diversas disciplinas, además del desarrollo de un sistema que permitiera generar un material y caracterizarlo en contexto de pandemia.

Si bien esta situación en primera instancia se presentó como una problemática, posteriormente se convirtió en un gran proceso de aprendizaje el cual fue transitado con dedicación, perseverancia y rigurosidad en la realización y registro de cada muestra.

Por otro lado, aún cuando el material logró un desempeño positivo según los objetivos planteados, se reconoce la necesidad de responder nuevas interrogantes a futuro, realizando pruebas de mayor exactitud en cuanto a su fabricación y caracterización, así como también en torno al impacto que éste pueda tener ambientalmente.

El material resultante busca ser utilizado en diversos contextos en los cuales sus propiedades puedan ser potenciadas, y si bien se presenta como una alternativa a materiales existentes, es importante recalcar que su producción debe ser orientada desde la abundancia local y el respeto por el ecosistema.

Finalmente, vale mencionar que el trabajo plasmado en esta memoria aportó a mi progreso tanto a nivel profesional como personal ya que permitió potenciar mis habilidades para enfrentar nuevos desafíos, pero sobre todo, para comprobar que es posible lograr la realización de mis metas.

02 . REFERENCIAS

Ashby, M. F., & Johnson, K. (2013). *Materials and design: the art and science of material selection in product design*. Butterworth-Heinemann.

Asociación Gremial de Industriales del Plástico de Chile ASIPLA. (2014). *Guía para la Elaboración de Estrategias de Gestión de Residuos Plásticos en Chile*. Recuperado de http://www.asipla.cl/wp-content/uploads/2014/10/GUIA_RESIUDOS_PLASTICOS_VF.pdf

Asociación Gremial de Industriales del Plástico de Chile ASIPLA. (2018). *Informe Estadístico Año 2018 y Primer Semestre 2019*. Recuperado de: <http://www.asipla.cl/wp-content/uploads/2019/10/Informe-Estad%C3%ADstico-A%C3%B1o-2018-y-Primer-Semestre-2019-Resumen-Ejecutivo.pdf>

Ayala-Garcia, C., & Rognoli, V. (2017). The New Aesthetic of DIY-Materials. *The Design Journal*, 20(sup1), S375– S389. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352905>

Ben-Nissan, B.(2015). *Discovery and development of marine biomaterials*. In *Functional marine biomaterials* (pp. 3-32). Woodhead Publishing.

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*.

Bramston, D., & Maycroft, N. (2014). *Designing with waste*. In *Materials experience* (pp. 123-133). Butterworth-Heinemann.

Calafat, M. E. (1999). *Materiales Biológicos y Biomateriales*. Retrieved from <http://www.rac.es/ficheros/doc/00330.pdf>

Cauchie, H. M. (2002). Chitin production by arthropods in the hydrosphere. *Hydrobiologia*, 470(1-3), 63-95.

CECTA (2000). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE CAMARONES Y LANGOSTINOS PARA LA OBTENCIÓN DE QUITINA Y/O QUITOSANO Y CONCENTRADOS PROTEICOS RICOS EN PIGMENTOS CAROTENOIDES*. Recuperado de Repositorio digital CORFO Sitio web: <http://repositoriodigital.corfo.cl/handle/11373/5390>

Cervantes, G. (2007). *Ecologia industrial*. Fundació Carles Pi i Sunyer d'Estudis Autonòmics i Locals.

- Cervantes Torre-Marín, G. (2011). Ecología industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales. *Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo*, (6), 58-78.
- CONICYT. (2009). The fishery and aquaculture sectors in Chile Research capabilities and science & technology development areas. 7, 83. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.05.008>
- Dos Santos, L. L. (2017). Natural polymeric biomaterials: Processing and properties.
- Evans MR, Hensley DL (2004) Plant growth in plastic, peat, and processed poultry feather fiber growing containers. *HortScience* 39(5):1012–1014
- FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma.
- Fayemi, P. E., Wanieck, K., Zollfrank, C., Maranzana, N., & Aoussat, A. (2017). Biomimetics: process, tools and practice. *Bioinspiration & Biomimetics*, 12(1), 011002. <https://doi.org/10.1088/1748-3190/12/1/011002>
- Fundación Chile. (2018). Bioproductos Marinos. diciembre 24, 2019, de FCH. Recuperado de: <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/12/oportunidades-para-bioproductos-marinos-coquimbo.pdf>
- Giraldo, J. (2015). Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano. University of Concepción, 1-22.
- Guerrini, S., Borreani, G., & Voojjs, H. (2017). Biodegradable materials in agriculture: case histories and perspectives. In *Soil Degradable Bioplastics for a Sustainable Modern Agriculture* (pp. 35-65). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Guevara Cherit, M., Ordenes Beltrán, L., & Vásquez Núñez, M. I. (2005). Plan de negocios para la implementación de una planta de extracción de alginato en la IV Región.
- Hasnain, M. S., & Nayak, A. K. (Eds.). (2019). *Alginates: versatile polymers in biomedical applications and therapeutics*. CRC Press.
- Helgerud, T., Ga°Serød, O., Fjæreide, T., Andersen, P. O., & Larsen, C. K. (2010). *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents: Alginates*. ed. Almeson.

- Hernández Cocolletzi, H., Águila Almanza, E., Flores Agustín, O., Viveros Nava, E. L., & Ramos Cassellis, E. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y vacío*, 22(3), 57-60.
- Jankilevich, N. (2003). Las cumbres mundiales sobre el ambiente Estocolmo, Río y Johannesburgo 30 años de Historia Ambiental. Buenos Aires.
- Kandachar, P. (2014). Materials and social sustainability. In *Materials Experience* (pp. 91-103). Butterworth-Heinemann.
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Zeeuw van der Laan, A. (2015). Material driven design (MDD): A method to design for material experiences. *International Journal of Design*, 9(2), 35-54.
- Macdonald, A. S. (1998). Developing a qualitative sense. Human factors in consumer products, 175-190.
- Macdonald, A. S. (2002). The Scenario of Sensory Encounter: Cultural Factors in Sensory-Aesthetic Experience. *Pleasure with products: Beyond usability*, 113-123.
- Manzini, E. (1993). La materia de la invención: materiales y proyectos/ La materia dell'invenzione (No. 7.0117.01). Ediciones CEAC.
- Manzini, E., & Bigues, J. (2000). Ecología y democracia: de la injusticia ecológica a la democracia ambiental (Vol.25). Icaria Editorial.
- Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., Aiello, C., Chandler, C., & Gutiérrez, E. (2011). Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. *Revista Tecnocientífica URU*, 1, 53-58.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2013). *The upcycle: Beyond sustainability-designing for abundance*. Macmillan.
- McHugh, D. J. (2002). Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente*. Santiago de Chile.

- Mormile, P., Stahl, N., & Malinconico, M. (2017). The world of plasticulture. In *Soil degradable bioplastics for a sustainable modern agriculture* (pp. 1-21). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Myers, W. (2012). BIO DESIGN, Nature, Science, Creativity. Retrieved from https://www.moma.org/momaorg/shared//pdfs/docs/publication_pdf/3167/BioDesign_PREVIEW.pdf?1349967238
- Narayan, R. (2017). Biodegradable and biobased plastics: An overview. In *Soil Degradable Bioplastics for a Sustainable Modern Agriculture* (pp. 23-34). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lagopati N, Pavlatou EA. (2020). Advanced Applications of Biomaterials Based on Alginic Acid. *American Journal of Biomedical Science & Research*.
- Li, Z., Ramay, H. R., Hauch, K. D., Xiao, D., & Zhang, M. (2005). Chitosan-alginate hybrid scaffolds for bone tissue engineering. *biomaterials*, 26(18), 3919-3928.
- Ling, A. S. (2018). *Design by decay, decay by design* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Oxman, N., Ortiz, C., Gramazio, F., & Kohler, M. (2015). Material ecology. *Computer-Aided Design*, 60(C), 1-2.
- Peters, S. (2014). Sustainable Multipurpose Materials for Design. In *Materials Experience* (pp. 169-179). Butterworth-Heinemann.
- Press, M., & Cooper, R. (2009). *El diseño como experiencia: el papel del diseño y los diseñadores en el siglo XXI*. Gustavo Gili.
- Qin, Y., Zhang, G., & Chen, H. (2020). The Applications of Alginate in Functional Food Products. *J Nutr Food Sci* 3: 013. Henry Publishing Groups Qin Y, et al, 3(1), 100013.
- Ramírez, M. Á., Rodríguez, A. T., Alfonso, L., & Peniche, C. (2010). La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola. *Biotecnología aplicada*, 27(4), 270-276. 14
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., (versión 23.3 en línea). <<https://rae.es/horticultura>> (septiembre de 2020).

- Rhim, J. W. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT-Food science and technology*, 37(3), 323-330.
- Rognoli, V., Bianchini, M., Maffei, S., & Karana, E. (2015). DIY materials. *Materials and Design*, 86, 692–702. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.020>
- Ruiz Geli, E., & Rifkin, J. (2010). *A green new deal : De la geopolítica al govern de la biosfera = from geopolitics to biosphere politics*. Barcelona: Actar.
- Stanton, N. A. (Ed.). (1997). *Human factors in consumer products*. CRC Press.
- Tenenhaus, M., Rennekampff, H. O., & Mulder, G. (2016). Living cell products as wound healing biomaterials: Current and future modalities. In *Wound Healing Biomaterials* (pp. 201-225). Woodhead Publishing.
- Terraza, H. (2009). Manejo de residuos sólidos: Lineamientos para un servicio integral, sustentable e inclusivo (No. IDB-TN-101). Inter-American Development Bank.
- The Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada*. Recuperado de: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf
- Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre. Boletín INIA N°11.
- Velásquez, C. L. (2006). Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances en química*, 1(2), 15-21.
- Velásquez, C. L. (2008). Some potentialities of chitin and chitosan for uses related to agriculture in Latin America. *Revista Científica UDO Agrícola*, 8(1), 1-22.
- Vincent, J. F., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A. K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471-482.
- Ward, A. M., & Wyllie, G. R. (2019). Bioplastics in the General Chemistry Laboratory: Building a Semester-Long Research Experience. *Journal of Chemical Education*, 96(4), 668-676.

Yao, K. (2012). Chitosan-based hydrogels : Functions and applications. Boca Raton: CRC Press.

Zhu, J., Wu, H., & Sun, Q. (2019). Preparation of crosslinked active bilayer film based on chitosan and alginate for regulating ascorbate-glutathione cycle of postharvest cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). *International journal of biological macromolecules*, 130, 584-594.

03 . ANEXOS

Extracto Entrevista a Sebastián Rubio y Patricio Cabrera, empresa Rymar.

03/12/2019

¿Cuál es el objetivo que busca la implementación de la planta?

Sebastián: Nosotros nos gastamos 4 millones mensuales en botar este residuo, entre transporte y vertedero y si es que está la oportunidad de sacar algo, por último que pague eso. Nosotros sabíamos que la inversión era bien grande, pero ya estamos haciendo pruebas para buscarle el lado comercial, poder hacer un volumen para presentar el producto.

Acá nosotros tenemos certificada la pesca por una certificadora internacional, que nos sustenta el recurso por 10 años y yo así le aseguro al cliente que es un producto sustentable. Así nuestra cáscara también viene de un recurso sustentable. Este es el futuro, economía circular, biotecnología, cero residuos y hace rato que viene pero yo creo que con toda la explosión social, que va de la mano de un tema ecológico, las medidas de mitigación están siendo requeridas. El recurso no es muy grande, pero la cuota se encuentra estable hace muchos años y es de las pocas pesquerías que se encuentra en esta situación.

¿Cómo es el proceso productivo del polímero?

Patricio: El proceso en sí tiene varias secuencias, desmineralizado, desproteínizado y desacetilado. Nosotros ahora tenemos una planta piloto en donde estamos validando el proceso que hemos desarrollado. Hoy en día ya tenemos capacidad productiva pero aún no a gran escala. Esta planta está diseñada para hacer como 10 toneladas diarias de cáscara procesada.

El proceso varía cuando la cáscara es de camarón o de centolla porque si la cáscara tiene mayor cantidad de minerales, te afecta en el rendimiento y necesitas mayor cantidad de insumos, y el tiempo de reacción también te afecta. Químicamente requiere más procesos. Mientras menos cantidad de minerales tengas en la cáscara para removerle mejor calidad. No es lo mismo un quitosano de langostino que uno de camarón, tampoco uno de centolla. Cada quitosano tiene diferentes propiedades, porque tienen estructuras diferentes.

Sebastián: La idea es que la cáscara sea una materia prima y tratarla como una materia prima, que no esté sucia, que no se descomponga, mantenerla refrigerada. Porque en la medida que te llega fresca, tu obtienes un quitosano de mejor calidad.

Patricio: Un indicador para nosotros de que estamos haciendo un buen producto es que no queden trazas de quitina, para que quede soluble completamente. Lo que sí hemos pensado dejarlo con un poquito más de pigmento. Pero lo importante es dejarlo sin trazas porque o sino tapa los goteros que se utilizan en la agricultura.

¿Cuales son los principales problemas asociados al residuo?

Sebastián: La cáscara se echa a perder muy rápido y empieza a crear un gas. Prácticamente nos ha pasado que hemos tenido un par de emergencias que hemos tenido guardado el producto en un contenedor, se ha cortado la luz, han pasado dos días y hay que llamar a los bomberos a que echen agua.

Patricio: Lo que pasa es que todos los crustáceos de por sí tienen mucha carga microbiana y mucho nitrógeno, entonces cuando empieza el proceso de fermentación y se empieza a levantar mucho la temperatura, el amoníaco igual es inflamable, entonces la combinación puede incendiar. En los vertederos sucede, nosotros intentamos evitarlas con el proceso.

En cuanto al polímero, también tenemos un problema para validar, dependemos de las universidades y el feedback que nos den porque no tenemos donde hacer análisis. Tenemos que mandar a hacer análisis afuera y eso se demora aproximadamente un mes.

Sebastián: También los hacemos con el INE, ellos son un aporte, pero también es un feedback lento. Porque esto es como cocinar, como una olla gigante. Dependiendo de lo que vayas a preparar, tienes que cocinar. Esto va de la mano de la automatización que les comentaba, que nuestro producto siempre sea de calidad y estandarizado.

¿En qué áreas de implementación quieren enfocar el polímero?

Sebastián: Hoy en día a lo que nos estamos enfocando es el tema de agroinsumos por un tema de implementación de sistema de producción, porque si quieres apuntar a un tema de alimentos o medicamentos necesitas una mayor calidad y mayores certificaciones. Tenemos una batería de productos que están enfocados a la agroindustria, que van desde uso radicular, uso foliar, recubrimiento de frutos, y ahí vamos viendo ciertas combinaciones. También depende mucho de la calidad que uno pueda procesar, porque todo esto se mide por el porcentaje

de desacetilado y el peso molecular. Entonces lo ideal es producir desde un 50% de desacetilado hacia arriba y eso te va indicar la cantidad y la aplicación que tu le puedes dar. Entonces hoy en día como te estaba comentando, principalmente agrícola. Nosotros queremos que los sustratos tengan quitosano, porque el quitosano retiene la humedad y con la escoba que está por la sequía, si tu logras tener un sustrato controlado lo dejas ahí y el quitosano te va a conservar la humedad y aparte te va a hacer una función fúngica y aparte el efecto elicitor en las plantas. Entonces tiene todas estas propiedades que pueden ser aprovechadas.

Otra aplicación es para la remoción de metales pesados. Nosotros lo vendíamos aquí al lado para un campo que tenía espirulina y como es para el mercado orgánico lo utilizaban para flocular. Acuérdate de mí, en esto se va a envolver los remedios. Todo lo que sean polímeros biodegradables se va a utilizar en cosas que sean desechable.

Nosotros no nos queremos meter en el lado sintético aunque sabemos que el quitosano anda muy bien, pero queremos buscar por el lado cero residuos. La idea es tratar de botar agua neutralizada, tenemos

estanques específicos para reutilizar el agua. Otro tema es que la gente tome conciencia de que estos materiales son necesarios y que será la solución a todo lo que viene. La cosa no es llegar y producir nomás, es "cocinar" para lo que necesitas. Tiene tantas características que si lo preparas pensando en su uso será mucho más eficiente. Entonces nosotros queremos buscarle mucho por ahí, por el lado de investigación. Nosotros estamos buscando gente que desarrolle aplicaciones y por eso todo tipo de iniciativas son bienvenidas. También nos interesaría trabajar con estructuras 3D. Mi duda es como preparar el material para imprimirlo. Supongo que tiene que ser con hidrogel.

¿Estarían dispuestos a colaborar en un proyecto de investigación que contemple el desarrollo de un material?

Sebastián: Hoy en día en Latinoamérica es difícil encontrar una planta así, entonces nosotros estamos dispuestos a apoyar, participar, lo que quieras porque andamos buscando utilidad al quitosano. Sabemos que hay un montón, sabemos que afuera lo ocupan. Yo te puedo mandar quitosano preparado.

Preguntas a Javiera Chinga, doctora en ecología de la Pontificia Universidad Católica

02/05/2020

¿Todas las especies nativas necesitan trasplante? Si es que no es así, ¿Qué tipos de especies necesitan trasplante y porqué?

El trasplante, entendido como el paso de una planta de macetero/almacigo a tierra, es un proceso no natural. En teoría ninguna planta lo necesita: estas realizan todo su ciclo de vida en el lugar en que germinan. En propagación, se intenta maximizar el éxito de germinación, razón por la cual se siembra en almacigos y maceteros. Es por esta razón que el trasplante siempre termina siendo necesario.

¿Tienen problemas asociados al método de trasplante? ¿Qué consideraciones son importantes a la hora de realizar este proceso?

El trasplante siempre tiene problemas asociados: es un proceso artificial que afecta principalmente a las raíces. Al realizarlo uno tiene que ser especialmente cuidadoso de no dañar ninguna raíz.

¿Qué tipo de utensilios utilizan actualmente para llevarlo a cabo?

Principalmente palitos de madera.

¿Que hacen con los contenedores que utilizan? (ej: botar, reciclar, reutilizar)

Los maceteros los reutilizamos todos. Cuando es bolsa no se puede reutilizar, por lo que las ocupamos cada vez menos.

Un material hecho a partir de quitosano, un biopolímero con características de biodegradabilidad, biocompatibilidad, atoxicidad, actividad bactericida y fungicida ¿podría ser útil para bolsas de trasplante que puedan ser plantadas directamente en la tierra? ¿Creen que esto ayudaría a evitar posibles daños en las raíces?

Depende de la flexibilidad del material. El proceso más complejo con respecto al daño de raíces es soltar el pan de raíces. La mayoría prefiere bolsas por esto: solo cortas la bolsa y ya. Con maceteros mas firmes es un proceso más complejo, pero el cual preferimos dado que no es ridículamente complejo y produces menos basura. Lo de bactericida y fungicida quizás serviría para la germinación.

De ser así, ¿Qué requisitos debería tener? (en cuanto a por ej: resistencia, humedad, etc)

Debería resistir la humedad, no filtrarla en exceso pero si dejarla pasar (el sustrato es que tiene el principal rol de regular la humedad), ser flexible para facilitar el soltar el pan de tierra.

cralgeo

materia marina

