



BENTOS

Biocerámica de Erizos de Mar

José Pablo Castillo Clericus



Universidad del Desarrollo
Facultad de Diseño

Tesina presentada a la Facultad de Diseño de la
Universidad del Desarrollo para optar al Título
Profesional de Diseñador Gráfico

Autor:

José Pablo Castillo Clericus

Profesoras Guías:

Sra. Alejandra Amenábar Figueroa

Sra. Paulina Contreras Correa

Santiago, Chile, Diciembre, 2023

Bentos

A partir del griego / βένθος benthos / 'fondo del mar'.
m. Biol. Conjunto de organismos que viven en los fondos acuáticos.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA



Dedicatoria

A mi papá, por tu incondicional cariño y paciencia, espero
hayas aprendido de mí como yo de tí.

Gracias por guiarme y cuidarme desde donde estés.



Motivación

La principal inspiración detrás de este proyecto surge de la conjunción de mis pasiones: diseño, deporte y fotografía. Estas fusionadas con un profundo interés en el medio ambiente, los ecosistemas y su fauna me han convertido en alguien que aprecia intensamente la vida al aire libre, la actividad física y la búsqueda de nuevos desafíos.

Además, a lo largo de mi participación en diversas disciplinas deportivas, he llegado a comprender la relevancia que tenemos como seres humanos en la preservación y cuidado de los entornos naturales. Los seres humanos desempeñamos un papel fundamental en diversos ecosistemas.

En un país como Chile, con 6.435 kilómetros de costa, es inevitable no sentir curiosidad por la vida marina y su inmensidad. Es así como mi experiencia en el buceo ha aumentado mi aprecio por este vasto mundo azul. Gracias a esto, he llegado a comprender la importancia de las especies autóctonas de nuestro país y cómo es esencial difundir y promover su relevancia, tanto en el ámbito económico como social, y el papel que desempeñan estas especies en nuestras comunidades locales.

Abstract

This project aims to address the issue of waste generated by the sea urchin industry in our country, while also raising awareness about the potential of viewing design processes as a methodology capable of contributing sustainable cycles to traditional linear production processes. It also seeks to highlight the importance of artisanal fishing in our country and its role in maintaining the balance of underwater ecosystems. Thus, the question arises: Is it feasible to develop a biobased material from the shells and spines discarded by the sea urchin industry in Chile?

Despite the sea urchin industry representing approximately 50% of global exports each year and being considered one of the most prolific in the world, it receives limited attention in Chile. The current focus on environmental issues and the need to explore new economic approaches have led designers to create innovative materials and establish cyclical processes in a context where linear production methods were prevalent. The goal is to contribute to the field of design by developing a biomaterial based on Calcium Carbonate obtained from the waste of this industry, which can be used as a component in various industries.

Keywords: Circular economy, environmental agenda, sea urchin, biomaterial, design.



Índice

01 Intro.	1.1 Introducción 16
02 Marco Teórico	2.1 Economía Circular 20
	2.1.1 Economía Linear y Economía Circular (60s)
	2.1.2 Walter Stahel (70s)
	2.1.3 Ellen MacArthur Foundation (00s)
	2.1.4 Referente: Karün
	2.2 Agenda Medioambiental 28
	2.2.1 ¿Qué es el desarrollo sostenible?
	2.2.2 ODS 14: Vida Submarina
	2.3 Bosques Submarinos 32
	2.3.1 ¿Qué son los Bosques Submarinos?
	2.3.2 Valor de los Bosques Submarinos
03 Erizo de Mar	3.1 Anatomía y Morfología 38
	3.1.1 Anatomía interna
	3.1.2 Linterna de Aristóteles
	3.1.3 Anatomía externa
	3.2 Clasificación 44
	3.2.1 Taxonomía
	3.3 Ecología 46
	3.3.1 Habitat
	3.3.2 Alimentación
	3.3.3 Reproducción
	3.3.4 Rol en Ecosistema
	3.4 Medioambiente 48
	3.4.1 Sobrepesca
	3.4.2 Sobreexplotación
	3.4.2 Sobreexplotación
04 Industria del Erizo	4.1 Contexto 52
	4.1.1 Pesca Artesanal
	4.2 Pesca de Erizos 54
	4.2.1 Recolección
	4.2.2 Procesamiento
	4.3 Chile 58
	4.3.1 Contexto
	4.3.2 Stotz
	4.3.3 Regulaciones
	4.3.4 Mercado
	4.3.5 Región de Magallanes
	4.4 Producción de desechos 64
	4.4.1 Contexto
	4.4.2 Composición

05 Biomateria	5.1 Biomateriales 66
	5.1.1 Definición
	5.1.2 Tipología
	5.1.3 Clasificación
	5.1.4 Estructura
06 Fabricación Digital	6.1 Contexto 76
	6.1.1 Revoluciones Industriales
	6.1.2 Industry 4.0
	6.1.3 Fabricación Digital
	6.1.4 Impresión 3D
07 Ideación	7.1 Planteamiento 86
	7.1.1 Problemática
	7.1.2 Oportunidad de Diseño
	7.1.3 Pregunta de Investigación
	7.2 Objetivos 90
	7.2.1 Objetivo General
	7.2.2 Objetivos Específicos
08 Metodología	8.1 Herramientas Metodológicas 94
	8.1.1 Enfoque
	8.1.2 Tipología
09 Desarrollo	9.1 Etapas 100
	9.1.1 Materia prima
	9.1.2 Biocerámico: Fase 1
	9.1.3 Resultado preliminares
	9.1.4 Biocerámico: Fase 2 (Impresión)
	9.2 Caracterización del Material 106
	9.2.1 Prueba de Solubilidad
	9.2.2 Tolerancia a rayos UV
	9.3 Partes Interesadas 108
	9.3.1 Stakeholders
	9.3.2 Beneficiarios
	9.4 Presupuesto 110
	9.4.1 Plan de Financiamiento
10 Conclusiones	10.1 Aporte de la Investigación 114
	10.1.1 Ambito Cultural
	10.1.2 Ambito Económico
	10.1.3 Ambito Social
	10.1.4 Ambito Personal
11 Referencias	11.1 Bibliografía 118



01



Intro.

1.1 Introducción



La industria de los erizos de mar se enfrenta a una creciente problemática relacionada con la gestión de desechos. A medida que la demanda de este ha ido en aumento, también lo ha hecho la generación de residuos asociados. Los desechos provenientes de la preparación y procesamiento de los erizos, que incluyen caparazones, espinas y otros restos biológicos, plantean un desafío ambiental significativo.

Estos desechos, si no se manejan adecuadamente, pueden tener impactos negativos en los ecosistemas marinos locales, contribuyendo a la contaminación del agua y afectando la salud de la fauna marina. La industria de los erizos de mar enfrenta la tarea crucial de desarrollar prácticas sostenibles y soluciones innovadoras para abordar esta problemática, buscando minimizar su huella ambiental y garantizar la viabilidad a largo plazo de esta actividad económica.

La experimentación con nuevos materiales, especialmente biomateriales, presenta una emocionante oportunidad para impulsar la innovación en diversas industrias. Los biomateriales, derivados de fuentes biológicas renovables, ofrecen un enfoque sostenible y respetuoso con el medio ambiente en comparación con los materiales tradicionales basados en recursos no renovables. Estos materiales pueden abarcar desde polímeros biodegradables hasta compuestos inspirados en la naturaleza, como la seda de araña sintética. La búsqueda y aplicación de biomateriales no solo abren la puerta a soluciones más ecológicas,

sino que también pueden mejorar las propiedades de los productos finales, desde la resistencia hasta la flexibilidad. Este campo emergente no solo representa una oportunidad para abordar desafíos ambientales, sino también para fomentar la creatividad y la eficiencia en la producción, contribuyendo así a un futuro más sostenible e innovador.

La fabricación digital ha adquirido una importancia fundamental en el ámbito del diseño, revolucionando la forma en que concebimos y materializamos ideas. La capacidad de traducir diseños digitales complejos en objetos físicos con precisión milimétrica ha democratizado el proceso creativo, permitiendo a diseñadores explorar límites previamente inalcanzables.

La fabricación digital no solo acelera el tiempo de producción, sino que también facilita la personalización y la optimización de productos de manera eficiente. La impresión 3D, por ejemplo, ha allanado el camino para la creación de prototipos rápidos y la producción a pequeña escala, brindando flexibilidad y agilidad en la iteración de diseños. Este enfoque no solo reduce los residuos y los costos asociados, sino que también inspira la innovación al proporcionar a los diseñadores una plataforma versátil para experimentar y perfeccionar sus conceptos de manera más accesible y sostenible. En la era de la fabricación digital, el diseño se convierte en una expresión dinámica de creatividad respaldada por la eficiencia tecnológica.

02





Marco Teórico

2.1 Economía Circular

2.1.1 Economía Linear y Economía Circular (60s)

Para entender lo que implica una economía circular, primero es necesario comprender lo que es una economía lineal. La economía lineal, también conocida como la economía "tomar-hacer-tirar", es un sistema en el cual se extraen recursos naturales para fabricar productos que, eventualmente, se convierten en residuos o materiales desechados. Esto significa que los productos y las materias primas no se utilizan completamente, y, como su nombre sugiere, los materiales se utilizan de manera lineal, desde la materia prima hasta el residuo (Fundación Ellen MacArthur, 2017).

Como destaca la Fundación Ellen MacArthur, la Revolución Industrial sentó las bases para esta economía, trayendo beneficios como la producción en masa, lo que creó la falsa percepción de que los recursos y la energía eran inagotables. Esto permitió que los países industrializados prosperaran al reemplazar los procesos artesanales tradicionales, la ganadería y la agricultura por procesos mecanizados e industriales, lo que llevó a una rápida urbanización, reestructuración económica y profundos cambios demográficos. El desarrollo global fue posible mediante este modelo, que dependía de la sobreexplotación de recursos finitos para la prosperidad económica y la generación de nuevas tecnologías de producción y productos finales más avanzados. Sin embargo, este tipo de economía tiene varias consecuencias para el medio ambiente y la sociedad:

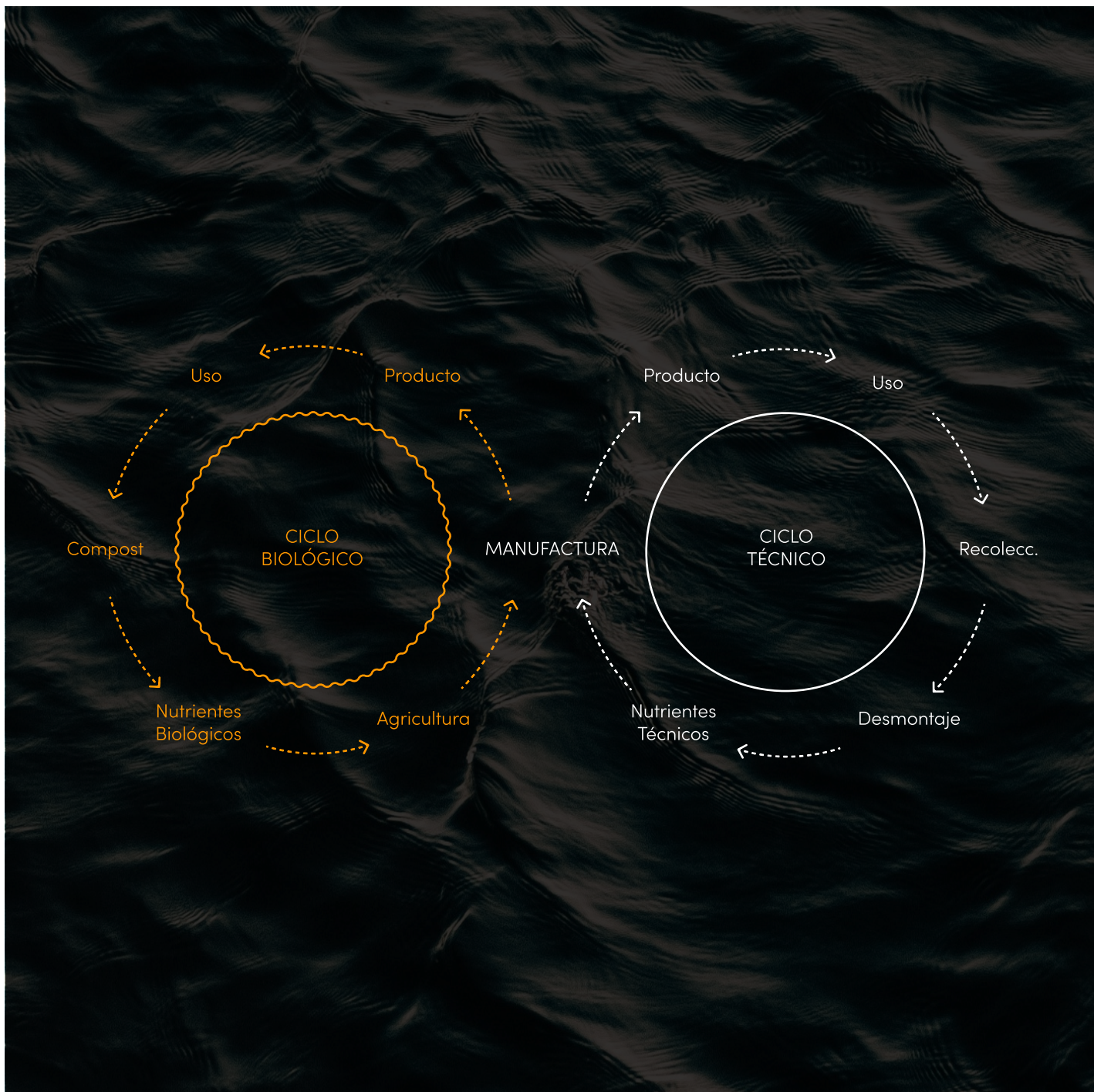
1. Agotamiento de recursos: La economía lineal depende en gran medida de la explotación continua de los recursos naturales, lo que genera una presión excesiva sobre los recursos renovables y el agotamiento de los recursos no renovables.
2. Generación de residuos: Como se ha visto, la economía "tomar-hacer-tirar" produce una cantidad sustancial de residuos como resultado de la extracción de recursos, la producción y el consumo de bienes. Estos residuos terminan en vertederos o se liberan en el ambiente, afectando la tierra, el agua y el aire.

3. Ineficiencia: Este tipo de economía se caracteriza por el uso ineficiente de los recursos, ya que prioriza la producción y el consumo sobre la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente, lo que resulta en el desperdicio de recursos valiosos.
4. Dependencia: La economía lineal depende en gran medida de la extracción de materias primas, lo que puede aumentar la vulnerabilidad en períodos de escasez (Ecoembed, 2018).

Como respuesta a estos problemas, ha surgido el concepto de una economía circular como un enfoque alternativo basado en la reutilización de recursos y centrado en la preservación del medio ambiente y la sostenibilidad económica.

En la década de 1960, el químico Michael Braungart y el arquitecto Bill McDonough introdujeron el concepto "Cuna a Cuna" como una forma de certificación. Esta filosofía de diseño sostiene que todos los materiales involucrados en los procesos industriales y comerciales son nutrientes y se dividen en dos categorías principales: nutrientes biológicos y nutrientes técnicos (Fundación Ellen MacArthur, 2017). Este enfoque se inspira en los sistemas naturales, donde no existe el concepto de residuos; todo se convierte en un recurso o insumo para otro proceso. Se basa en tres conceptos esenciales:

1. Ciclo de nutrientes biológicos: Los nutrientes biológicos deben regresar de manera segura al suelo, y los recursos técnicos deben ser reutilizados en múltiples ocasiones.
2. Uso de energía limpia y renovable: Al igual que los sistemas naturales prosperan con la energía solar, se argumenta que los sistemas humanos también deberían hacerlo. Esto implica la adopción de fuentes de energía limpias y renovables.
3. Diversidad: La diversidad genera resiliencia en los sistemas naturales y, por lo tanto, también debería aplicarse a los sistemas humanos. Se aboga por un enfoque diverso para abordar los desafíos, reconociendo que la variedad de soluciones y perspectivas contribuye a la adaptación y la innovación (Fundación Ellen MacArthur, 2017).

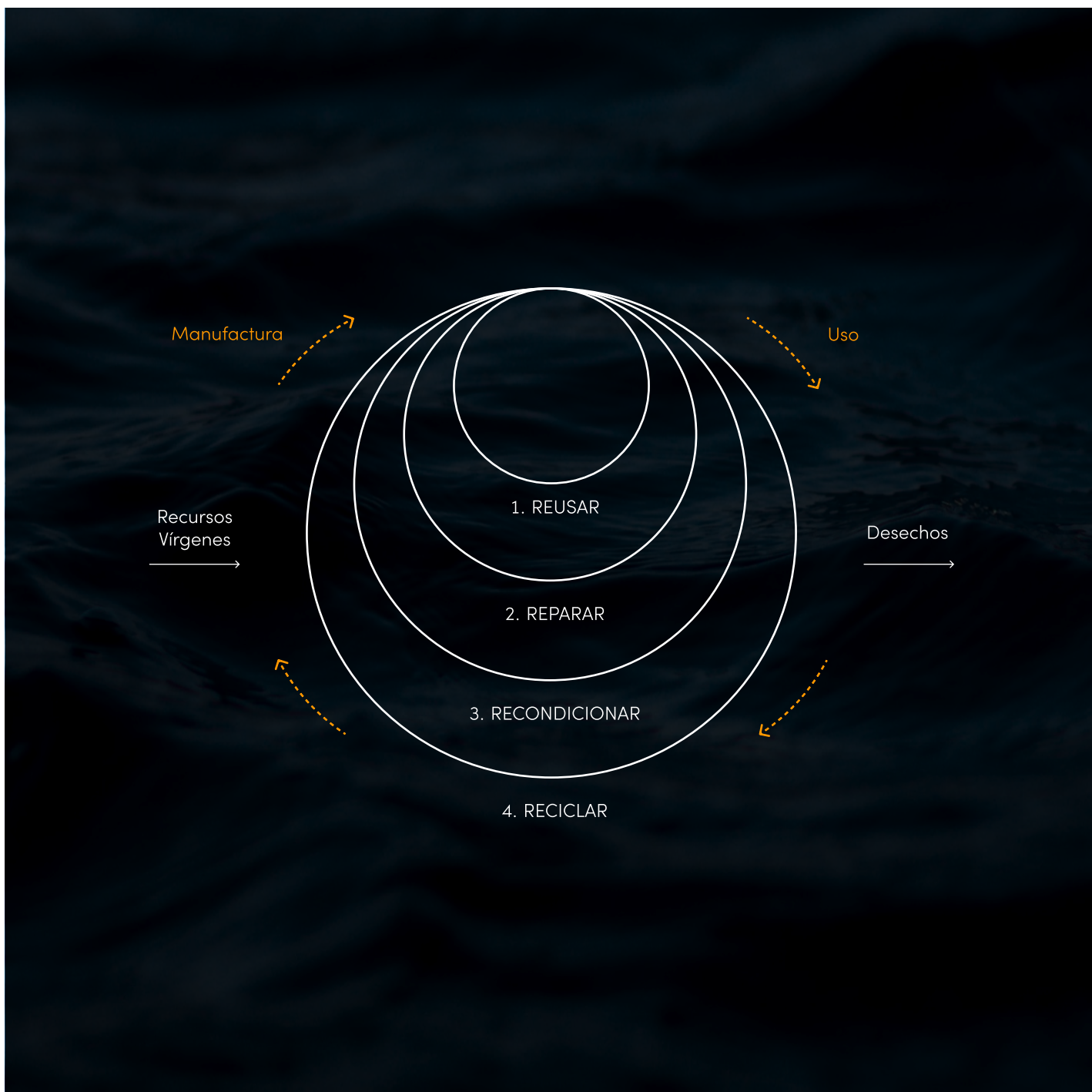


2.1.2 Walter Stahel (70s)

En 1976, Walter Stahel presentó un esquema que delineó el concepto de una economía en constante flujo, que posteriormente se conocería como economía circular. Más tarde, desarrolló el sistema de economía de 'ciclo cerrado' y estableció el Product Life Institute, cuyo objetivo principal era promover una filosofía centrada en cuatro metas fundamentales. Esta filosofía impulsó la venta de servicios en lugar de productos, lo que hoy se denomina 'economía de servicios funcionales' y que actualmente se reconoce como 'economía de rendimiento'. Estas cuatro metas son:

1. Prolongar la vida de los productos: Buscar extender la durabilidad y resistencia de los productos para reducir la necesidad de reemplazos constantes.
2. Productos de larga duración: Fomentar la creación y fabricación de productos diseñados para tener una vida útil considerablemente más extensa, reduciendo la obsolescencia y el desperdicio.
3. Prácticas de reacondicionamiento: Establecer métodos que permitan la renovación y reacondicionamiento de productos existentes, de manera que sigan siendo funcionales y útiles después de su primer período de uso.
4. Prevención de residuos: Adoptar medidas preventivas para minimizar la generación de residuos en todas las etapas del ciclo de vida de un producto, desde la fabricación hasta su disposición final.

Estos objetivos concuerdan con la visión de una economía circular, que busca maximizar el valor de los recursos y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo. (Fundación Ellen MacArthur, 2017).



2.1.3 Ellen MacArthur Foundation (00s)

La economía circular, según la Fundación Ellen MacArthur, se define como un enfoque que busca restaurar y regenerar los recursos a través de su diseño. Se fundamenta en tres principios fundamentales:

1. Eliminación de residuos y contaminación: Muchos productos y envases en el mercado no tienen una vida útil más allá de su consumo inicial, generando residuos que no pueden ser reutilizados, reciclados o compostados. Estos productos incorporan desechos desde su diseño original.
2. Circular productos y materiales: Esto implica mantener los materiales en uso, ya sea como productos finales o al utilizarlos como materia prima o componentes una vez que han cumplido su vida útil. De esta manera, nada se convierte en desecho, y todo tiene un propósito en un ciclo continuo.
3. Regenerar la naturaleza: La economía circular permite la regeneración de la tierra y fomenta la biodiversidad al devolver nutrientes de materiales biodegradables a la Tierra. En contraste, en una economía lineal, la tierra se agota de nutrientes necesarios para producir materias primas.

Un marco de referencia importante para comprender la economía circular es el "diagrama de mariposa" de la Fundación Ellen MacArthur. Este esquema representa el flujo constante de materiales en dos componentes clave: el ciclo biológico (izquierda) y el ciclo técnico (derecha).

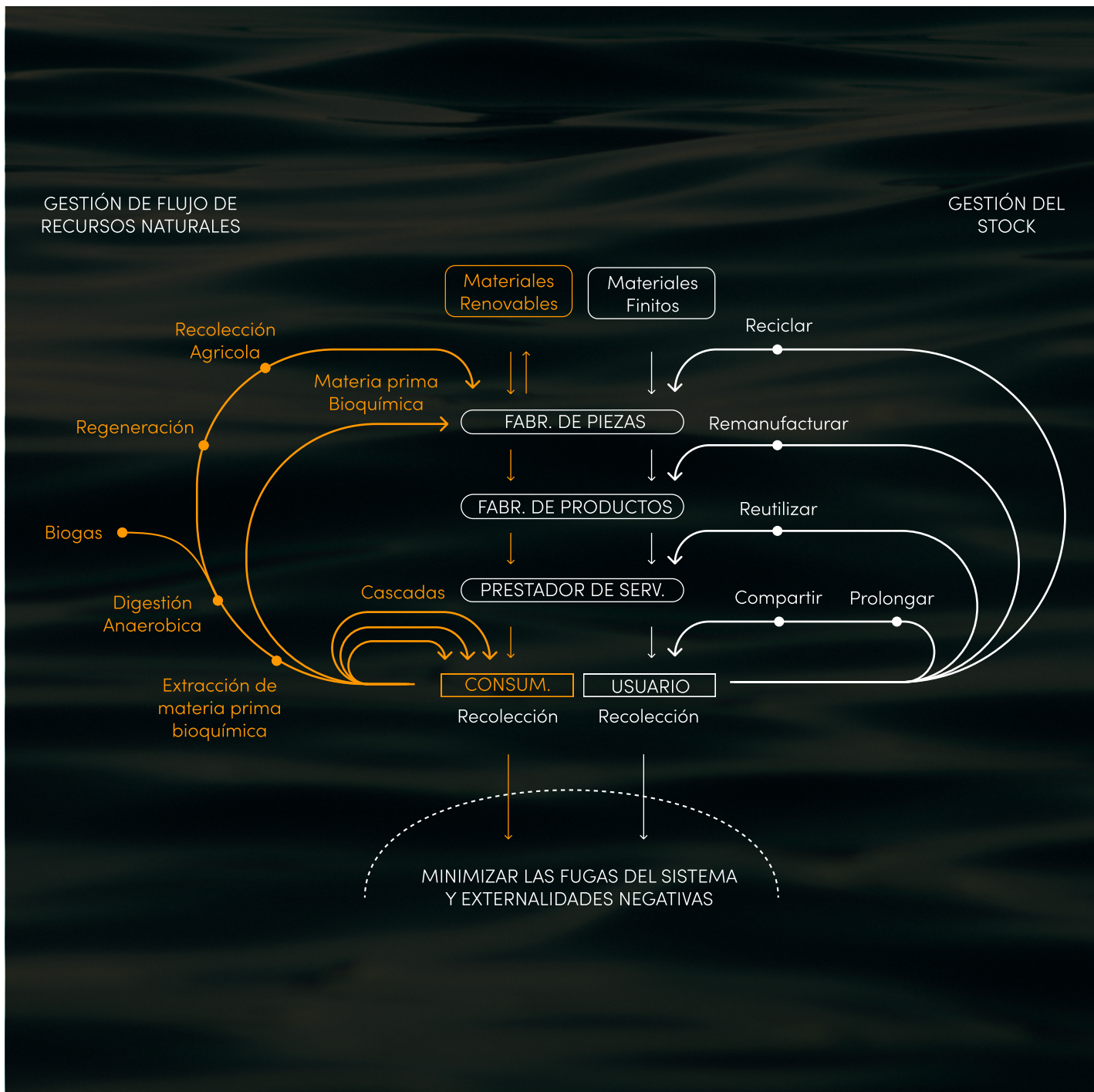
En el ciclo biológico, los nutrientes de materiales biodegradables son devueltos a la Tierra, contribuyendo a la regeneración de la naturaleza y sus procesos biológicos. En el ciclo técnico, los productos y materiales continúan circulando a través de procesos que promueven la reutilización, reparación, remanufactura y reciclaje. (Fundación Ellen MacArthur, 2017).

En relación al ciclo biológico, se pone un énfasis particular en los productos de consumo alimentario que pueden descomponerse de manera natural y enriquecer el suelo con nutrientes. Este enfoque cíclico se basa en una serie de conceptos y acciones resumidos de la siguiente manera:

El principio fundamental se centra en la restauración de la naturaleza a través de prácticas agrícolas que contribuyen a la regeneración de los suelos y la revitalización de la biodiversidad. Se recurre al compostaje y al proceso anaeróbico para mejorar el suelo mediante la utilización de residuos orgánicos, aprovechando además el biogás como fuente de energía sostenible. Se persigue la obtención de materias primas bioquímicas para producir productos químicos de alto valor y bajo volumen. Se aplica el concepto de "cascada" a materiales y productos que circulan dentro del sistema económico, es decir, la creación de nuevos productos a partir de otros materiales y productos ya existentes.

Por otro lado, el ciclo técnico consta de varios bucles que pueden interpretarse de la siguiente manera:

Los bucles internos son aquellos en los que se puede mantener la mayor parte del valor, ya que conservan el producto en su totalidad. Los bucles internos, que incluyen compartir, mantener y reutilizar, tienen prioridad sobre los bucles externos, donde el producto eventualmente se descompone, divide, separa o se reconstruye. Los bucles internos generan ahorros de costos tanto para los consumidores como para las empresas, al aprovechar productos y materiales que ya están en circulación en lugar de fabricar nuevos desde cero. El bucle más externo, el reciclaje, se considera la última opción en una economía circular, ya que implica la pérdida del valor integrado en un producto al reducirlo a sus materiales básicos. (Fundación Ellen MacArthur, 2017).



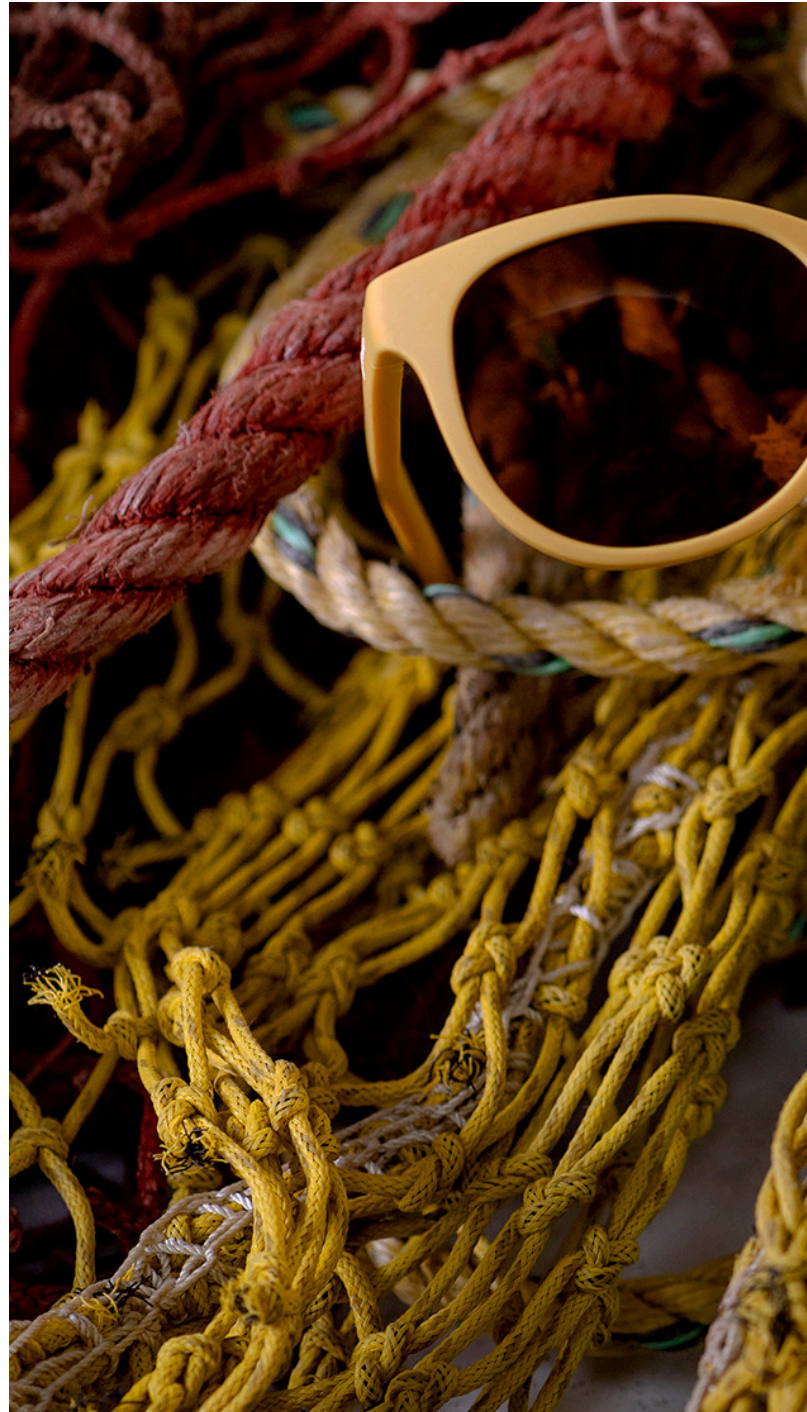
2.1.4 Referente: Karün

Karün fue fundada en 2012 por Thomas Kimber y los hermanos Félix y Matías Smith, con la visión de crear una marca de anteojos de sol que combinara diseño, calidad y sostenibilidad. La empresa ha destacado su compromiso con la economía circular y la utilización de materiales reciclados para reducir su huella ambiental.

Una característica distintiva de Karün es su enfoque en utilizar materiales reciclados, en particular, plástico recuperado de desechos del océano y redes de pesca. La marca busca no solo ofrecer productos de alta calidad, sino también contribuir a la preservación de los ecosistemas marinos y reducir la contaminación plástica. La elección de utilizar plástico recuperado del océano y redes de pesca abandonadas no solo aborda el problema de la contaminación marina, sino que también destaca la importancia de preservar los océanos y fomentar prácticas más sostenibles en la industria de la moda y accesorios.

En cuanto a la colaboración con comunidades indígenas, Karün ha trabajado estrechamente con artesanos de la etnia Mapuche en Chile. Esta colaboración no solo promueve la preservación de la cultura y las tradiciones locales, sino que también brinda apoyo económico a estas comunidades, contribuyendo a un enfoque más inclusivo y responsable en la producción de sus productos.

Además de los aspectos ambientales y sociales, Karün ha buscado crear anteojos de sol con un diseño atractivo y moderno. La combinación de la estética contemporánea con la narrativa sostenible ha ayudado a la marca a ganar reconocimiento tanto a nivel nacional como internacional. (Ladera Sur, 2015).





2.2 Agenda Medioambiental

2.2.1 ¿Qué es el desarrollo sostenible?





El término "desarrollo sostenible" tuvo su origen en el "Informe Brundtland," que fue publicado en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas. Esta comisión estaba encabezada por la Dra. Gro Harlem Brundtland, quien en ese momento ocupaba el cargo de Primera Ministra de Noruega.

El informe de la comisión, titulado "Nuestro Futuro Común," definió el desarrollo sostenible como la siguiente premisa: "el desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (Naciones Unidas, 2023).

Este enfoque reconoció la interconexión entre el crecimiento económico, la preservación del medio ambiente y el bienestar social, identificándolos como los tres pilares esenciales del desarrollo sostenible. Como resultado, el concepto de desarrollo sostenible se convirtió en un elemento fundamental en la política y la planificación a nivel global.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) en 1992 formalizó el concepto de desarrollo sostenible mediante la adopción de una serie de principios conocidos como los Principios de Río. Posteriormente, la Asamblea General de las Naciones Unidas decidió llevar a cabo la conferencia Rio+20, que se centró en dos temas principales: el desarrollo sostenible y la "economía verde en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza."

La noción de una economía verde implicaba un cambio en la forma en que pensamos acerca de nuestros sistemas de producción, alejándonos de enfoques lineales y priorizando la protección del medio ambiente, al mismo tiempo que se reconocían las nuevas oportunidades para el empleo, el desarrollo y el crecimiento económico que esto podría traer. Uno de los resultados más destacados de la conferencia Rio+20 fue el lanzamiento del proyecto de los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible. Esto marcó un importante avance en la promoción del desarrollo sostenible, pasando de ser solo un discurso a convertirse en una guía práctica para la acción y el progreso. (Naciones Unidas, 2023).

2.2.2 ODS 14: Vida Submarina



El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 14 se centra en la preservación y uso sostenible de los océanos, mares y recursos marinos y lleva el nombre de "Vida submarina". Su objetivo principal es salvaguardar la vida marina y los recursos marinos de manera sostenible, para el beneficio de las generaciones presentes y futuras. El ODS 14 aborda diversos aspectos clave, entre los que se incluyen:

1. Conservación de la biodiversidad marina: Promoción de la conservación y gestión sostenible de los ecosistemas marinos y costeros, incluida la protección de áreas marinas y costeras de importancia.
2. Pesca sostenible: Garantizar la gestión sostenible de las poblaciones de peces y otros recursos marinos para prevenir la sobreexplotación y fomentar la pesca responsable.
3. Reducción de la contaminación marina: Implementación de medidas para reducir la contaminación de los océanos, incluyendo la gestión adecuada de desechos plásticos y químicos, así como la prevención de la contaminación del agua.
4. Apoyo a la investigación científica marina: Estimular la investigación y la recopilación de datos sobre los océanos y los ecosistemas marinos para una mejor comprensión de su funcionamiento y su conservación.
5. Protección de ecosistemas costeros: Preservación de manglares, arrecifes de coral y otros ecosistemas costeros fundamentales para la protección de las áreas costeras y la biodiversidad marina.

El ODS 14 forma parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y guarda estrecha relación con otros objetivos, como la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, la salud y el bienestar de las comunidades costeras, y la lucha contra el cambio climático, ya que los océanos desempeñan un papel crucial en la regulación del clima global. La protección de la vida submarina es esencial para preservar la salud de nuestro planeta y el bienestar de las futuras generaciones. (Naciones Unidas, 2023).

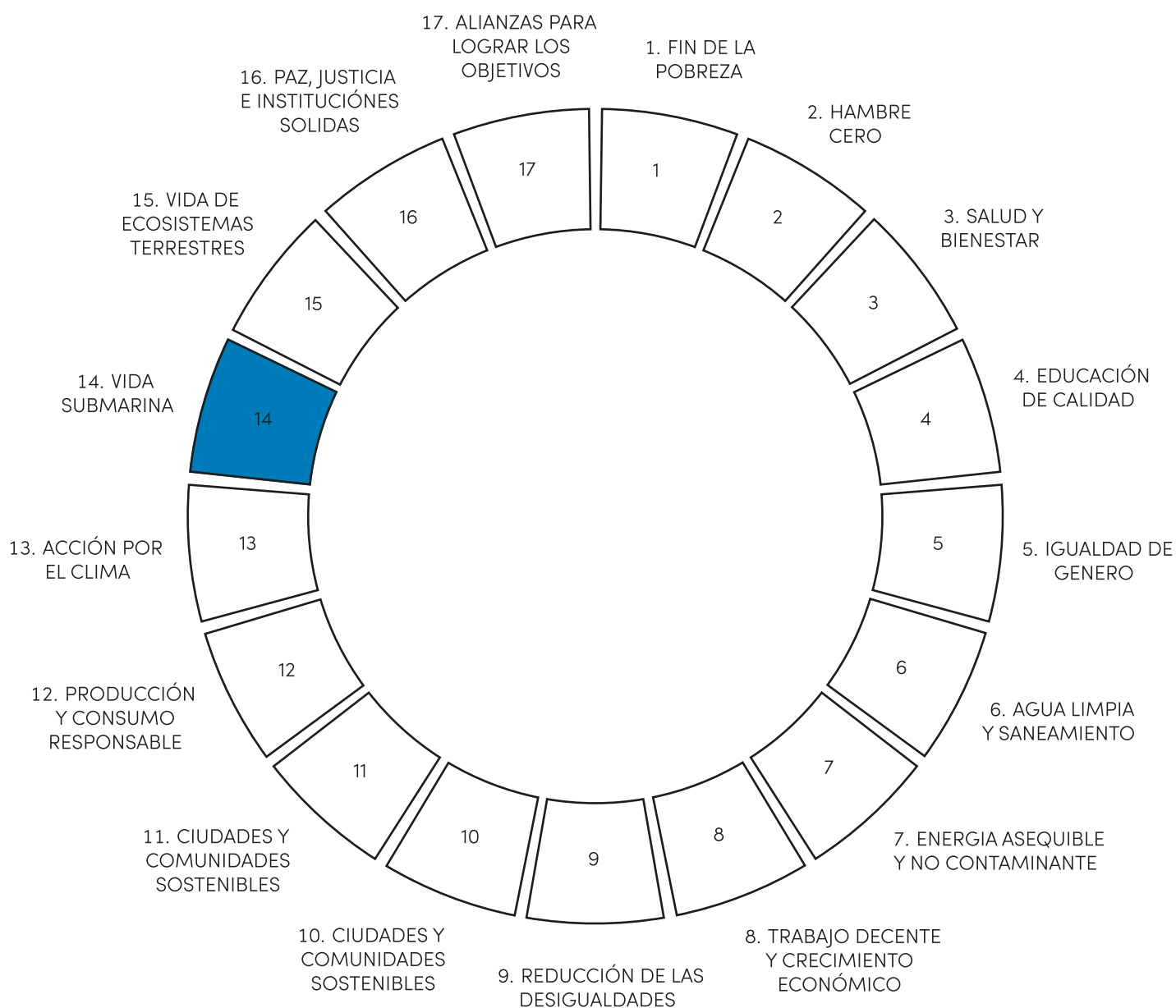


FIGURA: ELABORACIÓN PROPIA, A PARTIR DE NACIONES UNIDAS.

2.3 Bosques Submarinos

2.3.1 ¿Qué son los Bosques Submarinos?

Los bosques de algas kelp son ecosistemas submarinos caracterizados por la preponderancia de extensas algas pardas conocidas como kelp. Estos hábitats se localizan en aguas costeras frías y ricas en nutrientes en todo el mundo, especialmente en zonas de climas templados y subárticos. Los bosques de kelp destacan como algunos de los entornos marinos más fértiles y diversos del planeta, desempeñando un papel esencial en la sustentación de la vida marina y en la preservación de la salud de los ecosistemas costeros. Algunos elementos y componentes fundamentales de los bosques de kelp incluyen:

Kelp: El kelp, una variedad de alga parda, tiene la capacidad de crecer a longitudes impresionantes, alcanzando ocasionalmente más de 30 metros (100 pies) o incluso más. Estas algas se aferran a sustratos rocosos en el lecho marino y utilizan vesículas llenas de gas, llamadas pneumatocistos, para mantener sus hojas cerca de la superficie del agua, donde pueden acceder a la luz solar y llevar a cabo la fotosíntesis.

Biodiversidad: Los bosques de kelp albergan una diversidad de especies marinas, que incluyen peces, invertebrados y otras algas. La compleja estructura tridimensional del kelp proporciona hábitats y refugio para numerosos organismos. Estos bosques son áreas de reproducción y cría para muchas especies de peces, además de ser lugares de alimentación y refugio para otras.

Producción Primaria: El kelp es altamente productivo y se erige como la fuente primaria de alimento y energía para una multitud de organismos dentro del ecosistema. Absorbe nutrientes del agua y convierte la luz solar en energía a través de la fotosíntesis.

Especies Clave: Algunas especies en los bosques de kelp se consideran "especies clave", lo que significa que su presencia tiene un impacto desproporcionadamente significativo en la estructura y función del ecosistema. Por ejemplo, las nutrias marinas son depredadores clave que desempeñan un papel crucial en el control de las poblaciones de erizos de mar. La ausencia de nutrias marinas puede llevar al pastoreo excesivo de kelp por parte de los erizos de mar, lo que resulta en la degradación de todo el ecosistema de kelp. (Stenececk, et. al., 2002).

Uso Humano: Los bosques de kelp también han sido de importancia considerable para las comunidades humanas. A lo largo de la historia, se han cosechado con diversos propósitos, incluyendo el consumo alimentario, la obtención de fertilizantes y su uso en la fabricación de productos como cosméticos y productos farmacéuticos. La adopción de prácticas de cosecha sostenible resulta esencial para asegurar la preservación y longevidad de estos ecosistemas.

Los bosques de kelp afrontan diversas amenazas, que comprenden:

Cambio Climático: El aumento de las temperaturas del mar y las alteraciones en las corrientes oceánicas pueden influir en el crecimiento y la distribución del kelp.

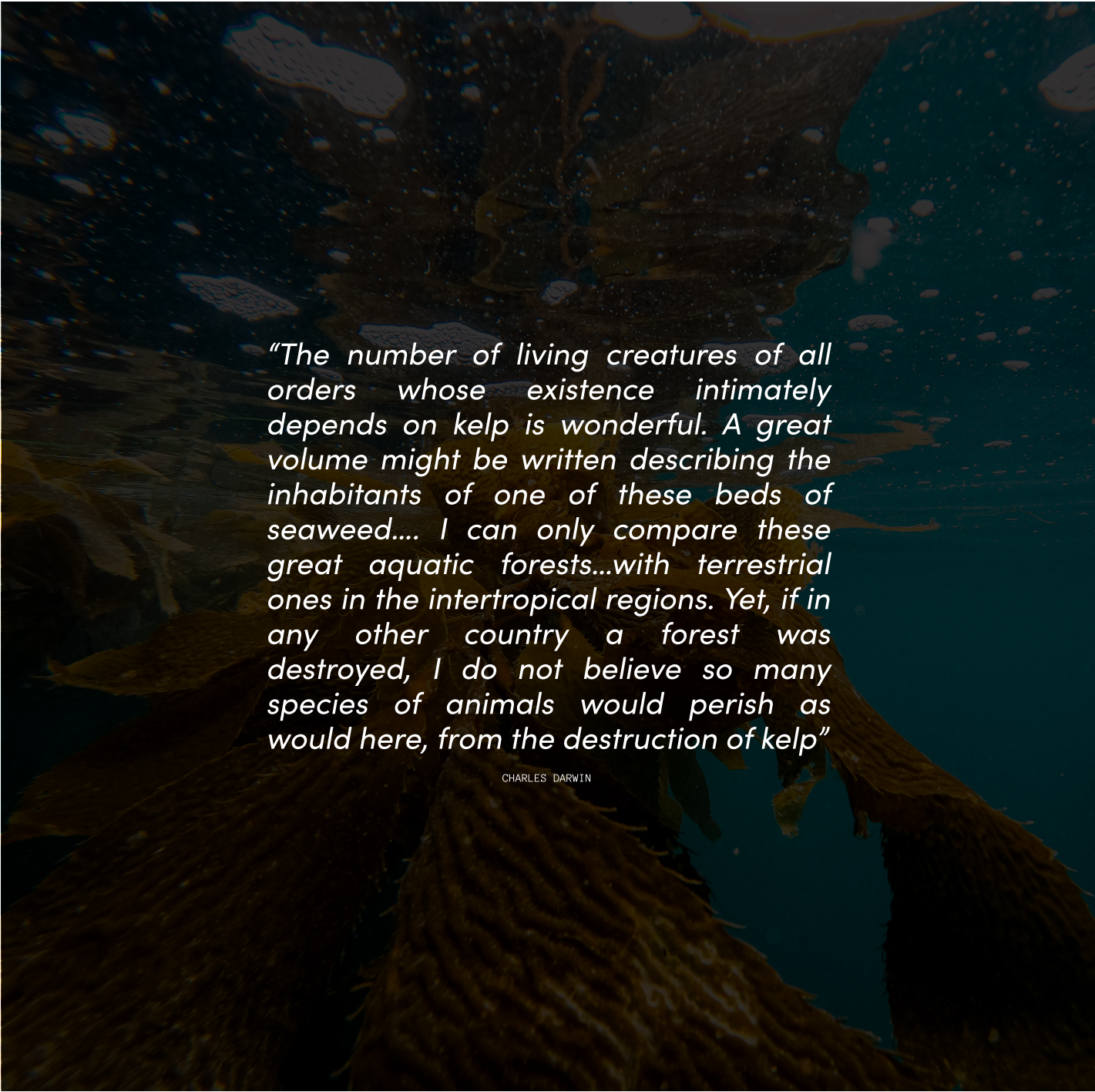
Acidificación del Océano: El aumento de los niveles de dióxido de carbono en el océano puede dificultar la capacidad del kelp para construir sus estructuras de carbonato de calcio.

Sobrepesca: La eliminación de herbívoros o depredadores clave puede perturbar el equilibrio dentro de los ecosistemas de kelp.

Contaminación: La contaminación resultante de actividades de desarrollo costero, agricultura y actividades industriales puede causar daños al kelp y a las especies que dependen de él.

Desarrollo Costero: La construcción y actividades en la costa pueden dañar los hábitats de kelp.

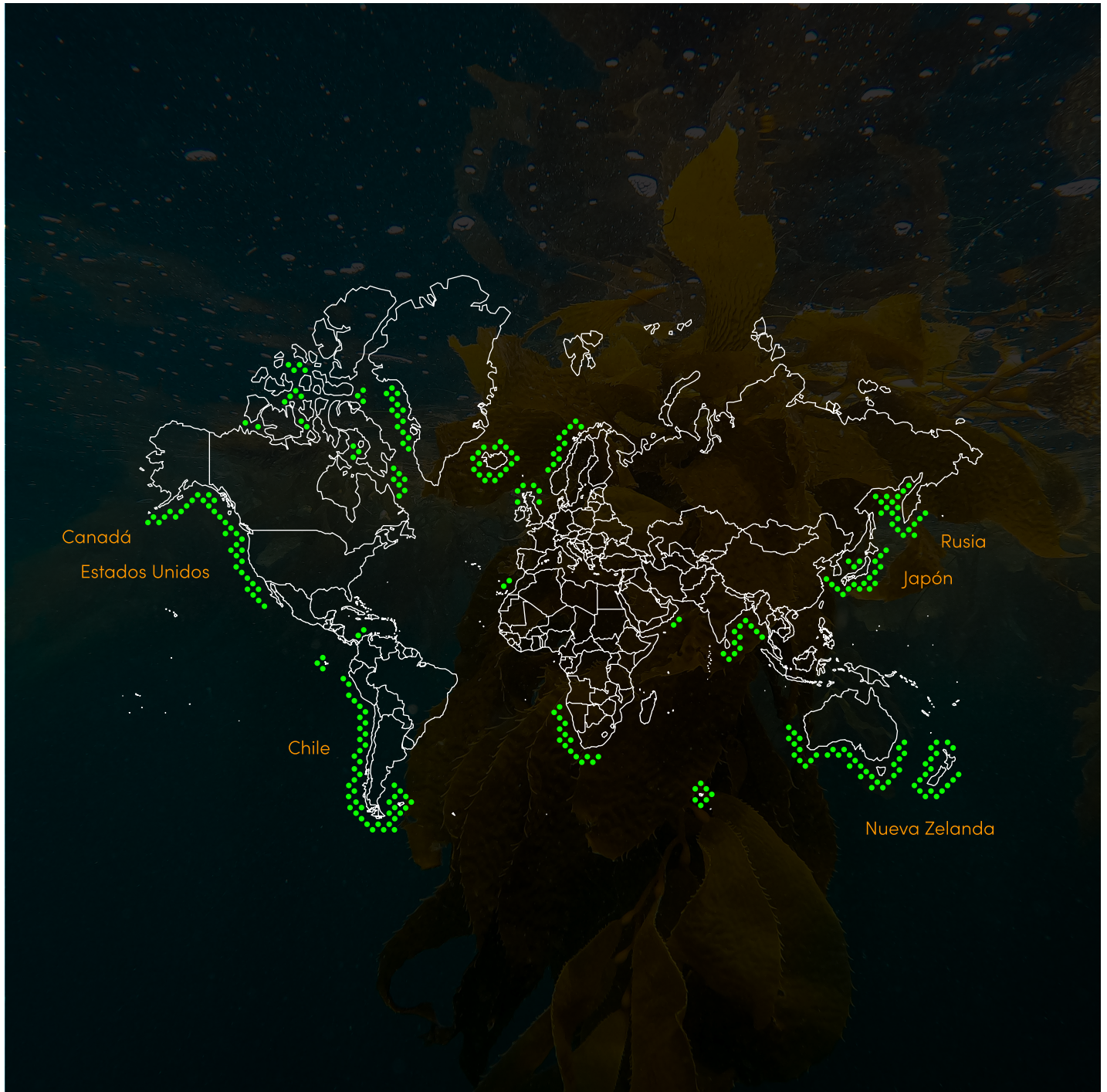
Los esfuerzos de conservación abarcan la creación de áreas marinas protegidas, la implementación de prácticas de cosecha sostenible y la adopción de medidas para reducir la contaminación y mitigar los impactos del cambio climático, con el fin de preservar y restaurar los bosques de kelp y los valiosos ecosistemas que respaldan. (Stenececk, et. al., 2002).

An underwater photograph showing a dense kelp forest. The water is a deep, dark blue-green. Large, brownish-green kelp fronds are visible, some with lighter, textured areas. Several small, silvery fish are swimming in the water, some near the kelp. The lighting is somewhat dim, creating a serene and slightly mysterious atmosphere.

“The number of living creatures of all orders whose existence intimately depends on kelp is wonderful. A great volume might be written describing the inhabitants of one of these beds of seaweed.... I can only compare these great aquatic forests...with terrestrial ones in the intertropical regions. Yet, if in any other country a forest was destroyed, I do not believe so many species of animals would perish as would here, from the destruction of kelp”

CHARLES DARWIN

2.3.2 Valor de los Bosques Submarinos



Un nuevo estudio dirigido por la Universidad de Nueva Gales del Sur (UNSW) en Sídney indica que los ecosistemas de algas marinas ofrecen un valioso servicio a la sociedad al brindar resistencia frente a perturbaciones naturales como las fuerzas de las olas, las marejadas ciclónicas y otros eventos extremos en el ámbito oceanográfico. Esta capacidad de resistencia es esencial para mantener las funciones del ecosistema.

Las algas, en su rol de productores primarios, aprovechan la energía solar para transformar sustancias inorgánicas en materia orgánica mediante la fotosíntesis. Este proceso influye en los ciclos bioquímicos y desempeña una función fundamental en la regulación del clima global al absorber dióxido de carbono (CO₂). Las plantas de algas actúan como almacenes o sumideros de CO₂ mientras están vivas y también al depositar materia vegetal orgánica en descomposición en los sedimentos. Aunque persisten incertidumbres acerca de la cantidad de material de algas fallecidas que se almacena para el futuro (Gundersen et al., 2017).

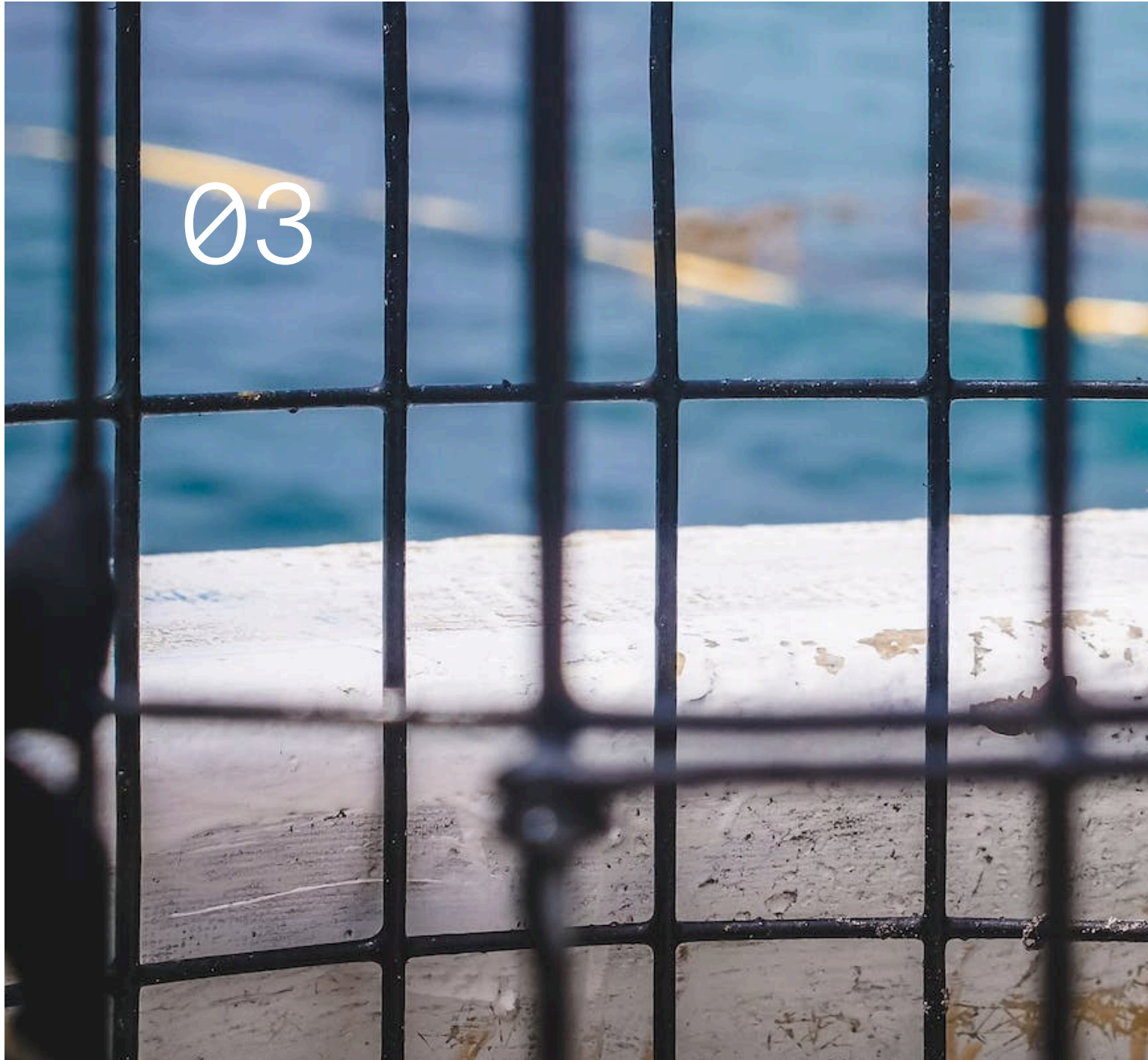
El estudio de la UNSW revela que los bosques de algas marinas poseen un inmenso valor para la sociedad en términos de pesca, ciclo de nutrientes y eliminación de carbono. Si bien la cifra exacta puede variar según la región y el tipo de algas marinas, los resultados, publicados en Nature Communications, indican que en conjunto proporcionan un promedio de \$500 mil millones de dólares estadounidenses en servicios ecosistémicos, es decir, los beneficios que los ecosistemas ofrecen a los seres humanos, cada año (UNSW Sydney, 2023).

A pesar de su significativo valor económico, los bosques de algas marinas están experimentando una alarmante disminución a nivel mundial debido al pastoreo excesivo de erizos de mar y amenazas relacionadas con el cambio climático. En lugares como Tasmania, hasta el 95 por ciento del dosel de algas marinas ha desaparecido. La financiación de proyectos cruciales de restauración y estrategias de gestión corre el riesgo de agotarse si no se comprende el retorno de la inversión.

Para llevar a cabo esta investigación, los científicos evaluaron cómo los bosques de algas marinas contribuyen a los servicios del ecosistema a través de la realización de encuestas de peces e invertebrados, así como la medición de la producción primaria neta anual, que implica la extracción de elementos como carbono, nitrógeno y fósforo del agua del mar. Este proceso contribuye a la limpieza del agua y al almacenamiento del carbono capturado en reservorios naturales.

Los resultados del estudio indican que los valores económicos más sobresalientes de los bosques de algas marinas se relacionan con la producción pesquera y la absorción de nitrógeno, aportando un promedio de \$29,000 y \$73,000 por hectárea, respectivamente, anualmente. Aunque la estimación de la captura de carbono fue relativamente modesta desde una perspectiva ecológica (\$163 por hectárea al año), resultó comparable a la de los prados de hierba marina y los bosques terrestres. En conjunto, estos bosques marinos podrían eliminar 4.91 megatoneladas de carbono de la atmósfera cada año, una cifra que es probable que aumente a medida que se identifiquen más bosques de algas marinas (UNSW Sydney, 2023).

03

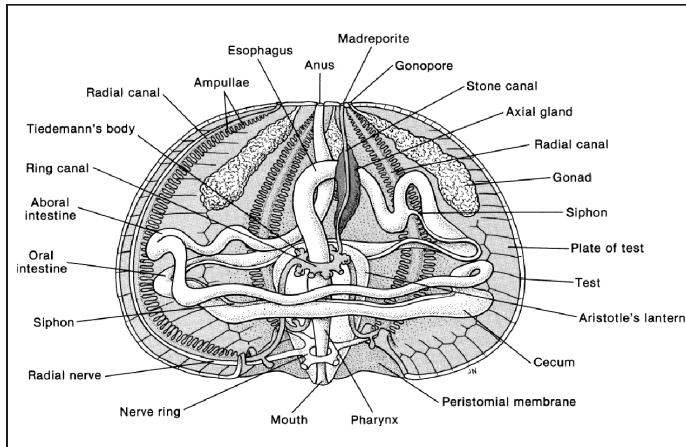




Erizo
de Mar

3.1 Anatomía y Morfología

3.1.1 Anatomía interna



La cavidad corporal central del erizo de mar se llama celoma, la cual está rodeada por una delgada capa de músculo y tejido conectivo. El celoma contiene los órganos digestivos, reproductivos y respiratorios, así como el sistema vascular acuático, que se utiliza para la locomoción y la alimentación. (Pearse, 1999).

El sistema digestivo de los erizos de mar es relativamente simple pero aún fascinante. Consiste en una boca ubicada en la parte inferior del animal, que conduce a un esófago corto y un estómago dividido en cinco lóbulos. El estómago está rodeado por un anillo de glándulas digestivas que secretan enzimas para descomponer los alimentos.

Los erizos de mar son herbívoros, lo que significa que se alimentan principalmente de algas y otros materiales vegetales. Utilizan sus cinco dientes, ubicados en la parte inferior del animal, para raspar las algas de las rocas y otras superficies. Luego, las algas son transportadas a la boca y al sistema digestivo, donde son descompuestas por las enzimas secretadas por las glándulas digestivas.

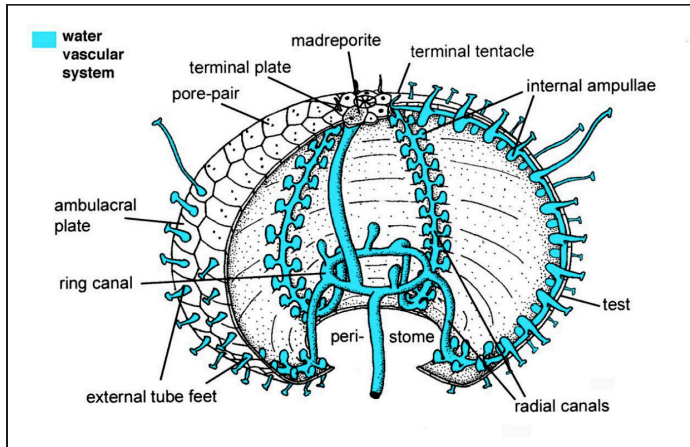
Los productos de desecho se eliminan a través del ano, que se encuentra en la parte superior del erizo de mar. El ano está rodeado por un anillo de pequeñas espinas, que ayudan a evitar que los desechos entren en el sistema digestivo. (Pearse, 1999).

El sistema reproductivo de los erizos de mar se encuentra dentro del celoma e incluye cinco pares de gónadas, que producen óvulos o espermatozoides según el sexo del individuo. Las gónadas se encuentran en las áreas interambulacrales, que son las regiones entre los pies tubulares.

Los erizos de mar son dioicos, lo que significa que los individuos son o machos o hembras. Las gónadas de los erizos de mar machos producen espermatozoides, que se liberan en el agua durante eventos de desove. Por otro lado, los erizos de mar hembras producen óvulos, que también se liberan en el agua durante los eventos de desove.

Los eventos de desove en los erizos de mar a menudo son desencadenados por señales ambientales, como cambios en la temperatura o niveles de luz. Durante el desove, un gran número de erizos de mar liberará sus gametos al agua al mismo tiempo, lo que aumenta las posibilidades de fertilización.

La fertilización en los erizos de mar ocurre externamente, lo que significa que los óvulos y espermatozoides se liberan en el agua y deben entrar en contacto entre sí para formar un cigoto. Una vez que ocurre la fertilización, el cigoto se desarrollará en una larva, que eventualmente se asentará en el fondo del océano y se desarrollará en un erizo de mar adulto. (Pearse, 1999).

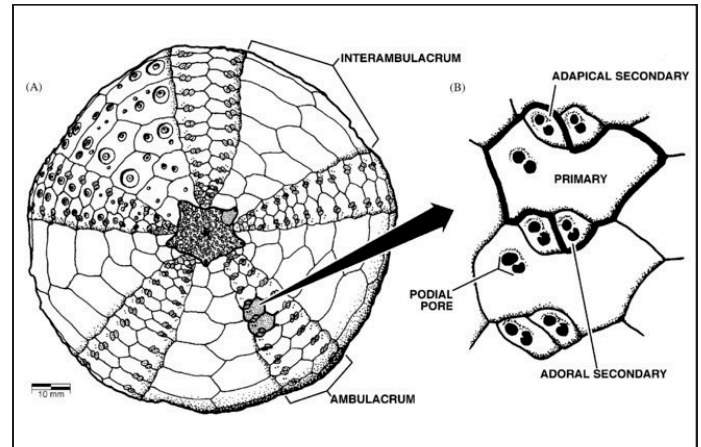


El sistema respiratorio de los erizos de mar es bastante simple y difiere significativamente de los sistemas respiratorios más complejos presentes en algunos animales vertebrados. Los erizos de mar no tienen pulmones ni branquias, en cambio, dependen de un método llamado intercambio de gases cutáneo.

El intercambio de gases en los erizos de mar ocurre a través de pequeñas proyecciones llamadas podias. Estos podias son estructuras tubulares finas que se extienden desde la superficie del cuerpo del erizo de mar. Cada podia está recubierto por una delgada capa de tejido que permite el paso de gases, facilitando así el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono con el medio circundante.

Estos podias, además de su función respiratoria, también desempeñan un papel en la locomoción y en la percepción del entorno. Los erizos de mar pueden mover sus podias para desplazarse y explorar su entorno, y también los utilizan para detectar sustancias químicas en el agua.

Este sistema respiratorio simple es adecuado para las necesidades de los erizos de mar, que generalmente habitan en entornos acuáticos y dependen del oxígeno disuelto en el agua para su respiración. Este método de intercambio de gases a través de la piel y los podias permite a los erizos de mar adaptarse eficientemente a su vida submarina. (Pearse, 1999).



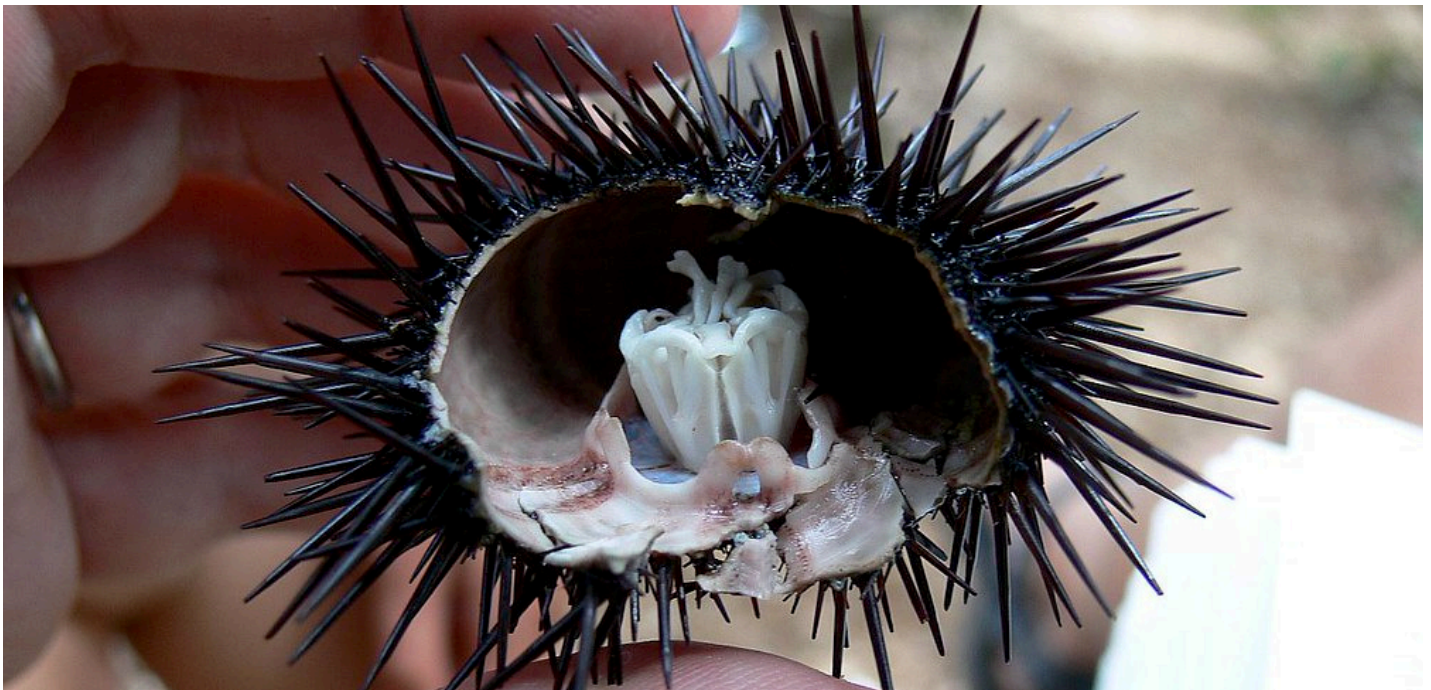
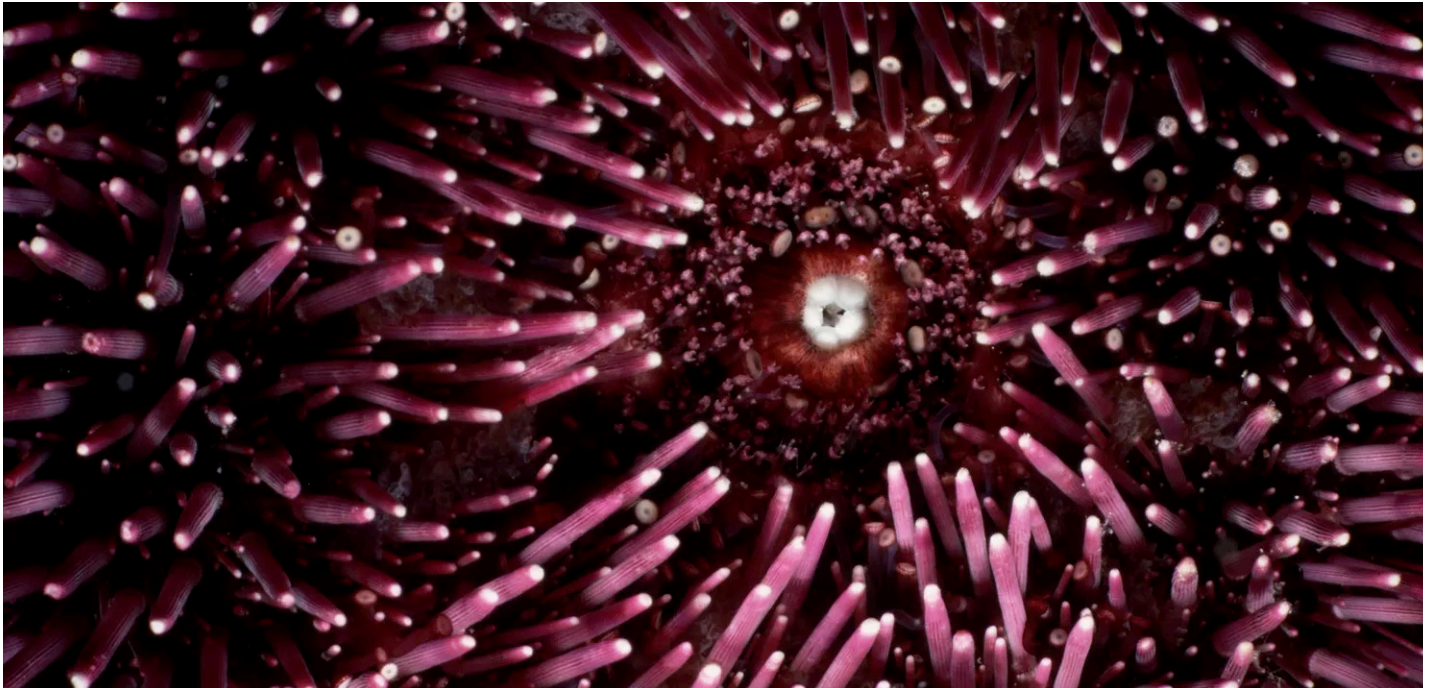
El sistema vascular acuático es una característica única de los equinodermos, incluidos los erizos de mar. Se trata de una red de canales y cámaras llenos de líquido que se utiliza para diversas funciones, como el movimiento, la alimentación y la respiración.

En los erizos de mar, el sistema vascular acuático se centra alrededor de un canal circular que rodea la boca. Desde el canal circular, cinco canales radiales se extienden hacia afuera en los brazos del erizo de mar. Estos canales radiales están conectados a numerosos pies tubulares, que se utilizan para la locomoción y la alimentación.

El sistema vascular acuático funciona mediante contracciones musculares para mover el fluido a través de los canales y hacia los pies tubulares. Cuando los músculos en los pies tubulares se contraen, el fluido es expulsado, lo que hace que los pies tubulares se extiendan y se agarren a las superficies. Cuando los músculos se relajan, el fluido vuelve a entrar en los pies tubulares, haciendo que se retraigan. Este proceso permite a los erizos de mar moverse y alimentarse en una variedad de entornos, desde zonas intermareales rocosas hasta fondos oceánicos arenosos.

Además del movimiento y la alimentación, el sistema vascular acuático también desempeña un papel en la respiración. Como se mencionó anteriormente, los erizos de mar dependen de la difusión simple para el intercambio de gases, pero el sistema vascular acuático ayuda a transportar oxígeno y dióxido de carbono por todo el cuerpo. (Pearse, 1999).

3.1.2 Linterna de Aristóteles



La linterna de Aristóteles es una estructura compleja de alimentación que se encuentra en erizos de mar y ha fascinado a los científicos durante siglos. Recibe su nombre del filósofo griego Aristóteles, quien la describió por primera vez en su obra "La Historia de los Animales".

La linterna es una estructura única y altamente especializada que los erizos de mar utilizan para raspar y moler alimentos. Está compuesta por cinco dientes entrelazados que están unidos a una estructura muscular capaz de extenderse y retraerse para controlar el movimiento de los dientes. Los propios dientes están cubiertos por un material duro y mineralizado llamado calcita, lo que los hace increíblemente fuertes y duraderos.

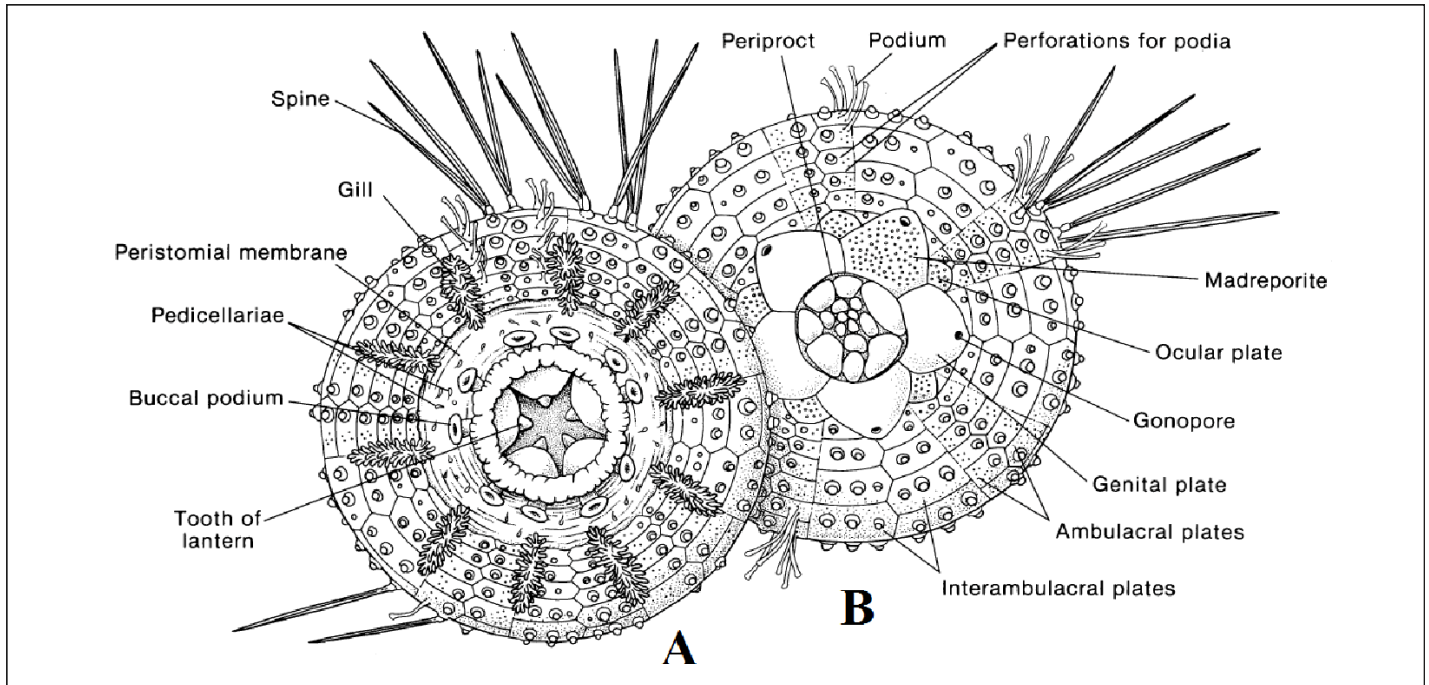
La linterna se encuentra en la parte inferior del erizo de mar y está rodeada por un anillo de pies tubulares que ayudan a manipular los alimentos hacia la boca. Estos pies tubulares también se utilizan para la locomoción y para percibir el entorno. (Bernasconi, 1953).

La estructura de la linterna de Aristóteles es altamente especializada y ha evolucionado durante millones de años para permitir que los erizos de mar se alimenten eficientemente de una variedad de alimentos en sus entornos marinos.

Algunas especies de erizos de mar son herbívoras, se alimentan de algas y otros materiales vegetales, mientras que otras son omnívoras o incluso carnívoras, alimentándose de pequeños animales y otras criaturas marinas.

A pesar de su complejidad, la linterna no es una estructura perfecta. En algunos casos, los erizos de mar pueden perder uno o más de sus dientes, lo que puede afectar su capacidad para alimentarse y sobrevivir. Sin embargo, los erizos de mar son capaces de regenerar sus dientes y otras partes de sus cuerpos, lo que les permite recuperarse de los daños y seguir prosperando en sus entornos marinos. (Bernasconi, 1953).

3.1.3 Anatomía externa



El cuerpo de un erizo de mar está cubierto por una testa dura y calcárea, compuesta por placas y espinas fusionadas.

La testa se divide en dos regiones: la superficie oral y la superficie aboral. La superficie oral es la parte inferior del erizo de mar y contiene la boca y el peristoma.

El peristoma es una abertura grande y circular rodeada por cinco pares de placas ambulacrales. Estas placas contienen pies tubulares que se utilizan para la locomoción y la alimentación. Los pies tubulares se extienden y se retraen mediante un sistema hidráulico que funciona con la presión del agua. La superficie aboral es la parte superior del erizo de mar y contiene el ano y el periprocto. (Lawrence, 2020).

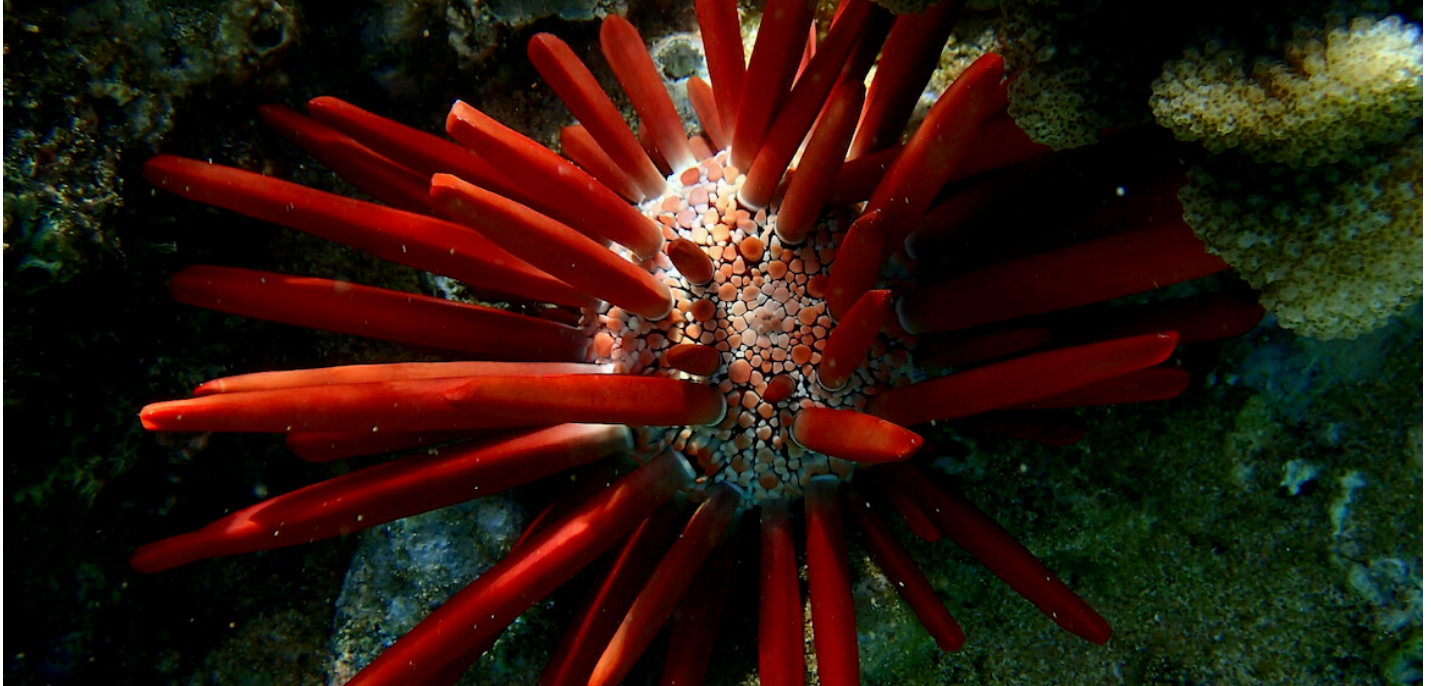
Las espinas primarias son largas y afiladas, y se utilizan para protegerse contra los depredadores y para ayudar al erizo de mar a desplazarse por el fondo del océano. Las espinas secundarias son más cortas y más numerosas que las espinas primarias y se utilizan para una protección adicional. La boca está ubicada en la parte inferior del erizo de mar y está rodeada por cinco dientes que se utilizan para raspar algas y otros alimentos de rocas y otras superficies.

Los dientes están unidos a un complejo aparato mandibular llamado la linterna de Aristóteles, que es única de los erizos de mar y sus parientes. En general, la anatomía externa de un erizo de mar está bien adaptada a su entorno y desempeña un papel importante en su supervivencia. (Lawrence, 2020).



3.2 Clasificación

3.2.1 Taxonomía



"Erizo" es el nombre común para varios equinodermos espinosos dentro de la clase Echinoidea, caracterizados por su simetría radial pentámera; una cáscara calcárea dura, o prueba, compuesta por placas dispuestas regularmente y fusionadas de manera ajustada a través de las cuales se extienden filas de delgados pies tubulares extensibles; espinas móviles que cubren la cáscara; y una boca en el lado inferior, enfrentada al sustrato, con una estructura de masticación compleja compuesta por cinco mandíbulas (la linterna de Aristóteles). (Freeman, 2004).

En un sentido más general del término, a veces se utiliza "erizo de mar" como el nombre común para todos los miembros de Echinoidea. Sin embargo, más específicamente, se refiere a los "equinoides regulares" dentro de la subclase Euechinoidea que son simétricos pentaradialmente y tienen su ano ubicado en la superficie aboral (opuesta a la boca).

El término "erizo de mar" no incluye normalmente a los erizos lápiz en la subclase Perischoechnoidea, ni a los "equinoides irregulares" dentro de Euechinoidea, que incluyen a los erizos corazón y las monedas de mar. Estos últimos suelen caracterizarse por una simetría bilateral secundaria y una prueba más aplanada y ovalada, con espinas muy cortas y con el ano ubicado ya sea en la parte posterior o en la superficie oral. (Freeman, 2004).

Los erizos de mar se encuentran en océanos de todo el mundo. Desempeñan un papel importante en las cadenas alimentarias marinas, consumiendo algas y varios invertebrados, y siendo consumidos por cangrejos, estrellas de mar, peces, mamíferos y aves. Cuando los depredadores como las nutrias marinas desaparecen del ecosistema, los erizos de mar sin control pueden devastar su entorno, creando un "desierto de erizos". (Freeman, 2004).

3.3 Ecología

3.3.1 Habitat



Los erizos de mar se encuentran en una variedad de entornos marinos, que incluyen arrecifes rocosos, praderas de pastos marinos, bosques de algas kelp y sustratos arenosos o fangosos. Algunas especies de erizos de mar se encuentran en zonas intermareales, mientras que otras se encuentran en aguas más profundas.

Los requisitos específicos de hábitat de una especie de erizo de mar dependen de factores como la disponibilidad de alimentos, la temperatura del agua y la profundidad del agua. Por ejemplo, algunas especies de erizos de mar son herbívoras y requieren acceso a pastos marinos o algas, mientras que otras son detritívoras y se alimentan de materia orgánica en el sedimento.

Algunas especies de erizos de mar también están adaptadas para vivir en áreas con corrientes fuertes o acción de las olas, mientras que otras prefieren aguas más tranquilas. Las preferencias de hábitat de los erizos de mar también pueden variar según su etapa de vida, con juveniles que a menudo ocupan hábitats diferentes que los adultos. (Lawrence, 2020).

3.3.2 Alimentación



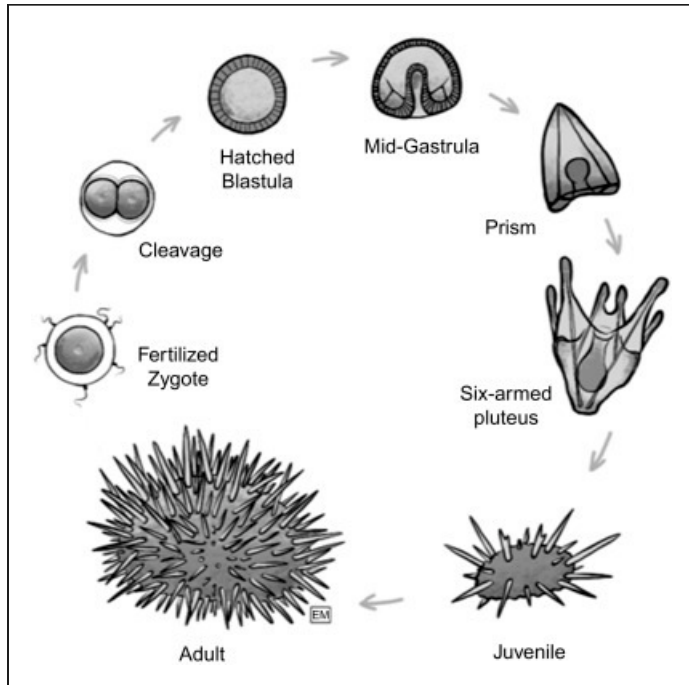
La dieta de los erizos de mar puede variar según la especie y su hábitat. En general, los erizos de mar se clasifican como herbívoros, pastadores o detritívoros.

Los erizos de mar herbívoros se alimentan de algas y pastos marinos, mientras que los erizos de mar pastadores se alimentan de una variedad de pequeños invertebrados, como percebes, mejillones y pequeños crustáceos.

Los erizos de mar detritívoros se alimentan de materia orgánica en el sedimento, como material vegetal y animal muerto. Algunas especies de erizos de mar también se sabe que se alimentan de otros erizos de mar, especialmente en áreas donde los recursos alimentarios son limitados.

La dieta específica de una especie de erizo de mar depende de factores como sus estructuras de alimentación, hábitat y disponibilidad de recursos alimentarios. (Lawrence, 2020).

3.3.3 Reproducción



La reproducción de los erizos de mar está controlada por una combinación de factores endógenos y ambientales. La gametogénesis de los erizos de mar implica la acumulación de nutrientes en las gónadas, la transferencia de los nutrientes acumulados de las células nutritivas a las células gametogénicas, el almacenamiento de los gametos acumulados y la liberación en masa de espermatozoides y óvulos en la columna de agua con fertilización externa.

El momento de las diferentes etapas del ciclo reproductivo varía entre las especies, pero generalmente es anual o semi-anual. Se considera que el proceso está controlado principalmente por cambios estacionales en el fotoperíodo, la temperatura del agua de mar, la periodicidad lunar, el fitoplancton y la disponibilidad de alimentos.

Las gónadas de los erizos de mar contienen células somáticas (fagocitos nutritivos) y células germinales, y durante el ciclo reproductivo, se pueden observar una serie de cambios en estas células. (Lawrence, 2020).

3.3.4 Rol en Ecosistema

03 ERIZO DE MAR



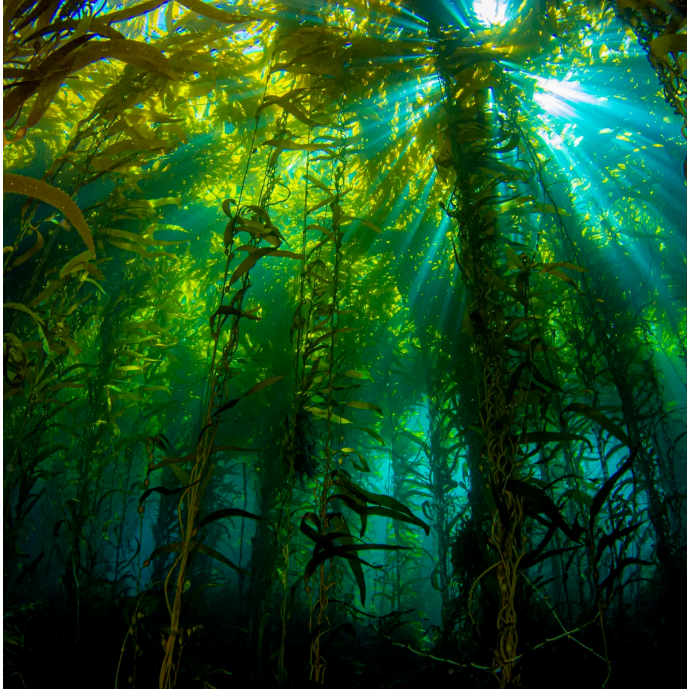
El papel de los erizos de mar en los ecosistemas puede variar según la especie y su hábitat. En general, los erizos de mar se consideran importantes herbívoros en los ecosistemas marinos, especialmente en áreas con altas densidades de algas y pastos marinos.

Al alimentarse de estos productores primarios, los erizos de mar pueden contribuir a regular el crecimiento y la distribución de estos organismos, lo que puede tener efectos en cascada sobre otras especies en el ecosistema. Los erizos de mar también pueden servir como fuente de alimento para una variedad de depredadores, incluidos peces, cangrejos y nutrias marinas.

En algunos casos, la pesca excesiva u otras perturbaciones pueden llevar a disminuciones en las poblaciones de erizos de mar, lo que puede tener impactos negativos en la salud y el funcionamiento de los ecosistemas marinos. (Lawrence, 2020).

3.4 Medioambiente

3.4.1 Sobrepesca

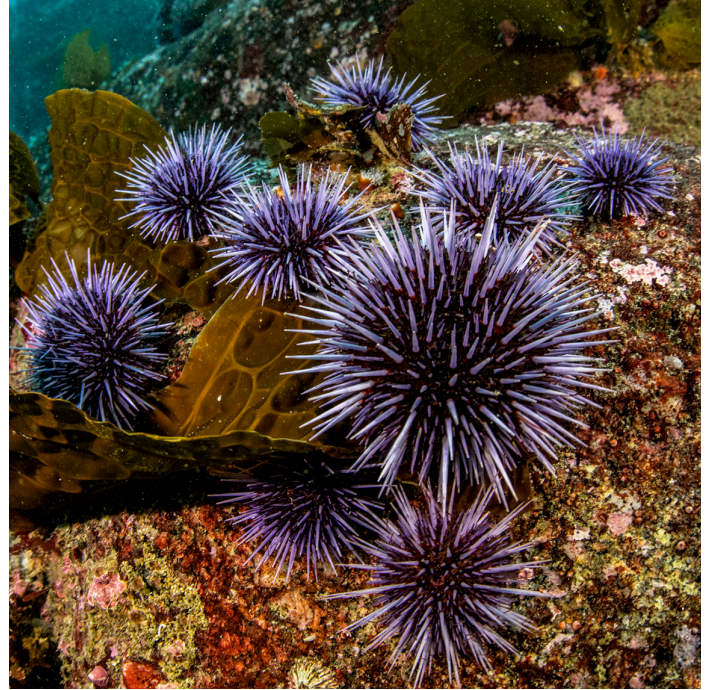


La sobrepesca de erizos de mar puede tener impactos significativos en los ecosistemas marinos. Los erizos de mar son herbívoros importantes en muchos ecosistemas marinos, y su eliminación puede provocar cambios en la abundancia y distribución de productores primarios como algas y pastos marinos.

En algunos casos, la sobrepesca de erizos de mar puede llevar a la proliferación de estos productores primarios, lo que puede tener impactos negativos en otras especies en el ecosistema. Por ejemplo, en algunas áreas, la sobrepesca de erizos de mar ha llevado al crecimiento de grandes mantos de macroalgas, que pueden sofocar y matar a otros organismos como corales y pastos marinos.

Además, la sobrepesca de erizos de mar puede provocar cambios en la estructura y función de los ecosistemas marinos, lo que puede tener efectos en cascada sobre otras especies y procesos del ecosistema. (Ling et al., 2009).

3.4.2 Sobrexplotación



Una sobrepoblación de erizos de mar puede tener impactos significativos en los ecosistemas marinos. Los erizos de mar son conocidos por ser voraces herbívoros, y cuando sus poblaciones se vuelven demasiado grandes, pueden consumir grandes cantidades de algas y pastos marinos, dando lugar a un fenómeno conocido como "desierto de erizos".

Los desiertos de erizos son áreas donde la población de erizos de mar ha consumido la mayor parte de los productores primarios, dejando un paisaje estéril de rocas y arena. Esto puede tener impactos negativos en otras especies en el ecosistema que dependen de estos productores primarios para alimentarse y como hábitat.

Además, la sobrepoblación de erizos de mar puede llevar a un aumento de la competencia por recursos limitados, lo que puede resultar en tasas de crecimiento y supervivencia disminuidas para los erizos de mar individuales. En general, la sobrepoblación de erizos de mar puede tener consecuencias ecológicas significativas y es un área importante de investigación para los ecologistas marinos.

3.4.3 Caso California: Erizos “zombie”



El aumento alarmante de la población de erizos de mar morados en las costas de California se atribuye a una combinación de factores interrelacionados que han creado las condiciones ideales para su proliferación. El fenómeno principal que desencadenó este aumento masivo es el cambio climático, que ha contribuido a un conjunto de eventos climáticos extremos. En primer lugar, entre 2014 y 2016, se produjo una gran ola de calor marina, impulsada por el cambio climático y agravada por los fenómenos climáticos de El Niño.

Este aumento en las temperaturas del agua perturbó drásticamente el ecosistema marino, ya que las algas marinas, en particular las kelp, prosperan en aguas más frías y ricas en nutrientes. Las algas marinas, a su vez, proporcionan un hábitat crítico para numerosas especies marinas y ayudan a mantener el equilibrio del ecosistema al capturar carbono.

Además, este calentamiento del océano afectó a los principales depredadores de los erizos de mar morados, las estrellas de mar sol. Un brote del síndrome de pérdida de estrellas de mar diezmoó a estas poblaciones de depredadores marinos, dejando a los erizos de mar morados sin sus principales amenazas naturales. (Davenport & Wines, 2021).

Como resultado, los erizos de mar morados pudieron multiplicarse sin control y abandonar sus refugios tradicionales para consumir kelp y algas marinas de manera insaciable. Esta sobreabundancia de erizos de mar morados se ha traducido en la formación de los denominados "yermos de erizos", vastas extensiones de fondo marino dominadas por estas criaturas, lo que ha llevado a la pérdida catastrófica de los bosques de algas marinas en California.

El colapso de los bosques de algas marinas no solo ha tenido un impacto ambiental, sino que también ha desencadenado una serie de consecuencias económicas y culinarias. La escasez de erizos de mar rojos, altamente valorados en la industria culinaria, ha afectado a restaurantes y comunidades de pescadores por igual. Esta compleja crisis requiere soluciones multifacéticas y colaborativas para abordar tanto la proliferación de los erizos de mar morados como la restauración de los bosques de algas marinas en California. (Davenport & Wines, 2021).

04





Industria del Erizo

4.1 Contexto

4.1.1 Pesca Artesanal





La pesca artesanal implica la captura de diversas especies marinas mediante métodos tradicionales, como redes, trampas, anzuelos y palangres, llevada a cabo por pequeñas embarcaciones y pescadores no industrializados. En nuestro país, esta actividad desempeña un papel crucial en la economía y la cultura de numerosas comunidades costeras, generando empleo e ingresos para cientos de familias a lo largo de Chile. Destaca por su bajo impacto ambiental al focalizarse en la captura de especies específicas, evitando la pesca incidental.

La regulación de la pesca artesanal en Chile recae en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, que establece medidas de conservación y regulaciones para salvaguardar la sostenibilidad de la actividad y proteger los recursos marinos y el ecosistema marítimo. La legislación chilena define la pesca artesanal como una actividad extractiva realizada por personas naturales inscritas en el Registro Pesquero Artesanal, ejercida personalmente y de manera habitual, ya sea con o sin el uso de una embarcación artesanal.

Según datos de 2021 del Registro de Pescadores Artesanales, en Chile hay 97.164 personas inscritas, distribuidas en 1.733 Organizaciones Artesanales en 558 Caletas. Las regiones de Biobío y Los Lagos lideran en desembarques, con un total de 13.285 embarcaciones artesanales. Durante ese año, la zona norte registró 429.834 toneladas extraídas, la central alcanzó 577.517 toneladas y la zona sur logró 187.335 toneladas. Las cifras detallan el esfuerzo pesquero concentrado en distintas regiones y caletas.

En cuanto a la composición del sector artesanal en 2021, se contabilizaron 21.288 mujeres y 51.163 hombres como recolectores, 535 mujeres y 10.771 hombres como armadores, 60 mujeres y 10.723 hombres como buzos, y 6.340 mujeres y 47.561 hombres como pescadores artesanales. Las embarcaciones se clasificaron en botes, lancha menor, lancha media y lancha mayor, con totales específicos para cada categoría. (DOP, 2021).

4.2 Pesca de Erizos

4.2.1 Recolección



Los erizos de mar son recolectados por buzos que utilizan una variedad de técnicas para recogerlos del fondo del océano. El método dominante para la recolección de erizos de mar es el buceo con escafandra autónoma. En California, por ejemplo, los buzos utilizan embarcaciones especialmente equipadas para la recolección de erizos, que tienen un promedio de 25 pies de longitud (en Chile 18 mts), con una cabina cubierta en la parte delantera y un área de trabajo grande en la popa. Estas embarcaciones están diseñadas para moverse rápidamente desde el puerto hasta el sitio de buceo.

Una vez que los buzos llegan al sitio, suelen utilizar herramientas manuales como rastrillos o tenazas para recoger los erizos de mar. Sin embargo, la recolección manual generalmente se considera el mejor método, ya que minimiza el daño al producto. Los buzos seleccionan cuidadosamente los erizos de mar de tamaño y calidad apropiados, y los colocan en bolsas o contenedores para ser transportados de vuelta a la costa para su procesamiento.

La calidad del producto puede verse afectada por el método de recolección utilizado, así como por el momento de la cosecha. Por ejemplo, los erizos de mar recolectados durante su temporada pico de desove tienden a tener una mayor calidad que los recolectados en momentos fuera de temporada.

Además, los erizos de mar recolectados manualmente por buzos tienden a tener una mayor calidad que los recolectados con rastrillos u otros métodos mecánicos, que pueden dañar el producto.

Una vez que se recogen los erizos de mar, se transportan de vuelta a la costa para su procesamiento. El procesamiento generalmente implica la extracción de las gónadas, que son el componente más destacado del tejido carnoso. La calidad de las gónadas puede verse afectada por los métodos de manipulación y transporte utilizados, así como por el tiempo entre la recolección y el procesamiento. (Reynolds & Wilen, 2003).

4.2.2 Procesamiento



Los erizos de mar se procesan extrayendo las gónadas, que son el componente más destacado del tejido carnoso. El procesamiento de los erizos de mar generalmente implica varios pasos, que incluyen limpieza, quebrado y extracción de las gónadas.

El primer paso en el procesamiento de los erizos de mar es la limpieza. Esto implica eliminar cualquier escombros u otro material no deseado del exterior del erizo de mar. Por lo general, los erizos de mar se enjuagan con agua de mar para eliminar cualquier arena u otras partículas que puedan estar presentes.

El siguiente paso es el quebrado del erizo de mar. Esto se hace para exponer las gónadas, que se encuentran dentro de la concha. El erizo de mar generalmente se abre con una herramienta especial, como un par de tijeras o un cuchillo. La concha se retira cuidadosamente para evitar dañar las gónadas.

Una vez que el erizo de mar está abierto, se extraen las gónadas. Esto se hace típicamente a mano, utilizando una pequeña cuchara u otra herramienta para sacar las gónadas. Luego, las gónadas se colocan en un recipiente y se lavan para eliminar cualquier escombros u otro material no deseado restante.

La calidad de las gónadas puede verse afectada por los métodos de manipulación y transporte utilizados, así como por el tiempo entre la cosecha y el procesamiento. Para garantizar un producto de la más alta calidad, es importante procesar los erizos de mar lo más rápidamente posible después de su recolección. (Reynolds & Wilen, 2003).

4.3 Chile

4.3.1 Contexto

Según el artículo "The history of the Chilean urchin fishery: Chronicle of an announced death?" Después de una ligera disminución en las capturas durante los años ochenta, la década de los noventa sugirió tiempos prometedores, con una pesquería en crecimiento.

Chile se convirtió en el principal productor de erizos de mar en el mundo, representando entre el 53% y el 64% de las capturas mundiales de erizos de mar. Sin embargo, el crecimiento se logró mediante la incorporación sucesiva de nuevas zonas de pesca. Inicialmente, dentro de la región X y luego avanzando hacia la región XI, pero esta última no fue correctamente reflejada en los datos de desembarque, ya que la mayoría de los erizos capturados en la región XI se descargan en Quellón, el puerto más al sur de la región X.

Así, la recuperación de la pesquería en la región X después de su declive hacia finales de los años ochenta fue principalmente sostenida por erizos provenientes de la región XI. Los pescadores de la región XI, al observar a los pescadores de la región X invadiendo sus zonas de pesca y aparentemente conscientes de la situación, protestaron e intentaron expulsarlos. (Stotz, 2010).

Chile tiene una larga historia de recolección de erizos de mar, y la industria ha crecido significativamente en las últimas décadas. El erizo de mar chileno (*Loxechinus albus*) es la principal especie recolectada en el país y se valora especialmente por sus huevas, consideradas una delicia en muchas partes del mundo. Además de ser un importante proveedor mundial de erizos de mar, Chile también cuenta con un mercado interno para estos, donde se consumen frescos o se procesan en diversos productos como huevas enlatadas o congeladas.

La industria de los erizos de mar es una fuente importante de ingresos y empleo para muchas comunidades costeras en Chile, especialmente en las regiones de Los Lagos y Aysén, donde la recolección de erizos de mar es una actividad tradicional. Sin embargo, también existen preocupaciones sobre la sostenibilidad de la recolección de erizos de mar en Chile, ya que la sobreexplotación y la recolección ilegal han llevado a disminuciones en algunas poblaciones. Como resultado, se han implementado esfuerzos para mejorar la gestión y regulación de la industria, incluyendo la creación de áreas marinas protegidas y la implementación de cuotas y otras medidas para controlar la recolección. (James, Lovatelli, & Purcell, 2019).

4.3.2 Stotz

El artículo ya mencionado "The history of the Chilean urchin fishery: Chronicle of an announced death?" sugiere que el declive de la pesquería de erizos de mar en Chile no era inevitable y podría haberse evitado si se hubieran tomado las medidas adecuadas. Sin embargo, al igual que los eventos en la historia, una serie de circunstancias llevaron al declive de la pesquería.

Por ejemplo, el artículo señala que la autoridad podría haber detenido o restringido severamente la pesca en las regiones X y XI para prevenir la sobreexplotación. Además, el artículo sugiere que la industria y los pescadores podrían haber reducido voluntariamente sus capturas para evitar el colapso de la pesquería. Finalmente, el artículo sugiere que la ciencia podría haber contribuido a los esfuerzos de conservación proporcionando información más precisa para la gestión y la toma de decisiones.

Sin embargo, debido a una serie de circunstancias, que incluyen la falta de acción por parte de la autoridad y la ausencia de ingresos alternativos para los pescadores, no se evitó el declive de la pesquería, y la industria ahora enfrenta un futuro incierto.

El artículo también establece paralelismos entre la forma en que los eventos en la historia fueron predichos y la forma en que se predijo el declive de la pesquería. En ambos casos, hubo señales de advertencia que fueron ignoradas o no tomadas en serio. Se sugiere que el declive de la pesquería no era inevitable y podría haberse evitado si se hubieran tomado las medidas adecuadas. Sin embargo, debido a una serie de circunstancias, no se logró evitar el declive de la pesquería y la industria ahora enfrenta un futuro incierto. (Stotz, 2010).



4.3.3 Regulaciones

En Chile, se ha establecido un tamaño mínimo de captura de 70 mm de diámetro de prueba para los erizos de mar. Esta medida garantiza que cualquier erizo de mar que sea más pequeño que esta dimensión no pueda ser capturado ni comercializado.

Este enfoque se implementa con el objetivo de preservar la salud y el tamaño de la población de erizos de mar, asegurando que se capturen individuos lo suficientemente desarrollados para garantizar la sostenibilidad de la pesquería.

Además, como parte de las medidas de conservación, se ha implementado un cierre temporal durante ciertas épocas del año para la pesca de erizos de mar. Este periodo de cierre tiene como finalidad proteger el proceso de reproducción de los erizos de mar, proporcionándoles un espacio temporal en el que no se les moleste, lo que contribuye a su capacidad para recuperarse y reproducirse eficazmente.

En el marco de la regulación de la pesquería de erizos de mar en Chile, existe un registro de pescadores certificados. Este registro, actualmente cerrado a nuevas inscripciones, asegura que solo los pescadores debidamente certificados puedan participar en la actividad. Además, se ha establecido la restricción de operar en una única región para cada pescador certificado.

Esta medida busca prevenir la sobreexplotación al limitar la capacidad de cada pescador y garantizar que la captura se realice de manera controlada, evitando la agotamiento de la población de erizos de mar en diferentes regiones del país. (Stotz, 2010).

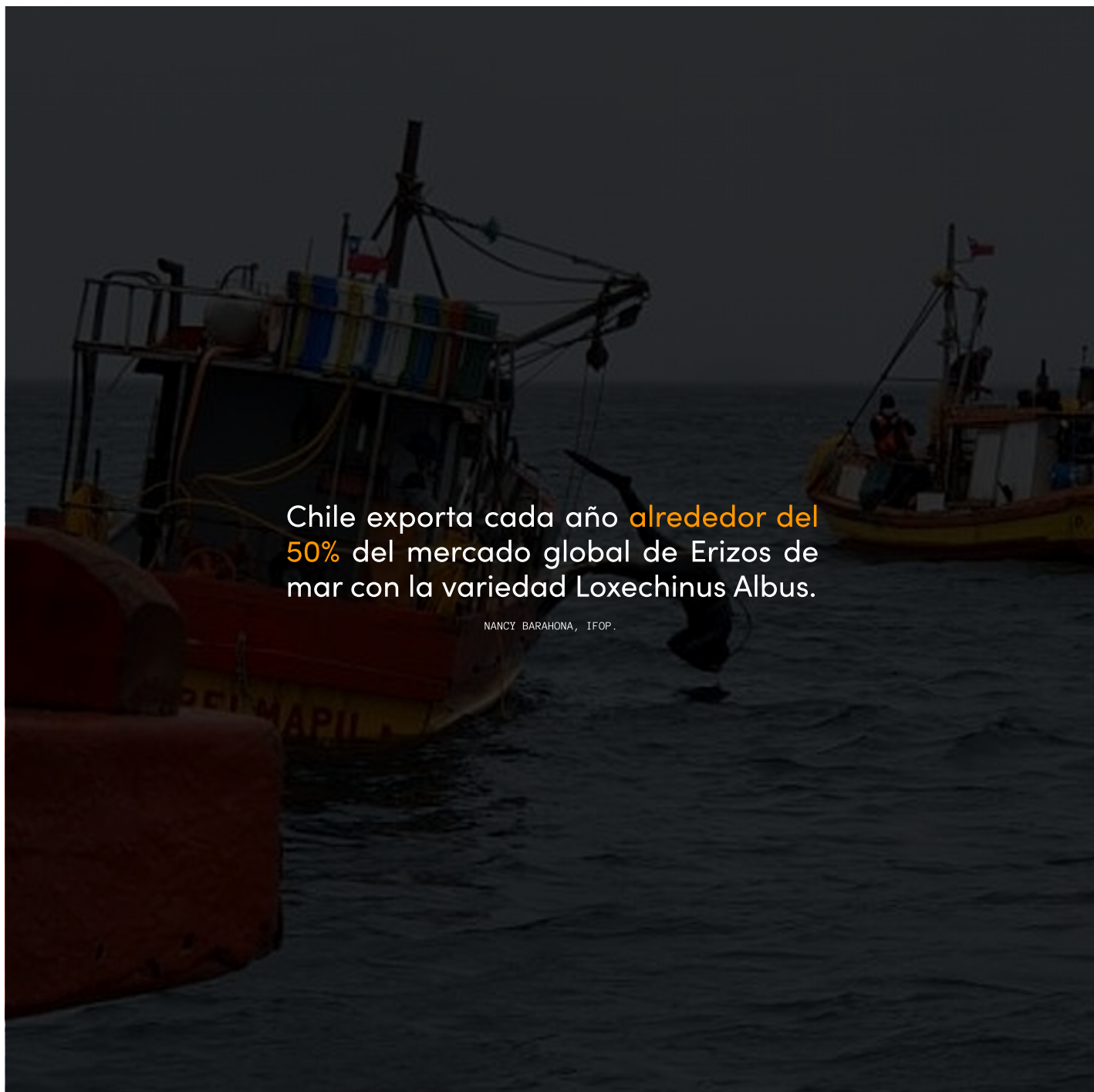
4.3.4 Mercado

Según el informe "Markets for Sea Urchins: A Review of Global Supply and Markets" de 2017 Japón es el mercado más grande para los erizos de mar, consumiendo aproximadamente el 80-90% del suministro global total actual, que equivale a alrededor de 50,000 toneladas. El mercado de erizos de mar en Europa también es tradicional y se encuentra principalmente en Europa continental y en los países del Mediterráneo, como Italia, Francia y España.

El mercado general en Europa no es grande, estimado por los autores en alrededor de 3,000-3,500 toneladas para erizos de mar enteros. El informe también sugiere que probablemente hay una demanda insatisfecha en el mercado japonés de productos de erizo de mar de buena calidad a un precio adecuado, especialmente con un suministro actual más limitado al mercado.

El informe también establece que "La cosecha de erizos de mar chilenos (*Loxechinus albus*) representa aproximadamente el 50 por ciento de las capturas globales."

Otros principales países cosechadores a nivel mundial son Rusia, Japón, Estados Unidos y Canadá (todos países que gozan de largos paños de bosque submarino como fue mencionado en la Figura 05).



Chile exporta cada año **alrededor del 50%** del mercado global de Erizos de mar con la variedad *Loxechinus Albus*.

NANCY BARAHONA, IFOP.

4.3.5 Región de Magallanes



Debido al intrincado sistema de fiordos en la región de Magallanes, esta área se destaca por su notable abundancia de vida marina, especialmente en lo que respecta a organismos bentónicos, algas y erizos de mar. No solo contribuye significativamente, aproximadamente en un 80%, a la pesca artesanal de bentónicos en la zona sur según datos de la DOP en 2021, sino que también atrae la mayor parte de los desembarques destinados a la exportación desde el país.

En esta región se han identificado bancos de erizos a profundidades de hasta 60 metros, fenómeno atribuible a la singularidad geográfica de la zona: los fiordos.

Dado que los fiordos son amplias entradas de mar que se adentran considerablemente en la tierra, crean un espacio marino muy profundo en relación con su ancho y longitud. Esta característica única permite que las algas, como el Huiro (*Macrocystis pyriphera*), Huiro Flotador (*Macrocystis pyrifera*), y Huiro Negro (*Lessonia berteorana*), al desprenderse de la superficie, se sumerjan en espiral por las cavidades de los fiordos, formando una especie de espiral hacia el fondo. Este proceso favorece la entrega de alimento a los erizos a mayores profundidades, contribuyendo así a la riqueza y biodiversidad marina de la región, según informes del IFOP en 2023.

4.4 Producción de desechos

4.4.1 Contexto

Considerando que alrededor del 90% de las exportaciones chilenas se envían a Japón por vía marítima en forma congelada y procesada, surge una preocupación significativa sobre la generación de desechos a gran escala en el mercado artesanal.

En muchos casos, las conchas se depositan en áreas deshabitadas o campos cercanos a las plantas procesadoras con la errónea creencia de que estas conchas, compuestas principalmente de Carbonato de Calcio (CaCO_3), pueden generar Óxido de Calcio (CaO).

Este compuesto se extrae principalmente de la minería y se utiliza en la agricultura para controlar y mejorar ciertas características del suelo, como la acidez, porosidad y actividad biológica, según información del IFOP en 2023.

Se estima que una planta procesadora recibe un promedio de 7 mil kilos de erizos al día, de los cuales alrededor del 10-20% se destina a la exportación, mientras que el 70-80% restante constituye desechos orgánicos.

En Quellón, Chiloé, aproximadamente once plantas extraen y procesan erizos, depositando posteriormente sus residuos en vertederos y lugares no autorizados. (IFOP, 2023).

4.4.2 Composición

Tanto las testas como las espinas de los esqueletos de erizos de mar consisten en materiales compuestos orgánicos de calcio incrustados con otros metales como magnesio, hierro, zinc y rubidio. La base del esqueleto mineral es la calcita cristalina magnésica, que tiene un alto contenido de magnesio.

Las espinas tienen una textura esponjosa debido a la distribución desigual de magnesio, que es mayor en las partes internas de las espinas que en las partes externas. Esta distribución desigual de magnesio se correlaciona con la rigidez y dureza del material de la espina y puede tener una importancia funcional adaptativa.

La resistencia y otras propiedades mecánicas dependen de la composición química y la organización estructural de sus componentes.

El estudio de la composición química de los esqueletos de erizos de mar proporciona información valiosa sobre la adaptación de estos organismos a su entorno y puede inspirar el desarrollo de nuevos materiales con propiedades únicas. (Drozdov, Sharmankina, Zemnukhova, & Polyakova, 2016).



05





Biomateria

5.1 Biomateriales

5.1.1 Definición



El informe "Understanding 'Bio' Material Innovations: a primer for the fashion industry" define biomaterial como un término utilizado para indicar materiales que tienen una asociación biológica no específica.

Esta definición es bastante amplia y abarca una amplia gama de materiales que se pueden utilizar en diversas aplicaciones. Los biomateriales pueden provenir de fuentes naturales como plantas, animales y microorganismos, o pueden ser sintetizados en un laboratorio.

Se pueden utilizar para crear una variedad de productos, incluyendo textiles, envases e incluso dispositivos médicos. El uso de biomateriales en la industria de la moda está ganando popularidad debido a su sostenibilidad y respeto al medio ambiente. Al utilizar biomateriales, las marcas de moda pueden reducir su impacto ambiental y crear productos que sean biodegradables y compostables.

Sin embargo, es importante señalar que no todos los biomateriales son iguales, y algunos pueden tener impactos ambientales negativos si no se producen y eliminan adecuadamente. Por lo tanto, es crucial que las marcas de moda consideren cuidadosamente los biomateriales que utilizan y se aseguren de que sean sostenibles y éticos. (Biofabricate & Fashion for Good, 2020).

El capítulo 2.2.3 del archivo PDF titulado "Materials Matter: Introduction" trata sobre el concepto de "Dreams of Bioinspiration" en el contexto de la investigación sobre materiales activos.

El capítulo explica que la materia viva es el objeto privilegiado para adquirir nuevos conocimientos y aplicaciones mejoradas de este conocimiento en la invención de nuevos materiales y otras cosas técnicas. Para la diversa investigación en ciencia de materiales sobre materiales activos, son los materiales biológicos los que se investigan.

El capítulo proporciona ejemplos de direcciones de investigación en materiales bioinspirados, como "cemento elástico bioinspirado", "modificación bioinspirada de la madera", "materiales ópticos basados en celulosa" o "dispositivos iontrónicos orgánicos para computación neuromórfica".

El capítulo también destaca el punto de vista práctico de los químicos biomiméticos, que no están inclinados a revivir la teología natural y su celebración de "las maravillas de la naturaleza". En general, el capítulo enfatiza la importancia de la bioinspiración en la investigación en ciencia de materiales y el potencial para desarrollar nuevos materiales con actuaciones complejas basadas en materiales biológicos. (Krauthausen & Schäfer, 2021).

5.1.2 Tipología



Un material de biobasado es un material que está "total o parcialmente derivado de biomasa, como plantas, árboles o animales (la biomasa puede haber pasado por tratamiento físico, químico o biológico)", excluyendo aquellos derivados de fuentes fósiles. Ejemplos de materiales de origen biológico incluyen fibras naturales (por ejemplo, algodón, lana y seda), celulósicos fabricados (por ejemplo, viscosa), polímeros naturales (por ejemplo, quitina, queratina y caseína), cueros animales y sus alternativas, hasta mezclas de polialgodón (donde el contenido biológico cumple con el requisito mínimo estipulado).

Un ingrediente biofabricado es un componente producido por células vivas y microorganismos, como proteínas complejas como la seda o el colágeno. Los ingredientes biofabricados requieren un procesamiento adicional, ya sea mecánico o químico, para crear una estructura de material a escala macro. Ejemplos de ingredientes biofabricados incluyen seda recombinante fermentada, que luego debe ser hilada en una fibra o procesada para formar un material en lámina.

Un material biosintético es un material polimérico sintético que está compuesto, total o parcialmente, por compuestos derivados de la biología. Estos compuestos pueden ser creados con una entrada de origen biológico (biomasa) y/o cuando el proceso es realizado por un microorganismo vivo. En otras palabras, los biosintéticos son materiales sintéticos en los que la entrada es de origen biológico y/o el proceso es realizado por un organismo vivo (biosíntesis).

Un material bioensamblado es una estructura a escala macro que ha sido cultivada directamente por microorganismos vivos como el micelio o las bacterias. El bioensamblaje es un subconjunto de la biofabricación y se distingue tanto por la escala como por la autoorganización. En el bioensamblaje, las pequeñas moléculas fabricadas son ensambladas biológicamente en estructuras a micro o macroscales. Aspectos clave de la definición de bioensamblaje que siguen ciertos métodos de producción de materiales para aplicaciones en moda incluyen "la fabricación de estructuras jerárquicas... generadas a través de la autoorganización impulsada por células", un ejemplo de la cual son los materiales de cuero de micelio.

5.1.3 Clasificación



1. **Biobasados:** Los materiales biobasados se caracterizan por ser aquellos que, en su totalidad o en parte, provienen de biomasa, es decir, de fuentes biológicas como plantas, árboles o animales.
2. **Biodegradables:** La cualidad de "biodegradable" en un material se refiere a su capacidad para descomponerse en elementos químicos naturales bajo la influencia de agentes biológicos como bacterias, plantas o animales, así como factores físicos como la exposición al sol o el contacto con el agua. Este proceso ocurre en condiciones ambientales comunes, dando lugar a la transformación del material en nutrientes, dióxido de carbono, agua y biomasa, es decir, compuestos simples e inofensivos que se integran naturalmente en el entorno.
3. **Biocompostables:** Los materiales biocompostables presentan la capacidad de descomponerse mediante la acción de organismos, es decir, de manera biológica. Durante este proceso, se generan dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa en un período de tiempo específico y controlado. El resultado final de este proceso es conocido como compost, un producto beneficioso que se puede utilizar como fertilizante orgánico, contribuyendo así a cerrar el ciclo de vida de los materiales de manera sostenible.

5.1.4 Estructura



06

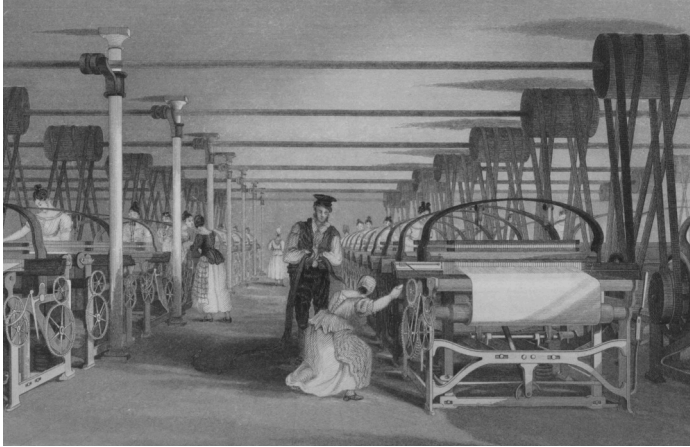




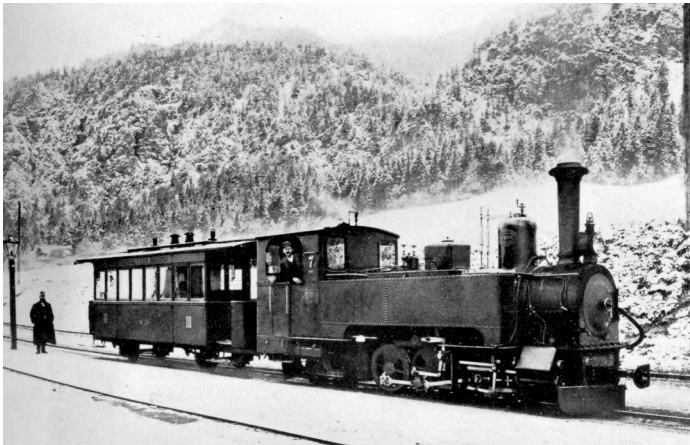
Fabricación
Digital

6.1 Contexto

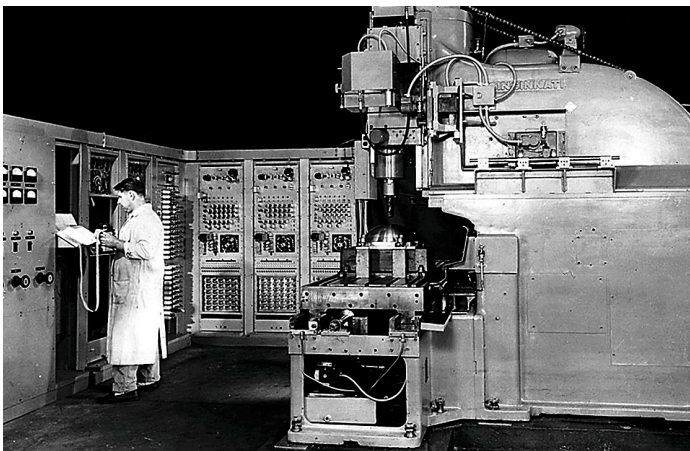
6.1.1 Revoluciones Industriales



La Primera Revolución Industrial (1760-1840), marcó el inicio de la ética corporativa basada en la eficiencia, la rentabilidad y el tamaño. Implicó la transición desde la ingeniería manual hacia el uso de motores de turbina y agua como fuente de energía. Esta era también presencié la evolución de una cultura emprendedora incorporada en el marco de gestión para impulsar la eficiencia de las instalaciones de fabricación. Los procesos fundamentales se simplificaron mediante enfoques de gestión de planta como la división del trabajo, la planta justo a tiempo y las prácticas de fabricación esbelta, contribuyendo a una mejora en la producción y el rendimiento. (International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering [IJITEE], 2020).



La Segunda Revolución Industrial tuvo lugar entre 1870 y 1914, introduciendo sistemas existentes como los telégrafos y los ferrocarriles en las industrias. Quizás la característica distintiva de la época fue la llegada de la fabricación en masa como principal medio de producción general. La electrificación de las fábricas contribuyó enormemente al nivel de manufactura. La producción pesada de acero contribuyó a la integración de los ferrocarriles en la economía, dando lugar a la producción en masa. Avances en química, como la invención de tintes sintéticos, también reflejan el momento en que la química se encontraba en un estado muy primitivo. (International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering [IJITEE], 2020).



La Tercera Revolución Industrial comenzó en la década de 1970 con la automatización parcial mediante controles programables de memoria y computadoras. La introducción de estos avances permitió la optimización de todo el proceso de desarrollo sin asistencia humana. Ejemplos de esto incluyen robots ejecutando secuencias de programas sin interferencia humana. La Industria 3.0 es el eslabón entre el impulso de Henry Ford por una mayor productividad y los procesos inteligentes que estamos viendo surgir bajo la Industria 4.0. Procesos como los de Ford no solo se simplificaron, sino que la automatización hizo que partes críticas del proceso de fabricación fueran más seguras y eficientes. (International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering [IJITEE], 2020).

6.1.2 Industry 4.0



La Cuarta Revolución Industrial es fundamentalmente diferente de las revoluciones anteriores debido a la fusión de tecnologías emergentes y su interacción en los dominios físico, digital y biológico. Tres diferencias clave distinguen a la Cuarta Revolución Industrial de sus predecesoras: la velocidad, la amplitud y profundidad, y el impacto en los sistemas.

En primer lugar, la Cuarta Revolución Industrial está evolucionando a un ritmo exponencial en lugar de lineal. Esto es resultado del mundo multifacético y profundamente interconectado en el que vivimos, y del hecho de que la nueva tecnología engendra tecnología más nueva y cada vez más capaz. La velocidad del cambio es sin precedentes y está transformando la forma en que vivimos, trabajamos e interactuamos entre nosotros. (World Economic Forum, 2016).

En segundo lugar, la Cuarta Revolución Industrial se basa en la revolución digital y combina múltiples tecnologías que están llevando a cambios de paradigma sin precedentes en la economía, los negocios, la sociedad e individualmente. No solo está cambiando el "qué" y el "cómo" de hacer las cosas, sino también el "quién" somos. La amplitud y profundidad de la Cuarta Revolución Industrial son vastas, y está transformando cada aspecto de nuestras vidas, desde la forma en que nos comunicamos y consumimos información hasta la forma en que producimos y consumimos bienes y servicios.

Finalmente, la Cuarta Revolución Industrial tiene un impacto en los sistemas, lo que significa que está transformando sistemas enteros, no solo componentes individuales. Está cambiando la forma en que nos organizamos y gobernamos, la forma en que producimos y consumimos energía, la forma en que gestionamos nuestros recursos naturales y la forma en que interactuamos con el medio ambiente. La Cuarta Revolución Industrial no es solo una revolución tecnológica; es una revolución social, económica y ambiental que requiere un enfoque integral e integrado para abordar sus desafíos y oportunidades. (World Economic Forum, 2016).

En resumen, la Cuarta Revolución Industrial es diferente de las revoluciones anteriores debido a su velocidad, amplitud y profundidad, y su impacto en los sistemas. Está transformando cada aspecto de nuestras vidas y requiere una nueva forma de pensar y actuar para aprovechar su potencial y abordar sus desafíos.

6.1.3 Fabricación Digital

La fabricación digital se define como "la capacidad de describir cada aspecto del proceso de diseño a fabricación de forma digital, utilizando herramientas que incluyen diseño digital, CAD, documentos de oficina, sistemas PLM, software de análisis, simulación, software CAM, entre otros". El concepto es que el paso de datos de un departamento o disciplina a otro debe ser fluido para que los datos creados sean inmediatamente reutilizables en una disciplina diferente. El objetivo de la fabricación digital es lograr varios beneficios, como la reducción del tiempo de desarrollo del producto, la validación temprana de los procesos de fabricación, una mayor rapidez en la puesta en marcha de la producción, un tiempo más corto para llegar al mercado, la reducción de costos de fabricación, la mejora de la calidad del producto, una mejor difusión del conocimiento del producto, la reducción de errores y el aumento de la flexibilidad. (Chryssolouris et al., 2009).

Según Chryssolouris en su artículo "Digital manufacturing: History, perspectives, and outlook" La fabricación digital se ha considerado un conjunto altamente prometedor de tecnologías para reducir los tiempos y costos de desarrollo de productos, así como para abordar la necesidad de personalización, mejorar la calidad del producto y lograr respuestas más rápidas en el mercado.

El documento describe la evolución de los sistemas de tecnología de la información en la fabricación, destacando sus características y los desafíos a abordar en el futuro. Las tecnologías consideradas en este documento incluyen el diseño asistido por computadora, la ingeniería, la planificación y fabricación de procesos, la gestión de datos y ciclo de vida del producto, la simulación y realidad virtual, la automatización, el control de procesos, la programación del taller, el apoyo a decisiones, la toma de decisiones, la planificación de recursos de fabricación, la planificación de recursos empresariales, la logística, la gestión de la cadena de suministro y los sistemas de comercio electrónico.





6.1.4 Impresión 3D



Una de las innovaciones más emocionantes que está revolucionando la industria manufacturera es la impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva. Este proceso implica la creación de un objeto físico capa por capa a partir de un modelo digital en 3D. La impresión 3D tiene el potencial de cambiar radicalmente la forma en que fabricamos productos, permitiendo la creación de artículos complejos sin la necesidad de maquinaria pesada o moldes tradicionales.

Lo fascinante de la impresión 3D radica en su versatilidad. Actualmente, se está utilizando en diversas aplicaciones, desde la fabricación de componentes para turbinas eólicas hasta la producción de juguetes personalizados. A medida que la tecnología evoluciona, se espera que las impresoras 3D superen los desafíos actuales relacionados con la velocidad, el costo y el tamaño, volviéndose cada vez más accesibles y eficientes.

Las proyecciones para el futuro de la impresión 3D son optimistas. Según encuestas, se espera que para el año 2025, el 84% de los expertos consideren que se habrá alcanzado un punto de inflexión crucial para la impresión 3D y la fabricación aditiva. Este avance podría llevar a una mayor integración de esta tecnología en diversas industrias, transformando la forma en que concebimos la producción de bienes.

Lo más emocionante es la ampliación de los materiales utilizados en la impresión 3D. Desde plásticos convencionales hasta aleaciones avanzadas, cerámica y acero inoxidable, la variedad de opciones promete abrir nuevas posibilidades para la fabricación de productos personalizados y de alta complejidad. Imagínese un futuro donde una impresora 3D pueda crear piezas metálicas de precisión con la misma facilidad con la que actualmente imprime juguetes de plástico.

Los beneficios tangibles de la impresión 3D ya se han demostrado en la industria. Un ejemplo notable es el motor a reacción Leap de General Electric, que incorpora una tobera de combustible producida íntegramente mediante fabricación aditiva. Estos logros subrayan cómo la Cuarta Revolución Industrial está transformando de manera radical la fabricación, con la impresión 3D liderando la carga como un ejemplo representativo de las emocionantes tecnologías que están impulsando esta transformación. (World Economic Forum, 2016).

Los métodos de fabricación convencionales están principalmente limitados por el tamaño de la producción y la complejidad geométrica del componente. Esto puede dar lugar al uso de procesos y herramientas que aumentan el costo final del elemento producido. Además, algunos procesos de fabricación no cumplen con un compromiso con la fabricación sostenible. Por otro lado, las técnicas de fabricación aditiva pueden adaptarse a la complejidad geométrica y al diseño personalizado de la pieza a fabricar. También pueden lograr productos más ligeros, productos multimateriales, eficientes carreras de producción cortas, menos errores de ensamblaje, costos asociados más bajos, costos de inversión en herramientas más bajos, una combinación de diferentes procesos de fabricación, un uso optimizado de materiales y un proceso de fabricación más sostenible. (Smith, 2021).

Las técnicas de fabricación aditiva se pueden utilizar para crear productos más ligeros, multimateriales y ergonómicos mediante la adaptación a la complejidad geométrica y al diseño personalizado de la pieza a fabricar. Esto permite la creación de geometrías complejas que pueden reducir el peso del producto final. Además, la fabricación aditiva puede utilizar varios materiales en una sola construcción, lo que permite la creación de productos multimateriales. Finalmente, la fabricación aditiva puede crear productos ergonómicos al permitir la creación de diseños personalizados que se ajustan a las necesidades específicas del usuario. (Smith, 2021).

Las perspectivas futuras para la fabricación aditiva son prometedoras, ya que se considera uno de los principales procesos industriales revolucionarios de los próximos años. La fabricación aditiva tiene el potencial de impactar en diversas industrias, incluyendo la industria automotriz, la medicina y la ingeniería médica, la industria aeronáutica, la arquitectura, la construcción y la alimentación. En estas industrias, la fabricación aditiva puede proporcionar importantes ventajas competitivas al adaptarse a la complejidad geométrica y al diseño personalizado de la pieza a fabricar, creando productos más ligeros, productos multimateriales, productos ergonómicos y procesos de fabricación más sostenibles. Además, la fabricación aditiva puede llevar a carreras de producción cortas más eficientes, menos errores de ensamblaje, costos asociados más bajos y una combinación de diferentes procesos de fabricación. (Smith, 2021).

6.2 Estado del Arte

6.2.1 IAAC and WASP - 3D Printed Earth Wall with Embedded Staircase





IAAC y WASP presentan un innovador prototipo de una pared impresa en 3D diseñada y desarrollada por IAAC y realizada por Crane WASP en el marco de la investigación Open Thesis Fabrication (OTF), un programa del Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (IAAC) centrado en la fabricación aditiva en el ámbito de la construcción.

Esta pared continúa la investigación ya emprendida en los casos de estudio Digital Adobe Wall (IAAC) y Gaia (WASP), la casa de tierra impresa en 3D, mejorando las oportunidades de diseño de la impresión 3D en el lugar hacia el logro de sistemas arquitectónicos multipropósito, capaces de promover el desarrollo de nuevos escenarios de construcción.

En el IAAC, un instituto que explora el futuro de la arquitectura y la construcción, los estudiantes e investigadores desarrollan proyectos que buscan proponer soluciones urbanas, arquitectónicas y de construcción derivadas del uso de nuevas tecnologías, incorporando a su vez el diseño y análisis por computadora para ofrecer soluciones innovadoras orientadas hacia un hábitat y ciudad más sostenibles.

La tecnología de impresión 3D es cada vez más considerada una estrategia de construcción viable debido al avance en los métodos de diseño perfeccionados por programas educativos. En esta línea, el programa Open Thesis Fabrication del IAAC capacita a investigadores y profesionales en diseño computacional, ingeniería de materiales y fabricación robótica para fomentar nuevas oportunidades de diseño en arquitectura bioclimática. (Parametric Architecture, 2023).

07





Ideación

7.1 Planteamiento

7.1.1 Problemática

La industria del erizo de mar en Chile no solo se encuentra en uno de los momentos álgidos de su auge, sino que también enfrenta un importante obstáculo relacionado con la generación de desechos y la contaminación. Dada la posición de Chile como el principal exportador mundial de erizos congelados, surge la problemática de los desechos orgánicos, no solo en cuanto a su producción, sino también en lo que respecta a su tratamiento y cómo podemos facilitar su reutilización durante el procesamiento. En este escenario, miles de personas dependen directa o indirectamente de la industria marisquera, siendo estas mismas personas las afectadas por los desechos generados.

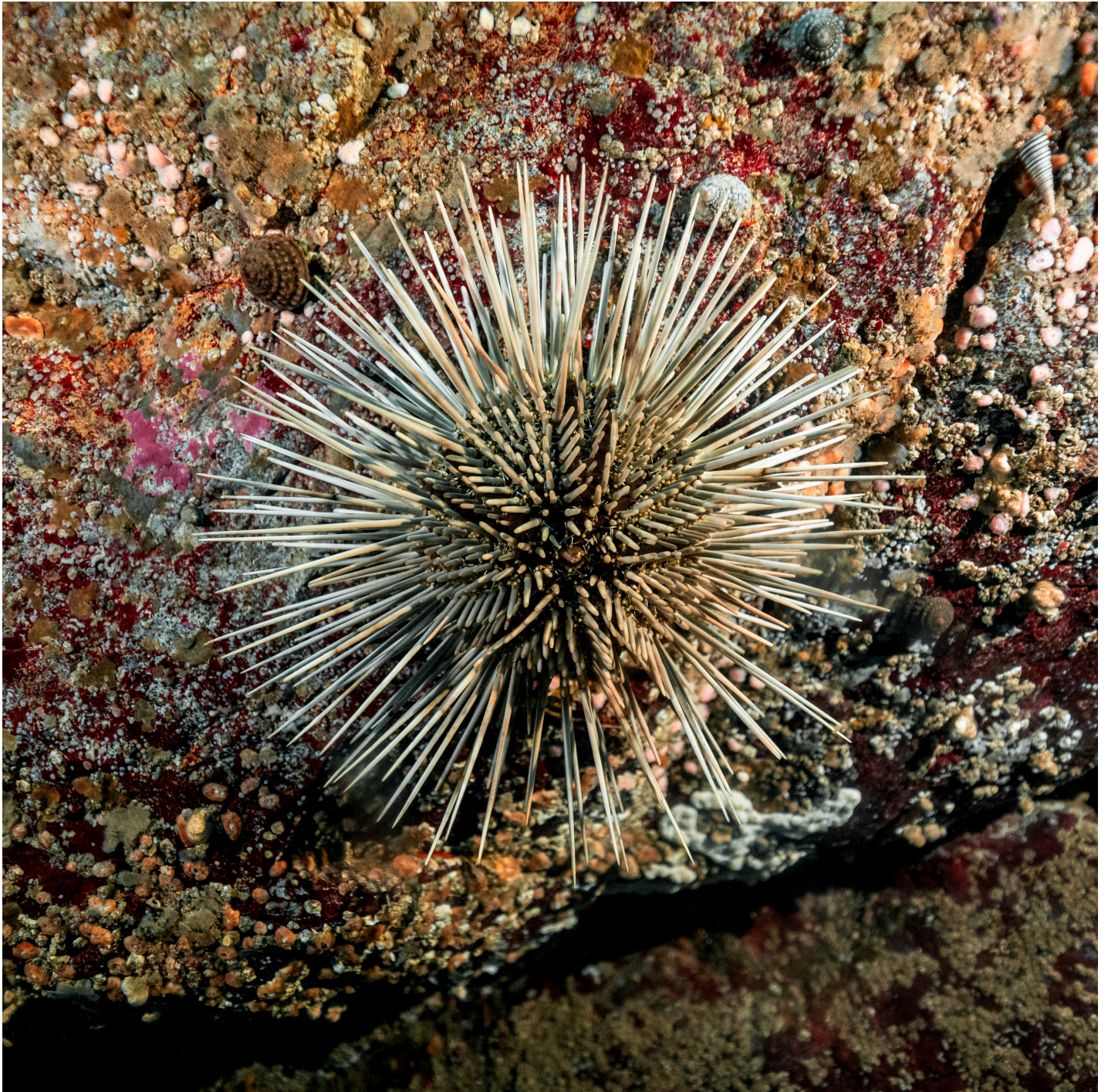
Adicionalmente, los bosques submarinos, que mantienen una estrecha relación con los erizos de mar, se ven cada vez más afectados por la intervención humana. Factores como la acidificación de los mares, el aumento de la temperatura y la pesca ilegal de algas en Chile contribuyen a esta problemática. Según datos del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) en 2020, las plantas elaboradoras concentraron el 69 % de los decomisos de algas, alcanzando un total de 112 toneladas decomisadas.

Ambas problemáticas se desarrollan en un contexto caracterizado por la escasa difusión de información y el limitado conocimiento público al respecto.

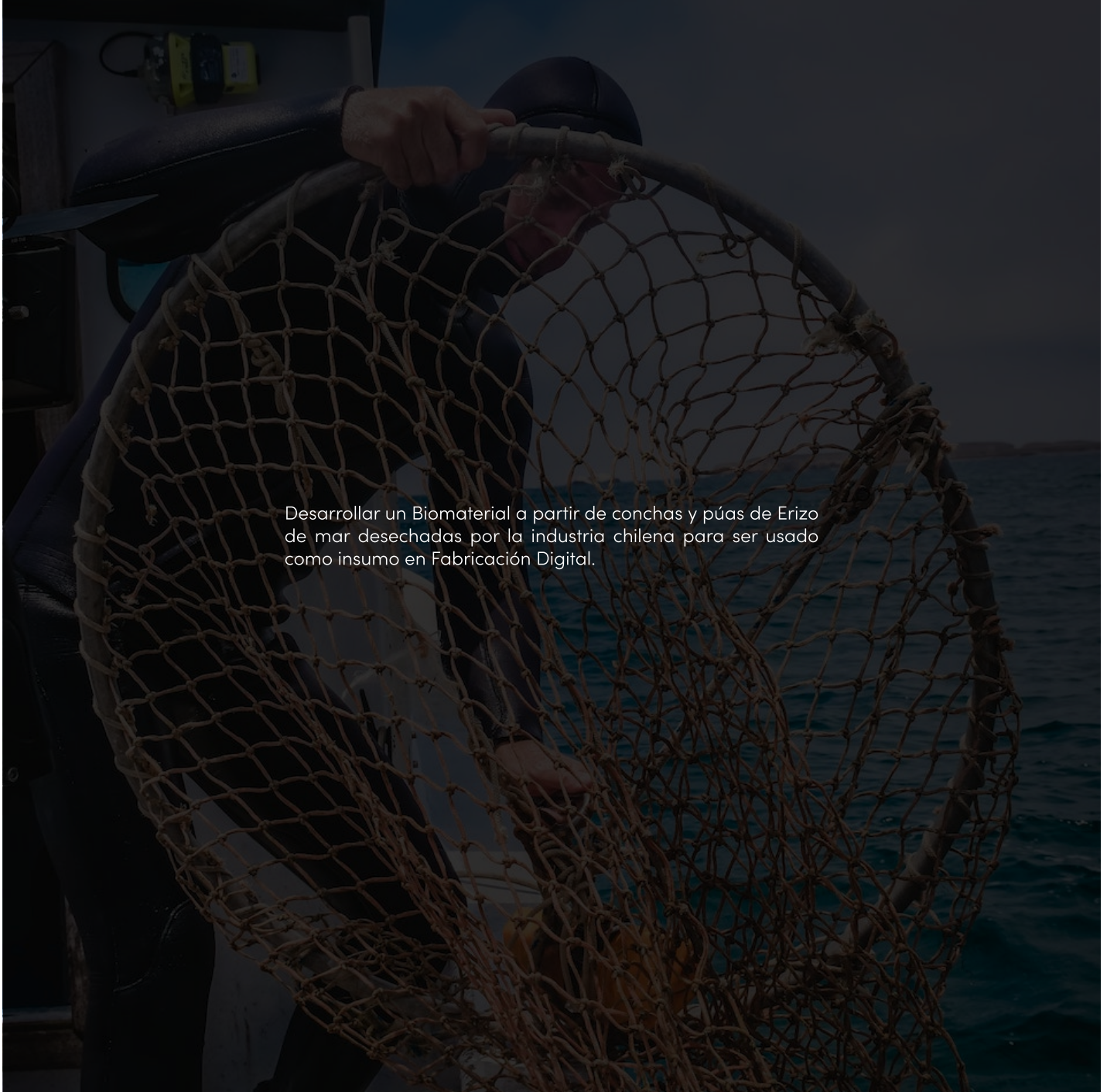
Todo esto se suma a la urgente necesidad de buscar no solo nuevos materiales y enfoques circulares para abordar estos problemas, sino también de incorporarlos en el marco de la nueva revolución industrial. Las tecnologías emergentes ofrecen la oportunidad de desarrollar, moldear y crear de manera más sostenible, constituyendo un aspecto esencial en la búsqueda de soluciones integrales para los desafíos que enfrenta la industria del erizo de mar en Chile.

Es en este contexto que el desarrollo de un nuevo biomaterial no solo representa una oportunidad para abordar los desechos generados por esta industria, beneficiando a las comunidades locales y a las plantas procesadoras, sino que también busca ser un aporte en el ámbito del diseño dentro de este nuevo ciclo asistido por el CAD (Computer Assisted Design).

Sin embargo, este proyecto no solo se centra en la creación de un biomaterial, sino que también abarca la investigación y difusión de información sobre los ecosistemas costeros de nuestro país y cómo de estos dependen miles de personas y la vida de millones de organismos. Esta iniciativa tiene como objetivo no solo abordar los problemas presentes, sino también crear conciencia y conocimiento sobre la interconexión vital entre la industria, los ecosistemas y las comunidades locales.

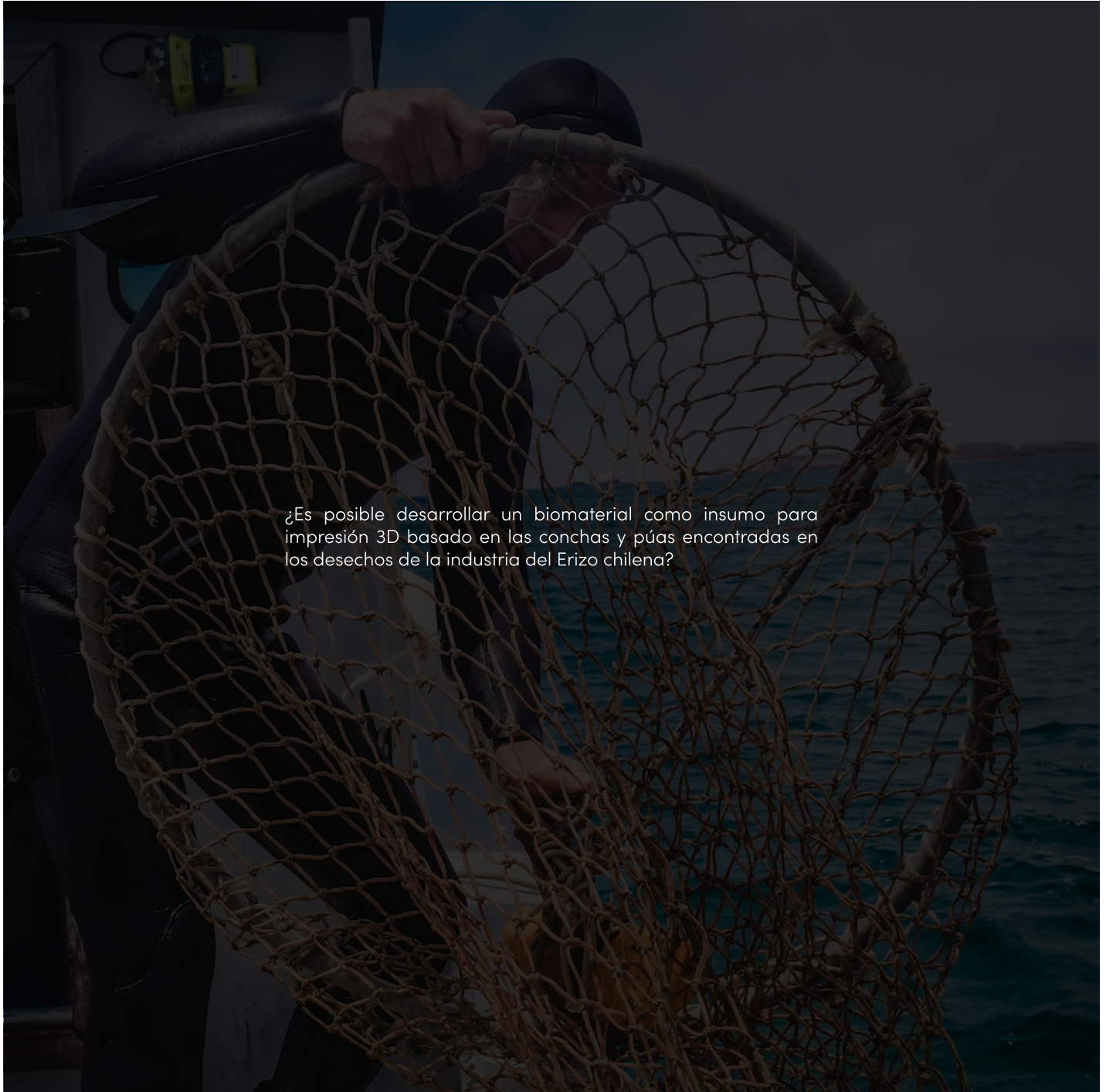


7.1.2 Oportunidad de Diseño



Desarrollar un Biomaterial a partir de conchas y púas de Erizo de mar desechadas por la industria chilena para ser usado como insumo en Fabricación Digital.

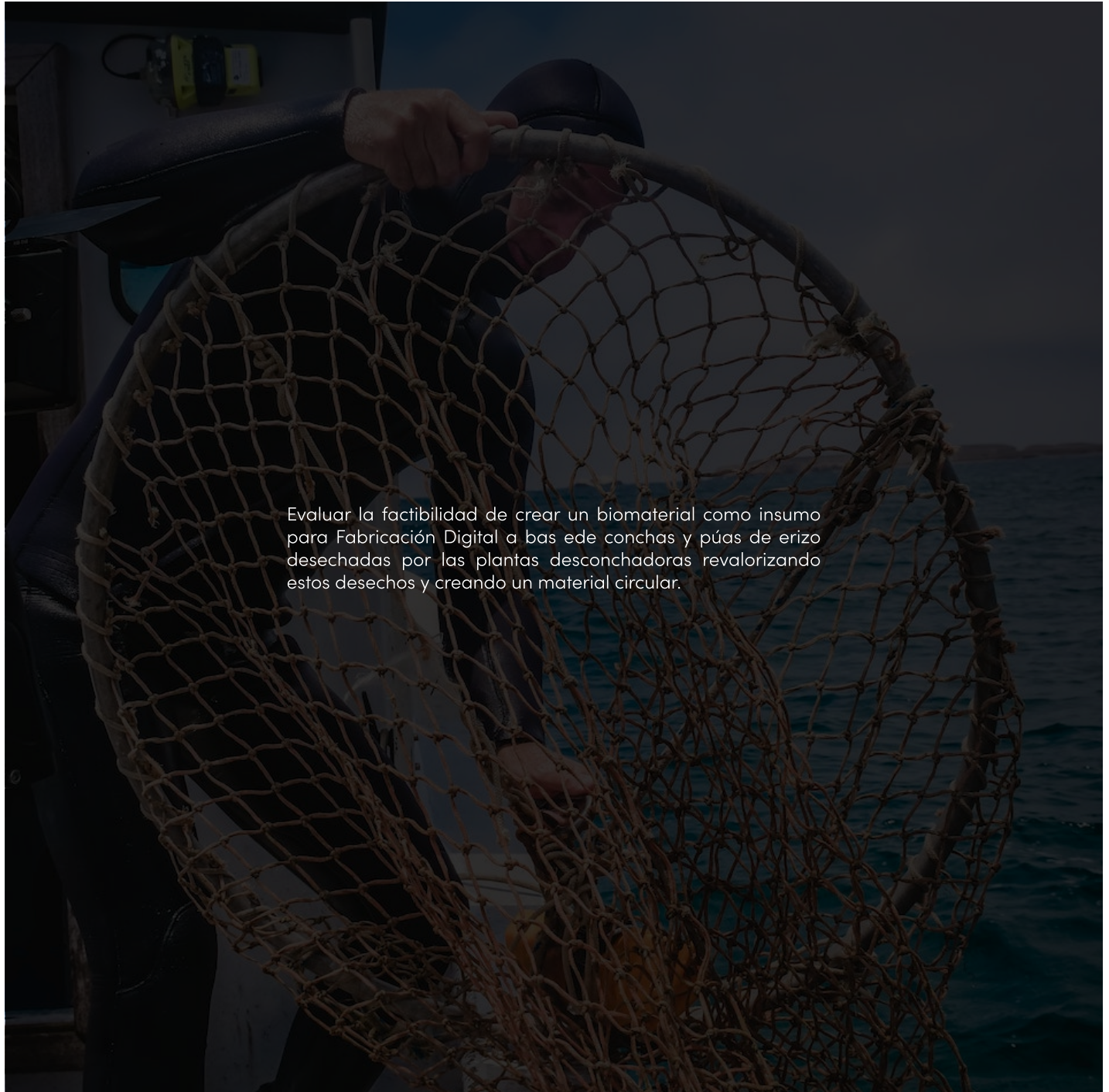
7.1.3 Pregunta de Investigación



¿Es posible desarrollar un biomaterial como insumo para impresión 3D basado en las conchas y púas encontradas en los desechos de la industria del Erizo chilena?

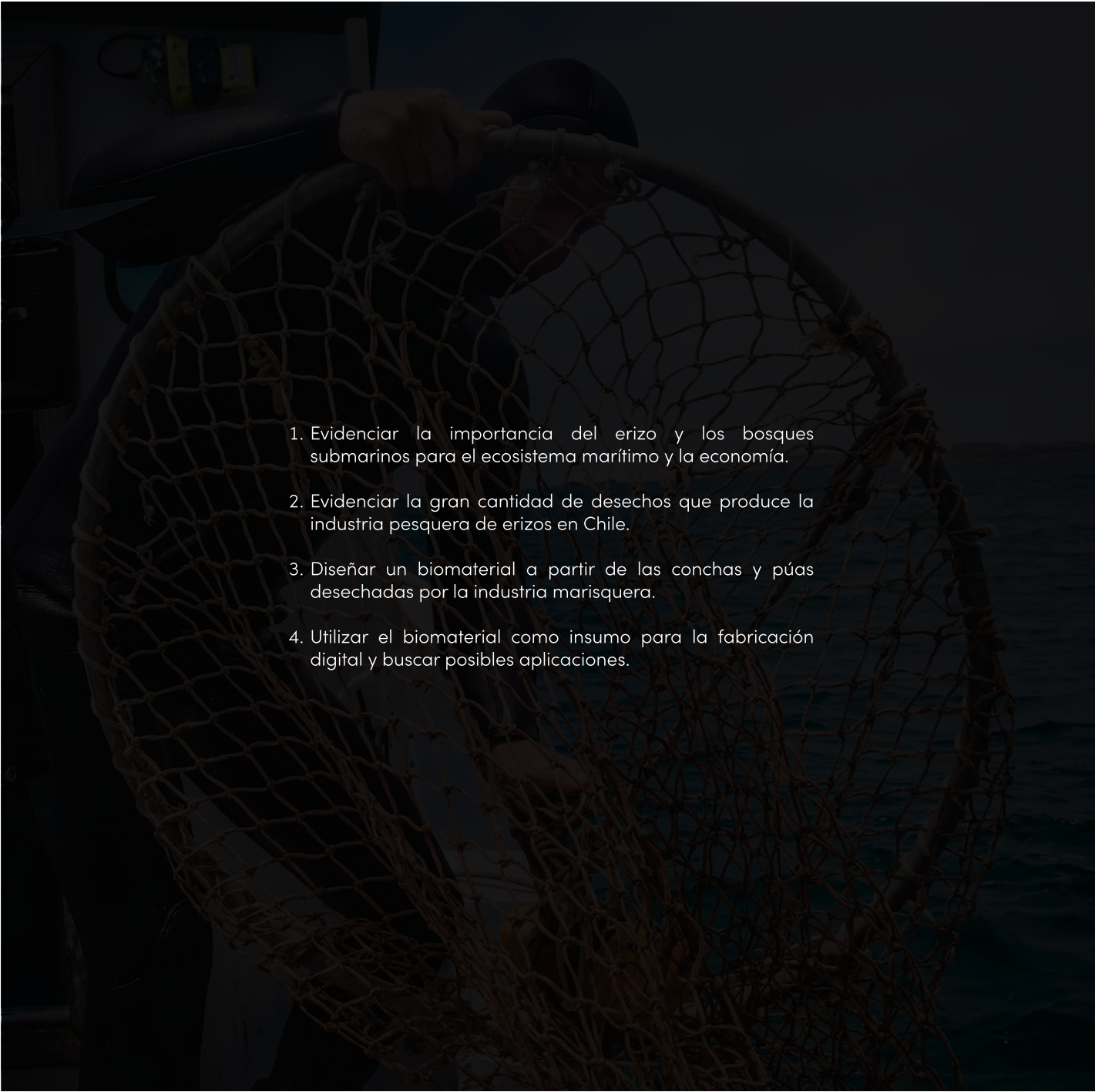
7.2 Objetivos

7.2.1 Objetivo General



Evaluar la factibilidad de crear un biomaterial como insumo para Fabricación Digital a base de conchas y púas de erizo desechadas por las plantas desconchadoras revalorizando estos desechos y creando un material circular.

7.2.2 Objetivos Específicos

- 
1. Evidenciar la importancia del erizo y los bosques submarinos para el ecosistema marítimo y la economía.
 2. Evidenciar la gran cantidad de desechos que produce la industria pesquera de erizos en Chile.
 3. Diseñar un biomaterial a partir de las conchas y púas desechadas por la industria marisquera.
 4. Utilizar el biomaterial como insumo para la fabricación digital y buscar posibles aplicaciones.

08



Metodología

8.1 Herramientas Metodológicas

8.1.1 Enfoque

En esta investigación, se adoptó inicialmente un enfoque exploratorio que comprende la revisión bibliográfica de las tendencias en economía circular y la agenda medioambiental, así como el análisis de la industria de erizos de mar en Chile, evaluando su tamaño y relevancia para la economía del país y las comunidades locales. Además, se investigaron los nuevos materiales, su participación en el ámbito del diseño y su potencial aplicación en la fabricación digital.

Posteriormente, se ingresó a una fase experimental donde se aplicó el método científico con el propósito de responder a la pregunta de investigación: "¿Es factible desarrollar un biomaterial como insumo para impresión 3D basado en las conchas y púas provenientes de los desechos de la industria del erizo chilena?"

Durante esta fase experimental, se llevaron a cabo pruebas preliminares para iniciar la validación de la hipótesis y examinar las propiedades y la morfología del material. Avanzando más allá, se buscó la formulación definitiva que pudiera ser extruida en una impresora de cerámica, permitiendo así la caracterización del material impreso y la exploración de sus posibles aplicaciones.

- Exploratoria: Fase de investigación y revisión bibliográfica.
- Experimental: Observación, pregunta de investigación, experimentación y análisis de resultados.

8.1.2 Tipología

En este estudio, se empleó una metodología mixta. En la fase inicial, se aplicó una metodología cualitativa para examinar las cualidades del material perceptibles a simple vista, como su olor, atributos estéticos y su dureza al tacto, entre otros. Esto permitió obtener una caracterización superficial del material que sirvió como punto de partida para la siguiente etapa.

Posteriormente, en la fase de laboratorio, se optó por una metodología cuantitativa. A través de la recolección, observación y análisis de datos, se llevó a cabo una caracterización minuciosa del material, buscando obtener información detallada que permitiera identificar sus posibles aplicaciones.

La metodología mixta empleada en este estudio posibilita una investigación integral en la que no solo se analizan los datos objetivos proporcionados por las pruebas físico-mecánicas, sino que también se valora el material en términos de sus cualidades estéticas.

- Cualitativa: Observación de las cualidades morfológicas y estéticas del material.
- Cuantitativa: Recolección, observación y análisis de datos entregados por la caracterización al material.

09





Desarrollo

9.1 Etapas

9.1.1 Materia prima

1.



Obtención:

Por razones de tiempo y presupuesto para el desarrollo de esta investigación se recolectaron conchas y púas de Erizo de mar desde el Terminal pesquero Metropolitano ubicado en Lo Espejo.

2.



Limpieza:

Dado que los Erizos de mar son valorados en el mercado mundial únicamente por sus gónadas, el material residual contiene aún un alto porcentaje de materia orgánica.

3.



Secado:

Las conchas aún unidas a las púas son secadas en primera instancia al sol ya que el material presenta un cambio de color a frente a los rayos UV.

4.



Horno:

La materia prima es secada en horno a 270 grados celsius durante 30 minutos para asegurar la quema de la materia orgánica remanente.

5.



Separado:

Las espinas del Erizo de mar contienen un mayor porcentaje de Magnesio (Mg) que las conchas, por esto que en primera instancia fueron utilizadas de manera separada.

6.



Molienda:

Las conchas dado a la pérdida de proteínas en sus poros pueden ser quebradas fácilmente, posterior a estos son molidas y tamizadas para lograr diferentes gramajes.

9.1.2 Biocerámico: Fase 1

1.



Ingredientes:

Una vez se tienen las conchas molidas se usan distintos tipos de gramajes para crear un molde resistente.

2.



Alginato:

El alginato de sodio es mezclado con agua, mezclado y guardado al vacío para ser hidratado por 24 hrs.

3.



Medida:

Se miden los materiales por separado en razones de ml, por ejemplo: 400ml por cada 200ml de alginato al 5% (Calcáreo, 2023)

4.



Mezcla:

Los material son mezclados en un recipiente hasta que quede una masa uniforme, como regla basica el material debería poder ser moldeado con las manos.

5.



Vaciado:

La mezcla es posteriormente vaciada en distintos contenedores para su secado en deshidratadora.

6.



Secado:

Las muestras son secadas en una deshidratadora durante 24 horas como mínimo a 35 grados.

9.1.3 Resultado preliminares

Prueba 01	Conchas (gr)	Púas (gr)	Alg. de Potasio (gr)	Agua (gr)
p1_01	60	-	15	75
p1_02	60	-	13	60
p1_03	60	-	10	50
p1_04	60	-	5	50
p1_05	15	45	2	50

p1_01



p1_02



p1_03



p1_04



p1_05



Prueba 02	Conchas (gr)	Púas (gr)	Alg. de Potasio (gr)	Agua (gr)
p2_01	10	20	30	50
p2_02	15	15	30	50
p2_03	10	10	40	50
p2_04	20	-	40	50
p2_05	5	15	40	50

p2_01



p2_02



p2_03



p2_04



p2_05



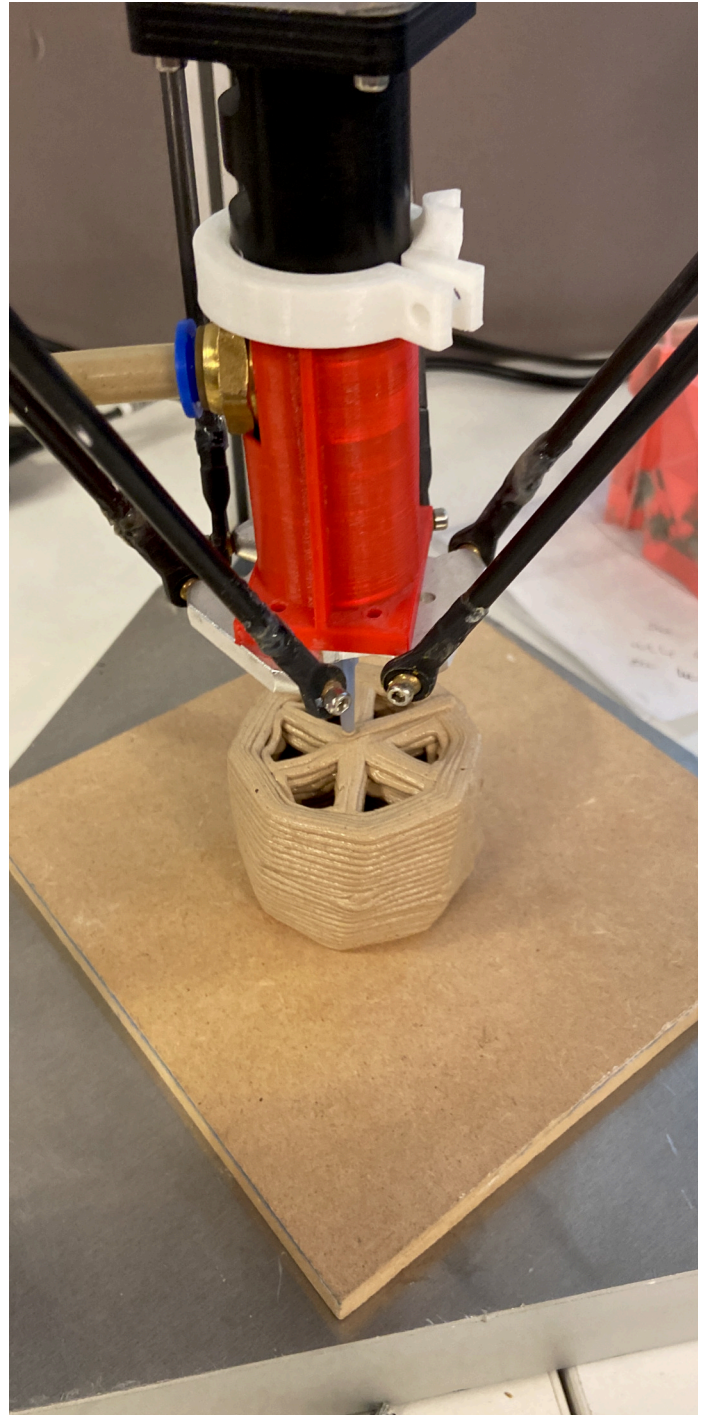
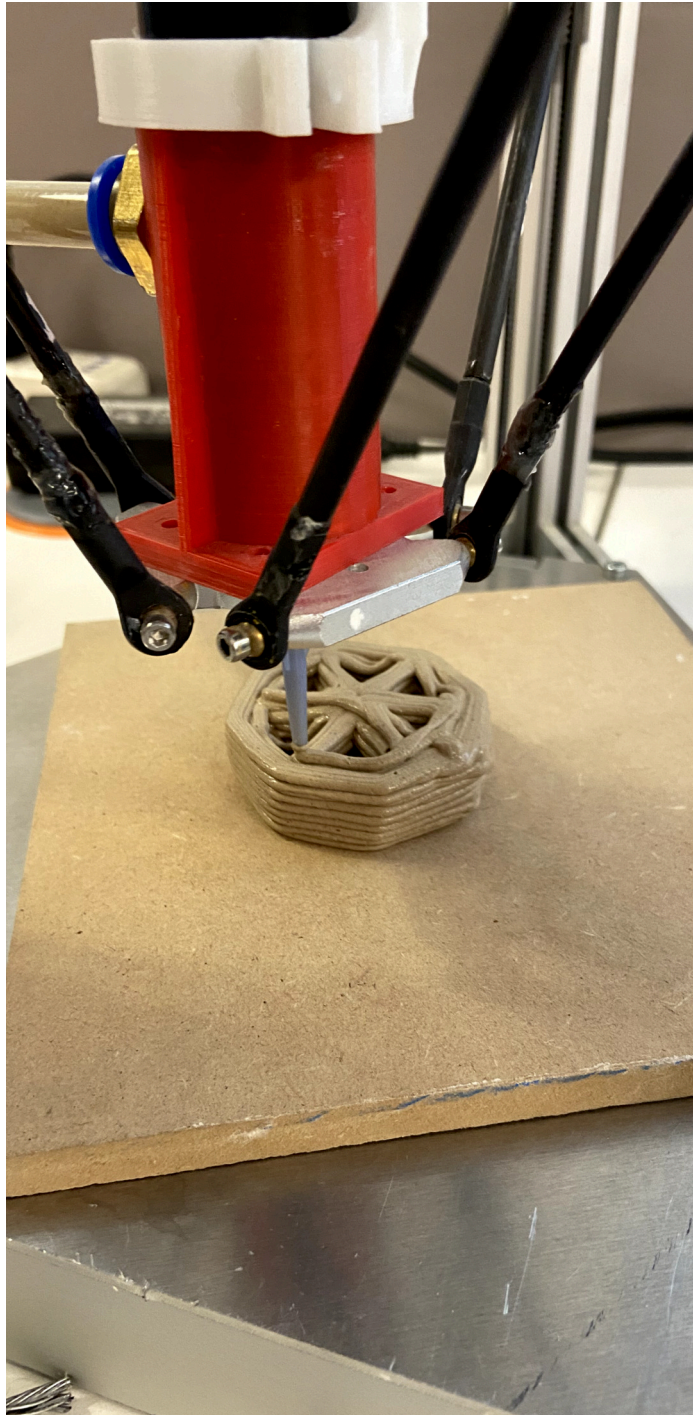
Estas pruebas preliminares se llevaron a cabo de manera informal y con un control limitado; sin embargo, resultaron útiles para realizar una caracterización inicial del material. En primer lugar, se descubrió que el lavado adecuado de las conchas de erizo debe realizarse mediante agua hervida, prescindiendo de aditivos. Este método permite eliminar gran parte de la materia orgánica aún adherida al erizo después del procesamiento. Además, se determinó que el secado debe llevarse a cabo mediante rayos UV, ya que este proceso no solo blanquea el material, sino que también contribuye a neutralizar los olores.

Para lograr diferentes gramajes y, por ende, obtener una amplia variedad de ellos al crear piezas con alta resistencia y solidez, se considera necesario implementar un proceso de tamizado.

Basándonos en estas pruebas preliminares, se tomó la decisión de continuar la investigación, lo que reveló la necesidad de reemplazar el alginato de potasio por alginato de sodio. Este cambio se justifica debido a que el alginato de sodio reacciona en presencia de carbonato de calcio. La reacción química resultante entre el alginato de sodio y el carbonato de calcio es un intercambio iónico que conduce a la formación de un gel sólido.

Es crucial hidratar el alginato durante 24 horas para garantizar su correcto funcionamiento, y el secado de las piezas debe llevarse a cabo a temperaturas no superiores a 35 grados para prevenir grietas u otras deformidades.

9.1.4 Biocerámico: Fase 2 (Impresión)





9.2 Caracterización del Material

9.2.1 Prueba de Solubilidad



La prueba de solubilidad es importante porque permite evaluar cómo un biomaterial cerámico interactúa con fluidos biológicos, como los presentes en el ambiente. Esto es crucial para asegurar la estabilidad química del material, prevenir la liberación de sustancias tóxicas, garantizar su integridad estructural a lo largo del tiempo y optimizar los diseños de implantes y dispositivos médicos.

Además, estas pruebas son fundamentales para cumplir con regulaciones y estándares de la industria biomédica, asegurando la seguridad y calidad del biomaterial en aplicaciones médicas críticas.



Conclusiones: El componente exhibe una notable capacidad de disolución al ser introducido en un recipiente con agua a temperatura ambiente. Asimismo, este experimento evidenció la necesidad de intensificar el procedimiento de lavado de la materia prima. A pesar de ello, se constató que el material mostró una notable resistencia cuando fue sumergido en condiciones de baja humedad ambiental.

9.2.2 Tolerancia a rayos UV



La prueba de tolerancia a rayos UV es importante porque proporciona información crucial sobre cómo los biomateriales cerámicos se desempeñan bajo la exposición a la radiación ultravioleta. Esta evaluación es esencial para asegurar la durabilidad y la integridad estructural a lo largo del tiempo, especialmente en aplicaciones biomédicas como implantes y dispositivos médicos.

Además, permite simular condiciones ambientales realistas, prevenir la degradación prematura del material, garantizar la seguridad del paciente y cumplir con estándares y regulaciones de la industria. En última instancia, estas pruebas contribuyen a la calidad y confiabilidad de los biomateriales utilizados en entornos críticos para la salud.

Conclusiones: Las pruebas se llevaron a cabo exponiendo el producto a la radiación UV de manera intermitente a lo largo de varios días. Esto reveló que el producto no solo experimenta un aclaramiento visual, es decir, elimina los residuos orgánicos adheridos al material, sino que también neutraliza por completo el olor asociado al material.

9.3 Partes Interesadas

9.3.1 Stakeholders

- Plantas Procesadoras de Erizos: Las plantas procesadoras de nuestro país son conscientes de la producción de desechos de la industria, es por esto que se podrían ver beneficiados en la solución que entrega este proyecto de investigación.
- Gobierno Chileno: Las autoridades gubernamentales deben estar al día con la agenda medioambiental y el control de desechos producidos por las diferentes industrias de nuestro país, promoviendo prácticas más sostenibles y jugando un rol clave en la regulación de procesos y manejo de desechos.
- IFOP: El Instituto de Fomento Pesquero es una corporación de Derecho Privado cuyo rol es apoyar el desarrollo sustentable de la industria de la pesquería y acuicultura chilena.
- Comunidades Locales: Las comunidades cercanas a las plantas procesadoras de Erizos son no solo las más afectadas por los desechos producidos por la industria sino también, el alto porcentaje de personas que dependen económicamente de esta misma industria, es por esto que pueden jugar un rol clave en el desarrollo sustentable de procesos y manejos de desechos.
- Huiro Regenerativo: Huiro es un proyecto chileno que busca la repoblación de los bosques submarinos a través de un modelo de cultivo de algas colaborativo. Debido a la estrecha relación entre las algas y los Erizos este proyecto puede ser una interesante alianza entre proyectos que buscan la sostenibilidad en los ecosistemas costeros de nuestro país.

9.3.2 Beneficiarios

- Investigadores: Esta investigación busca ser aporte no solo en el mundo del diseño si no también en la investigación de nuevos materiales, la gestión de desechos y al mismo tiempo busca dilucidar la importancia de los bosques submarinos chilenos y su estrecha relación con la dotación de Erizos de mar en Chile.
- Diseñadores: Variados diseñadores tanto industriales como gráficos pueden verse beneficiados por este proyecto debido al aporte que realiza en el mundo de la Fabricación Digital y la búsqueda de materiales circulares.
- Plantas Procesadoras de Erizos: Además de stakeholders las plantas procesadoras se ven beneficiadas con este proyecto ya que no será necesario buscar sitios eriazos para ser usados como vertederos ilegales.
- Sociedad: Este proyecto tiene un gran impacto en la entrega de información tanto de la industria chilena de Erizos y la producción de desechos de esta como también la importancia de los ecosistemas costeros chilenos y su importancia tanto cultural, social y económica.

9.4 Presupuesto

9.4.1 Plan de Financiamiento

Este plan de financiamiento se ha diseñado considerando la posibilidad de postular al programa de apoyo al desarrollo tecnológico PADT Alumni 2024. Su propósito principal es dar seguimiento a los resultados obtenidos en el proyecto de tesis anterior y, en esta fase posterior, optimizar los procesos de producción del biomaterial en cuestión. Además, se pretende caracterizar las propiedades de este biomaterial con el fin de identificar posibles aplicaciones.

La participación en PADT Alumni se percibe como un medio para obtener respaldo tanto técnico como financiero destinado a la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico relacionado con este biomaterial y sus posibles usos. Esto implica la capacitación, asesorías y recursos técnicos y humanos necesarios. Asimismo, se busca avanzar hacia una fase de pruebas físico-mecánicas estandarizadas que permitan una caracterización precisa del biomaterial.

Insumos Biomaterial	Investigador	Aporte UDD	PADT Alumni 2024
Olla	\$59.990	-	-
Trituradora	\$299.090	-	-
Set de Tamizadores	\$88.280	-	-
Balanza Gramera 5 kg	\$113.288	-	-
Alginato de Sodio / 100g x 10	\$53.400	-	-
Glicerina Vegetal 1L	\$6.490	-	-
Contenedores / 0.7L x 6	\$2.970	-	-
Bowl Acero Inox. / 23 cm x 3	\$35.970	-	-
Vasos Precipitados / 250 ml x 5	\$9.500	-	-
Espátula Mezquino	\$3.990	-	-
Molde Triple para Cubos 5 ³	\$22.950	-	-
Deshidratadora	\$149.805	-	-
Impresora 3D Eazao Matrix	-	-	\$1.480.475
Total	\$791.723		\$1.480.475

Pruebas físico-mecánicas	Investigador	Aporte UDD	PADT Alumni 2024
Compresión	-	-	\$202.500
Tracción	-	-	\$202.500
Flexión	-	-	\$202.500
Biodegradabilidad	-	-	\$202.500
Ángulo de contacto	-	-	\$202.500
Solubilidad	-	-	\$202.500
Total	-	-	\$1.215.000

Personal Técnico	Investigador	Aporte UDD	PADT Alumni 2024
Investigador Principal	-	-	\$2.500.000
Co. Investigador	-	-	\$1.000.000
Ayudante	-	-	\$300.000
Total	-	-	\$3.800.000

Institución	Investigador	Aporte UDD	PADT Alumni 2024
Aporte	\$791.723		\$5.280.475

Total Final	\$6.072.198
-------------	-------------

10





Conclusiones

10.1 Aporte de la Investigación

10.1.1 Ambito Cultural

Esta investigación genera un impacto significativo en el ámbito cultural al difundir información crucial sobre la industria marisquera chilena y su destacada relevancia para diversas comunidades costeras en nuestro país. Asimismo, se propone informar sobre la trascendental importancia de los bosques submarinos a nivel global, destacando especialmente la relevancia del bosque submarino chileno, catalogado como uno de los más esenciales y prolíficos en todo el mundo.

En un sentido más amplio, el objetivo de esta investigación va más allá de la mera divulgación, ya que busca fomentar la conciencia acerca de la necesidad de adoptar prácticas sostenibles y responsables en la gestión de los recursos marinos.

Además, se plantea como objetivo primordial impulsar la exploración de materiales circulares y modelos de negocios innovadores, desafiando el paradigma obsoleto del "tomar-hacer-tirar". Este enfoque busca promover la transición hacia un sistema más sostenible, donde se valore la eficiencia en el uso de los recursos y se incentive la preservación de los ecosistemas marinos para las generaciones futuras.

10.1.2 Ambito Económico

Esta investigación no solo ofrece una perspectiva única de crecimiento para las plantas procesadoras, ya que la revalorización de sus desechos les permitiría evitar la necesidad de deshacerse de ellos, muchas veces recurrir a métodos ilegales. Más allá de simplemente abordar la gestión de residuos, este enfoque representa una oportunidad transformadora para estas plantas al convertir sus subproductos en recursos valiosos, contribuyendo así a la sostenibilidad de sus operaciones.

Asimismo, este innovador material no solo se erige como objeto de estudio, sino que también se posiciona como un motor impulsor del desarrollo sostenible en diversas industrias emergentes en nuestro país. Los biomateriales, al demostrar su versatilidad y beneficios ambientales, no solo captan la atención como área de investigación, sino que también se perfilan como una opción viable y atractiva para la implementación práctica en distintos sectores industriales en expansión.

En un contexto más específico, este material ofrece una significativa oportunidad de crecimiento para las pequeñas localidades chilenas que tienen una conexión directa o indirecta con la industria del erizo y otros mariscos en nuestro país. Proporciona una nueva y valiosa perspectiva al presentarles la posibilidad de generar empleo a través de la utilización de este nuevo material circular. Este enfoque no solo revitalizaría las economías locales, sino que también fortalecería la resiliencia de estas comunidades al diversificar sus fuentes de ingresos y reducir su dependencia exclusiva de las industrias tradicionales.

10.1.3 Ambito Social

La investigación y desarrollo de un biomaterial a partir de conchas de erizos no solo representa un avance científico, sino que también tiene el potencial de generar un impacto significativo en las comunidades locales de las costas de nuestro país. Dada la posición destacada de Chile como el mayor productor de erizos del mundo, la magnitud de los desechos generados por esta industria se convierte en un problema relevante que afecta directamente a estas comunidades costeras. En este contexto, el proyecto no solo se enfoca en la creación de un nuevo material, sino que también aspira a ser un catalizador para la transformación positiva en estas áreas.

El propósito fundamental de este proyecto va más allá de la innovación material y se extiende hacia la generación de oportunidades de empleo en las comunidades locales. Al reutilizar las conchas de erizos, se abre la puerta a la creación de trabajos relacionados con la producción y procesamiento del biomaterial, contribuyendo así al desarrollo económico sostenible en estas regiones.

Además, este proyecto tiene un componente crucial de concientización. Busca destacar la importancia vital de la industria de los erizos para nuestro país, no solo desde una perspectiva económica sino también desde el punto de vista ecológico. Al resaltar la interconexión entre la salud de esta industria y la sostenibilidad de los ecosistemas costeros, se pretende sensibilizar a la sociedad sobre la necesidad de cuidar y preservar estas áreas para garantizar un equilibrio ambiental duradero.

En última instancia, el proyecto no solo se posiciona como una iniciativa científica, sino también como un agente de cambio integral que busca armonizar el progreso con la responsabilidad ambiental y social.

10.1.4 Ambito Personal

Este proyecto ha dejado una marca profunda en mi vida, brindándome una conexión significativa con los ecosistemas marinos. A través de su desarrollo, he experimentado un crecimiento sustancial como diseñador, explorando diversos aspectos que incluyen investigación, fotografía, diseño gráfico, videografía y, notablemente, reavivando una pasión latente: la cerámica.

Lo que es aún más impactante es cómo este proyecto ha demostrado que la investigación y la organización meticulosa pueden dar lugar a conexiones sólidas y fructíferas. Me ha inculcado un interés profundo en la creación de plataformas de difusión de información. Mi aspiración va más allá de que este proyecto sea simplemente reconocido como una iniciativa para la creación de biomaterial; anhelo que sea reconocido como una plataforma de difusión que destaca la vital importancia de los ecosistemas submarinos y costeros en nuestro país.

Este viaje no solo ha impulsado mi desarrollo profesional y creativo, sino que también ha reforzado mi convicción de que la investigación bien fundamentada y la organización meticulosa pueden catalizar conexiones valiosas. Estoy profundamente motivado por la posibilidad de utilizar este proyecto como un medio efectivo para difundir información sobre la relevancia crítica de preservar y entender nuestros ecosistemas marinos y costeros. En última instancia, mi ambición es que este proyecto trascienda su identidad inicial y sirva como un faro de conciencia ambiental y educación en torno a la biodiversidad marina.

11





Referencias

11.1 Bibliografía

1. Ellen MacArthur Foundation (n.d.). ¿Qué es una economía circular? Retrieved June 23, 2023, from <https://ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/vision-general>
2. Ellen MacArthur Foundation (n.d.). ¿Qué es la economía lineal? Retrieved June 23, 2023, from <https://ellenmacarthurfoundation.org/es/que-es-la-economia-lineal>
3. Ecoemb (2018, July 16). La economía lineal: Riesgos y consecuencias. The Circular Lab. Retrieved May 31, 2023, from <https://www.thecircularlab.com/economia-lineal-riesgos/>
4. Ellen MacArthur Foundation (n.d.). The circular economy in detail. Retrieved June 23, 2023, from <https://ellenmacarthurfoundation.org/the-circular-economy-in-detail-deep-dive>
5. Ladera Sur (8, Septiembre, 2015). Karün: Una empresa consciente con el medio ambiente - Entrevista a su fundador, Thomas Kimber. Laderasur. <https://laderasur.com/articulo/karun-una-empresa-consciente-con-el-medio-ambiente-entrevista-a-su-fundador-thomas-kimber/>
6. ONU (n.d.). Acerca de Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas. Retrieved May 13, 2023, from <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>
7. UNSW Sydney. (2023, April 19). Kelp forests worth hundreds of billions as an ecosystem in our waters. UNSW Sydney Newsroom. https://newsroom.unsw.edu.au/news/science-tech/kelp-forests-multi-billion-dollar-ecosystem-our-waters?utm_source=reddit&utm_medium=social
8. Steneck, Roberth & Graham, Michael & Bourque, Bruce & Corbett, Debbie & Erlandson, Jon & Estes, James. (2002). Kelp Forest Ecosystems: Biodiversity, Stability, Resilience and Future. *Environmental Conservation*. 29. 436-459. 10.1017/S0376892902000322.
9. Pearse, J. (1999). Sea urchins. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/284552722>
10. Bernasconi, I. (1953). The structure and function of the Aristotle's lantern in the regular echinoids. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 237(667), 1-50.
11. Lawrence, J. (2020). *Sea Urchins: Biology and Ecology*. Elsevier Science & Technology.
12. Freeman, S. M. 2004. Echinoidea. In B. Grzimek, S. F. Craig, D. A. Thoney, N. Schlager, and M. Hutchins. *Grzimek's Animal Life Encyclopedia*, 2nd edition. Detroit, MI: Thomson/Gale. ISBN 0787657786.
13. Ling, S. D., Johnson, C. R., Frusher, S. D., & Ridgway, K. R. (2009). Overfishing reduces resilience of kelp beds to climate-driven catastrophic phase shift. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(52), 22341-22345.
14. Flukes, E. B., Johnson, C. R., & Ling, S. D. (2012). Forming sea urchin barrens from the inside out: An alternative pattern of overgrazing. *Marine Ecology Progress Series*, 464, 179-194. doi: 10.3354/meps09881
15. Davenport, C., & Wines, M. (2021, October 4). A California delicacy is under threat, pitting a chef against a 5G tower. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2021/10/04/dining/california-sea-urchin-kelp-coastline.html>
16. Pesca y Acuicultura (n.d.). Pesca Artesanal. SUBPESCA. Retrieved May 24, 2023, from <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3article-645.html#:~:text=Actualmente%20se%20encuentran%20inscritos%20cerca,Reserva%20para%20la%20Pesca%20Artesanal>.
17. SERNAPESCA (n.d.). Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB). SUBPESCA. Retrieved March 25, 2023, from <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-50830.html#collapse12>
18. Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (2022, June 1). LA PESQUERÍA DE ERIZO EN LA REGIÓN DE AYSÉN, ¿QUÉ HACER PARA RECUPERARLA? CIEP. Retrieved May 24, 2023, from <https://www.ciep.cl/2022/06/01/la-pesqueria-de-erizo-en-la-region-de-aysen-que-hacer-para-recuperarla/>
19. (2021). *Mujeres y Hombres en el Sector Pesquero y Acuicultor de Chile 2021*. Dirección de Obras Portuarias, (15). https://dop.mop.gob.cl/acercadeladireccion/Documents/Mujeres_y_Hombres_en_el_Sector_Pesquero_y_Acuicultor_2021.pdf
20. FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. 243. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
21. (2005). PLAN DE MANEJO PESQUERIAS BENTONICAS ZONA CONTIGUA REGIONES X-XI. 27. https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-83783_documento.pdf
22. (2023, May 19). Entrevista Nancy Barahona. Instituto IFOP.
23. Subpesca (n.d.). Algas. SUBPESCA. Retrieved May 24, 2023, from <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-620.html>

24. [Insider Business]. (2022, February 5). Why Sea Urchins Are So Expensive | So Expensive [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=M6joZsJpXWM>
 25. Reynolds, J. A., & Wilen, J. E. (2003). The sea urchin fishery: Harvesting, processing, and the market. *Marine Resource Economics*, 15(2), 115–126.
 26. Stotz, W. B. (2010). The history of the Chilean urchin fishery: Chronicle of an announced death? In E. A. Chávez & J. W. F. Whitaker (Eds.), *Trade-offs in conservation: Deciding what to save* (pp. 525–532). CRC Press. doi: 10.1201/9780203869543-c84
 27. James, P., Lovatelli, A., & Purcell, S. (Eds.). (2019). *Advances in sea urchin aquaculture and management* (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 636). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca9657en>
 28. Drozdov, A. L., Sharmankina, V. V., Zemnukhova, L. A., & Polyakova, N. V. (2016). Chemical composition of spines and tests of sea urchins from the Sea of Japan. *Biology Bulletin*, 43(6), 521–531. doi: 10.1134/S1062359016060078
 29. Biofabricate and Fashion for Good. (2020). Understanding 'Bio' Material Innovations: a primer for the fashion industry. <https://www.biofabricate.co/wp-content/uploads/2020/12/Biofabricate-Fashion-for-Good-Understanding-Bio-Material-Innovation-Primer-for-the-Fashion-Industry.pdf>
 30. Krauthausen, K., & Schäfer, D. (2021). Materials Matter: Introduction. In K. Krauthausen & D. Schäfer (Eds.), *Materials Matter* (pp. 1–38). De Gruyter. DOI: 10.1515/9783110562064-001
 31. Calcáreo — Caro Pacheco. (2019). Caro Pacheco. <https://www.caropacheco.work/calcareo>
 32. (2023, Jun 2023). Entrevista Carolina Pacheco (Calcáreo). Alumni Diseño UC
 33. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). (2020). Industry 4.0: A Comprehensive Overview. Volume-9 Issue-11, September 2020. Blue Eyes Intelligence Engineering and Sciences Publication. Retrieval Number: 100. <https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v9i11/K12030991120.pdf>
 34. Chryssolouris, G., Mavrikios, D., Papakostas, N., Mourtzis, D., Michalos, G., & Georgoulas, K. (2009). Digital manufacturing: History, perspectives, and outlook. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 223(5), 451–462. doi: 10.1243/09544054JEM1241
 35. World Economic Forum. (2016). The Fourth Industrial Revolution. Retrieved from <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>
 36. Smith, J. D. (2021). *Additive Manufacturing Technologies: An Overview of 3D Printing Methods and Future Prospects* [PDF file]. XYZ Publishing. <https://www.example.com/additive-manufacturing-technologies.pdf>
 37. Parametric-architecture.com. Recuperado el 25 de noviembre de 2023, de <https://parametric-architecture.com/3d-printed-earth-wall-with-embedded-staircase-wasp-iaac/>
 38. Latam, M. (2021, April 1). Pesca ilegal de algas: la cadena de infracciones detrás del delito en Chile. BioBioChile - La Red De Prensa Más Grande De Chile. <https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2021/04/02/pesca-ilegal-de-algas-la-cadena-de-infracciones-detras-del-delito-en-chile.shtml>
- Investigación y resolución de preguntas: <https://www.chatpdf.com/>
 - Desarrollo de texto: <https://chat.openai.com/>
 - Recetario Biomateriales: <https://materiom.org/>

Bentos

A partir del griego / βένθος benthos / 'fondo del mar'.
m. Biol. Conjunto de organismos que viven en los fondos acuáticos.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA