



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

Khelp

Soporte para cultivos de huiro en las rocas de la zona intermareal de las costas chilenas.

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

Autora: Jacinta San Martín Avilés
Profesor guía: Iván Caro Pinto

JULIO 2021 | Santiago, Chile

“Lo más valioso que extraemos de los océanos es nuestra existencia”.

– **Sylvia Earle**



Gracias a Iván, mi profesor guía, por tenerme paciencia con los constantes cambios de tema desde el año pasado e incentivarme a involucrarme en un área fuera de mi zona de confort. A Rodrigo Oyanedel, biólogo marino, quien me presentó el problema de la deforestación marina y su importancia. A Alejandra González, Doctora en Ciencias y bióloga marina, quien me abrió las puertas para participar en su proyecto. A Alfonso, por darme constantemente buenas ideas y motivación, además de ser el auspiciador oficial. A la Flo y a la Ame por su ayuda y apoyo en todo. Al Jota y a la Nacha por la sede y ayuda en los testeos, y a mis papás por darme la oportunidad de entrar y crecer en esta carrera.

CONTENIDOS

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Motivaciones personales | 5 |
| Resumen | 6 |
| Introducción | 7 |
| I. Marco Teórico | 9 |
| II. Proyecto Quimeras | 25 |
| III. Formulación del proyecto | 28 |
| IV. Desarrollo del proyecto | 43 |
| V. Propuesta final | 64 |
| VI. Logotipo | 76 |
| VII. Implementación | 79 |
| VIII. Proyecciones | 82 |
| IX. Conclusiones | 85 |

MOTIVACIONES PERSONALES

Desde siempre he sentido una fascinación por los animales y la naturaleza en general. La carrera de veterinaria se ha convertido en un sueño frustrado para mí. A pesar de mi interés por estos seres vivos, nunca se me dio bien el área científica; en el colegio no me destacaba en biología ni en química, pero sí en las artes y humanidades. Es por esto que al egresar el año 2015 opté por estudiar arte y, luego de un semestre, me cambié a diseño prácticamente por descarte.

La razón de querer una carrera más afín con las ciencias era mi necesidad de querer hacer un aporte real al mundo; la necesidad de el día de mañana encontrar un lugar de trabajo que me permitirá estar al aire libre y no encerrada en una oficina frente a un computador. No fue

hasta mi tercer año de universidad que me di cuenta de lo equivocada que estaba.

Durante mis 5 años de carrera no desperdicié ninguna oportunidad que me dieron para hacer proyectos que me permitieran acercarme a la naturaleza, a un entorno distinto al de mi día a día. Con el pasar de los años y con los conocimientos que fui adquiriendo con mis estudios, fui descubriendo cómo el diseño es capaz de involucrarse con otras áreas, sin ser necesariamente experto en ellas. Encontré formas de poder ayudar a construir lo que creo que es un mundo mejor desde mis fortalezas y a dejarme ayudar en las debilidades. Aprendí que el diseño está y se necesita en todos lados.

RESUMEN

En el norte de Chile, existe un problema ambiental que pasa desapercibido a los ojos de la mayoría. Los bosques de huiro están desapareciendo a raíz del aumento de la demanda de algas por países extranjeros. La cantidad de usos que las nuevas tecnologías han proporcionado a estas especies submarinas, ha generado altas tasas de sobreexplotación. Las algas ya no se obtienen únicamente por medio de la recolección como se hacía antaño, hoy son miles los pescadores que se bajan de sus botes para ir a bucear y extraer los huiros desde su base, maltratando el fondo marino con chuzos para poder obtenerlas. El problema radica en que los bosques de algas contienen un ecosistema muy rico y complejo. Al extraer las algas desde su base, se evita que puedan reproducirse, y esto afecta a todos los seres que las habitan. Los bosques acuáticos proveen refugio, alimento y espacio de crianza para muchas especies como erizos, locos e incluso grandes peces. Sin los bosques, todos ellos se ven desprovistos de sus necesidades más básicas, por lo que desaparecen de la zona. Esto no solo afecta a nuestra flora y fauna, sino que también se ve directamente relacionado con las personas que viven de la recolección de las algas y los organismos que las habitan.

En este informe se desarrolla la propuesta del diseño de un soporte mecánico para sostener cultivos de huiro en las rocas de la zona Intermareal. Pretende resolver la problemática de como rescatar la flora marina que se ve afectada por la sobreexplotación humana en ese sector. Es un trabajo interdisciplinario, apoyado por expertos del mundo científico, que busca cómo crear una solución física, que permita el desarrollo de cultivos en una zona de difícil crecimiento y adhesión debido a la rompiente de olas, todo esto sin intervenir de forma drástica en el ambiente marino. Este proyecto aspira a ser entendido por todos y, más aún, ser utilizado por aquellos que se relacionen con el mundo de las algas, para que todos podamos contribuir en la conservación de nuestros ecosistemas.

INTRODUCCIÓN

Chile es reconocido a nivel mundial por su belleza y atractivos naturales. Dentro de nuestro territorio se puede encontrar un extenso Desierto de Atacama o una interminable carretera Austral. Bosques llenos de arrayanes como la selva Valdiviana, y otros llenos de araucarias como el Parque Nacional Conguillio. Estos son algunos de los famosos paisajes de nuestro país. Pero existe uno que no está a la vista de todos y que muy pocos han logrado conocer: los bosques de algas.

Los bosques marinos, o también conocidos como huirales, son ecosistemas costeros formados por un tipo de alga clasificada como “alga parda”. Estos pueden extenderse por muchas hectáreas y alcanzar alturas aproximadas a los 30 metros. Pueden encontrarse a poca profundidad o bien hasta 200 metros bajo el mar, dependiendo de la especie de alga por la que esté conformado el bosque (Desafío Tierra, 2020). Según un informe del Banco Mundial, cerca de un tercio de la superficie de macroalgas costeras se encuentra en Chile, y a pesar de no ser tan conocidas, son sumamente importantes.

Estos bosques cumplen con muchas funciones fundamentales para el medio ambiente. Proporcionan refugio ante la depredación y corrientes marinas a muchas especies como el erizo de mar, las lapas o caracoles. En este ecosistema habitan también especies más grandes como pejerreyes o lobos marinos los cuales se alimentan de otras especies asociadas al bosque. No solamente son refugio y fuente de alimento, sino que también generan un espacio para que diferentes peces puedan usar estas zonas de crianza y desove, es decir, donde ponen sus huevos para que estén protegidos (Herrera, 2020).

Queda claro que los bosques marinos son un ecosistema indispensable para la supervivencia de miles de especies marinas, pero también hay que tener en cuenta que es igual de importante para nosotros como seres humanos. Las algas funcionan como protectoras de la costa frente al impacto de las olas, tormentas, tsunamis y ciclones. Absorben el dióxido de carbono (CO₂) a tasas hasta 50 veces mayores que los bosques en tierra, lo que los convierte en una verdadera solución climática (Hamilton, 2021).

Cuando los bosques terrestres sufren el impacto de un incendio o cuando los están talando, todas las ONG, activistas y gobiernos encienden sus alarmas y comienzan el combate en contra de aquello que pueda amenazarlos. Es fácil hacer eso cuando el problema está ahí a la vista de todos, y ver la desaparición de un bosque de árboles queda expuesto a los ojos de quien mire. Pero cuando nadie ve, es difícil lograr que alguien haga algo al respecto. Alrededor de todo el mundo los bosques submarinos están desapareciendo, en Nueva Zelanda, Australia y África se han esfumado grandes partes de estas áreas. “California ha perdido más del 94%, Tasmania el 95% y Canadá el 67% de sus bosques de algas” (Hamilton, 2021).

¿Por qué desaparecen?

Una de las razones es que, a medida que los niveles de CO₂ aumentan en la atmósfera por distintas causas naturales y antropogénicas, más gas se disuelve en los océanos, aumentando sus niveles de acidez. Cuando esto ocurre en aguas más cálidas, se genera un impacto devastador para los arrecifes de coral y los ecosistemas de algas marinas. A esto se le suma que hoy en el mundo 220 especies de algas tienen valor comercial (Hamilton, 2021), por lo que la extracción masiva se ha convertido en una práctica común. Los nuevos usos que le hemos dado los seres humanos a este tipo de alga hacen que sea un bien muypreciado económicamente. Desde el siglo IV en Japón y desde el siglo VI en China, que comenzó su utilización. En oriente se consumían directamente, ya que contienen muchas propiedades positivas para la salud de los seres humanos, y en los últimos 50 años esta costumbre se ha traspasado al mundo occidental, y los nuevos descubrimientos sobre ellas han aumentado su demanda considerablemente.

En el mercado actual las algas aún se pueden encontrar sin procesar para su consumo directo, pero su principal función se encuentra en la posibilidad de extraer hidrocoloides de ellas. Estos son el agar, el alginato y la carragenina, que son utilizados para estabilizar productos comestibles, como por ejemplo el helado o la cerveza, y para diversos productos cosméticos. Se han encontrado también formas de crear combustibles a base de algas generando con ellas gas metano o bien utilizando las mismas para un biodiésel. Estos nuevos usos, avances tecnológicos y descubrimientos han llevado a que se extraigan cerca de 55 mil toneladas de algas al año (peso en seco). El crecimiento de la demanda en estos años ha superado con creces la capacidad de la oferta que las reservas naturales pueden ofrecernos (FAO, 2004). Esto ha traído consigo altos niveles de pesca ilegal y con ello la deforestación de los bosques marinos, hábitat de crucial importancia para la vida en el mar (Herrera, 2020).

Chile país N°1 exportador de algas silvestres.

En nuestro país se ha hecho la vista gorda a esta problemática, y a pesar de que hay quienes han tratado de visibilizar el problema, según un documento reciente de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), nos posicionamos como el país número uno de cosechadores de algas silvestres, representando un 40% de este tipo de cosecha a nivel mundial. Nos siguen en la lista China, Noruega y Japón, y aun que suene increíble, estos tres países juntos no alcanzan el volumen de la cosecha que se produce en Chile (Hamilton, 2021).

A los huiros se les conoce como “alga ingeniera” porque crean, mantienen y modifican el medio en el que habitan. Más de 150 especies marinas viven directamente bajo ella, sólo en su base se albergan 100 especies y otras muchas dependen de esta alga. La nutria marina que es el mamífero marino más pequeño del mundo, y la ballena azul el mamífero más grande del mundo, dependen de las algas ya que sus alimentos se desarrollan dentro de estos bosques, y ambos están en peligro de extinción (Hamilton, 2021). La vida en el mar depende de la salud de sus bosques.



I. MARCO TEÓRICO

1.1 Algas

Las algas son organismos antiguos que habitan casi todos los ecosistemas del planeta y presentan una gran variedad de especies, formas y tamaños. Existen más de 30.000 especies conocidas. Son organismos conformados por células eucariotas (con núcleo) y se dividen en unicelulares y multicelulares. Pertenecen al “reino protista”, es decir, que no pueden ser consideradas como animales, plantas, hongos ni bacterias. Aunque sean reconocidas comúnmente como plantas de mar, no se pueden determinar de esa manera ya que no comparten las mismas características ni funciones. A diferencia de las plantas terrestres las algas no poseen raíz, tallos ni hojas, y en lugar de eso cuentan con una estructura simple llamada

talo, que tiene una escasa o casi nula diferenciación celular. Esto porque al vivir en un medio acuático no necesitan esos órganos para absorber el agua. Las algas son organismos autótrofos, esto quiere decir que son capaces de producir su propio alimento y se nutren tomando sustancias inorgánicas que logran transformar en alimento orgánico. Esto lo logra utilizando la energía de la luz (fotosíntesis). Su reproducción puede ser asexual (por medio de esporas) o sexual (por medio de gametos) (Fundación Aquae, s. f.). Estos organismos son fundamentalmente acuáticos, y se pueden encontrar en agua dulce o salada. También, habitan otras superficies como rocas o cortezas de árboles (Peña et al., 2005).



Fuente: Camilla Bollner/Azote.

Información: <https://laboratoriobiologiageneral2.files.wordpress.com>

La **importancia de las algas** es mirada desde dos puntos de vista: el **económico y el ambiental**. De ella se pueden extraer productos que son muy cotizados en el mercado. Y respecto a lo ambiental, son los organismos fotosintéticos principales de ríos y mares, producen oxígeno y además son la base de la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos (Peña et al., 2005). Debido a la gran cantidad de variedades de algas se han tenido que clasificar en diferentes grupos según sus características estructurales como el tipo de célula, de reproducción, de nutrición, tipo de pigmento, entre otros. A continuación, se presentarán las formas mas comunes de clasificación de algas.

1.2 Clasificación general

a. Unicelulares / Microalgas:

También son conocidas como microalgas ya que son de tamaño microscópico. Este término está ligado al desarrollo biotecnológico y se refiere a aquellos microorganismos que contienen clorofila A y otros pigmentos fotosintéticos capaces de realizar fotosíntesis oxigénica. Dentro de este grupo se incluyen organismos con dos tipos celulares: cianobacterias, que tienen estructura celular procariota. Y aquellas con estructura eucariota que corresponde a las mencionadas microalgas (Gómez et al., 2007). Dentro de los usos que el ser humano les ha dado a las microalgas se encuentran los biofertilizantes, cosméticos, fármacos o biocombustibles. Algunos ejemplos de este tipo de algas son el fitoplancton, productor primario más abundante en la cadena alimenticia, y la spirulina, conocida como suplemento nutricional.

b. Multicelulares / Macroalgas:

Este grupo es conocido como macroalgas, ya que su tamaño es macroscópico. Los colores de las distintas pigmentaciones que utilizan para realizar fotosíntesis varía según la profundidad en la que viven. Gracias a esto se dividen en tres grandes grupos: Feófitas y Rodófitas y Clorofitas (Fundación Aquae, s. f.).

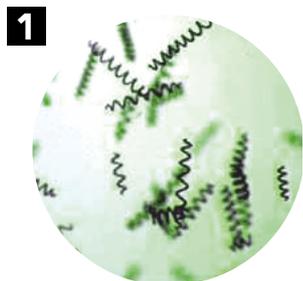


Imagen microalga
Espirulina

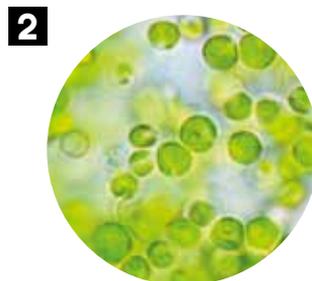


Imagen microalga
Clorela



Imagen macroalga
Lechuga de mar



Imagen macroalga
Cochayuyo

1.3 Clasificación según pigmentación

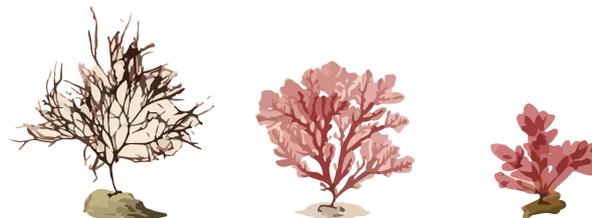
a. Feófitas / Algas Pardas (Phaeophyta)

Grupo de Algas pardas, llamado así por su pigmentación que varía desde el amarillo pardo al pardo oscuro. Sus pigmentos son más sensibles a la luz, lo que les permite crecer a mayor profundidad. Aun no se conoce la cantidad exacta de especies dentro de esta agrupación, pero corresponden a una gran cantidad total de las algas. Las más conocidas son el huiro (*Macrocystis pyrifera*), el huiro negro (*Lessonia nigrescens*) y el cochayuyo (*Druvillaea antártica*) (Quitral et al., 2012).



b. Rodófitas / Algas Rojas (Rhodophyta)

Las Rodófitas son Algas rojas, son las más primitivas y el segundo grupo más grande. Su nombre viene por sus colores rojizos dados por el pigmento ficoeritrina. Este es capaz de captar luz muy tenue a gran distancia de la superficie. Se pueden encontrar alrededor de 7000 especies de este tipo. Son prácticamente marinas, solo 164 especies son de agua dulce (INaturalist, 2020). Algunas de las algas que se encuentran en este grupo son el Pelillo (*Gracilaria*), el luche (*Porphyra*) y el liquen (*Chondrus crispus*) (Quitral et al., 2012).



c. Clorofitas / Algas Verdes (Chlorophyta)

A este grupo corresponden las Algas verdes, ya que adoptan el color de la clorofila. Tienen una menor presencia que las pardas y rojas. Sus colores varían desde el amarillo verdoso hasta el verde oscuro. Se desarrollan en aguas saladas y dulces a poca profundidad (Fundación Aquae, Sin fecha). El ejemplo más conocido es la lechuga de mar (*Ulva lactuca*) (Quitral et al., 2012).



1.4 Macroalgas Marinas

¿Dónde crecen?

La vida de las macroalgas esta condicionada al hábitat en el que crecen. Los procesos vitales que cumplen estos organismos se relacionan con la duración relativa de los periodos de luz (fotoperiodos) y oscuridad diarios. Cada especie de alga necesita niveles diferentes de luminosidad, depende de los pigmentos que posean. Las macroalgas verdes son capaces de absorber mucha luz por lo que abundan en los primeros tramos de la costa. Se diferencian de ellas las algas pardas y rojas que pueden habitar

a mayores profundidades donde la penetración de luz es menor. A la distribución de este tipo de algas en las distintas profundidades se le llama distribución vertical o zonación. (Mendoza, 1999).

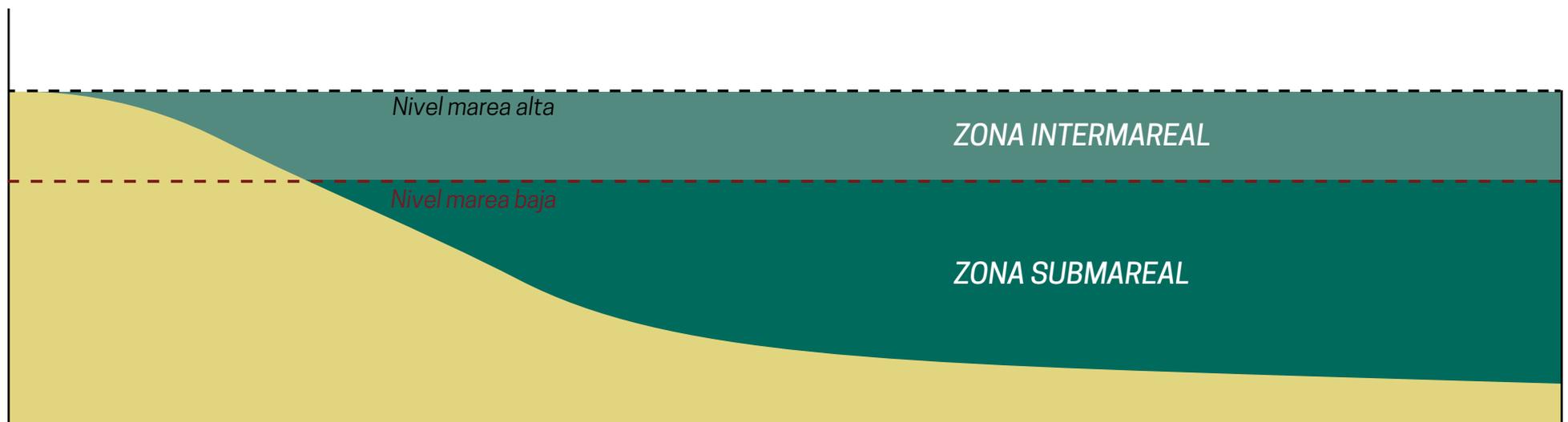
En cada costa existen condiciones ambientales específicas que permiten el crecimiento de determinadas especies. El movimiento de las mareas determina distintas zonas en el litoral marítimo: Intermareal y Submareal.

- **Zona Intermareal**

Es la zona más cercana a la costa. En marea alta queda cubierta de agua, y cuando esta es baja queda expuesta al aire. Todos los seres que habitan en esta zona deben ser capaces de adaptarse a los constantes cambios que se generan, y las especies que se encuentren en esta zona también varían según si el fondo es duro (rocas) o blando (arena) (Camps, 2016).

- **Zona Submareal**

Este espacio es totalmente marino. Comienza donde el agua se encuentra permanentemente y termina donde desaparecen las algas que necesitan luz para vivir. A medida que se observa mayor profundidad la cantidad de flora y fauna comienza a variar (Camps, 2016).

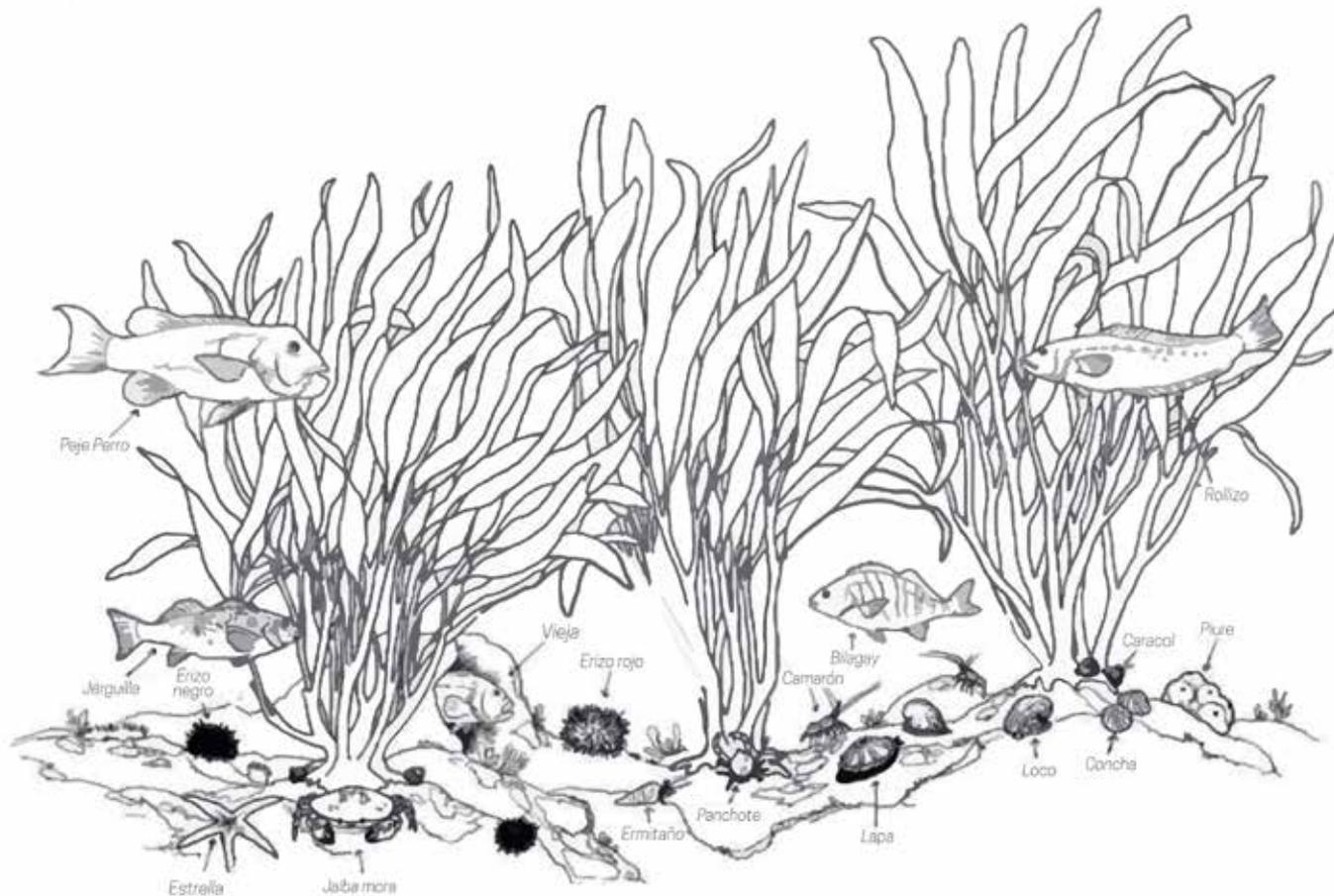




1.5 El Huiro

Esta macroalga parda es una de las más conocidas y abundantes. También se le llama '**Kelp**' por su traducción al inglés. A las aglomeraciones de esta especie se les llama bosques de algas, y aquí es donde la vida marina se hace posible. Crecen en costas rocosas y de aguas frías, y forman uno de los ecosistemas más productivos y de mayor biodiversidad del planeta. El fondo rocoso es necesario ya que el huiro cuenta con una base circular,

llamada disco adherente, que les permite aferrarse firmemente a la roca y así evitar ser arrastrado por las fuertes corrientes oceánicas (Subpesca, 2010). Se dan a poca profundidad, donde llega la luz del sol, y en áreas con muchos nutrientes como las costas de Chile, que son enriquecidas por la corriente de Humboldt (Subida, 2016). Estos son el primer eslabón de la cadena trófica marina, y generan refugio y alimento para muchos seres vivos.



Fuente: Revista Rema, N°1.

Los bosques son fuente de alimento para animales herbívoros, como, por ejemplo, para el pez jerguilla, para pequeños crustáceos como los anfípodos, y también para lapas y caracoles. Algunos de ellos se alimentan del mismo huero o bien de otras especies de algas más pequeñas que crecen bajo su protección. También proveen de hogar a animales depredadores como las estrellas de mar, el pez “vieja”, los locos o las jaibas. Ellos se alimentan de los herbívoros que viven en las algas. A su vez, y continuando con la cadena trófica, todos los animales mencionados anteriormente pueden ser consumidos por otros más grandes como el lobo marino o el chungungo, por lo que las algas también funcionan como refugio para aquellos animales que son presas de los carnívoros. En estos bosques hay también especies

que llegan a desovar o lo utilizan como espacio para la crianza (Subida, 2016). Además, las algas realizan un importante aporte al oxígeno del medio, pues son capaces de realizar fotosíntesis oxigénica y obtener carbono orgánico gracias a la energía de la luz del sol (Sernapesca, 2020). En toda esta trama trófica, siempre hay algo que depende directa o indirectamente de las algas, así como ellas dependen también de su entorno. Por ejemplo, si existe sobrepesca de algún carnívoro, quiere decir que habrá mayor abundancia de herbívoros. Estos últimos se reproducirán más y podrían terminar por arrasar con los bosques de algas. Cualquier cambio en su abundancia o en su medio ambiente afecta al equilibrio natural del ecosistema que habita en estos bosques marinos (Subida, 2016).

En Chile se pueden encontrar 5 especies de huiro:

● **Lessonia nigrescens (Nombre común: Huiro negro)**

El Huiro negro habita en regiones vecinas a la circulación subantártica como las islas Malvinas, islas Heard y Kergueland (Subpesca, s. f.). Dentro de esta especie hay dos tipos que habitan en Chile: *Lessonia spicata* y *Lessonia berteriana*. Ambas se pueden encontrar en la zona Intermareal (Subida, 2016.).

● **Druvilea antártica (Nombre común: Cochayuyo)**

Se distribuye sólo en el Hemisferio Sur, en islas vecinas a la circulación subantártica. En Chile se encuentra desde la Región de Coquimbo al Cabo de Hornos (Subpesca, s. f.). Habita la zona Intermareal (Subida, 2016.).

● **Macrocystis pyrifera (Nombre común: Huiro)**

Esta especie se distribuye ampliamente por el hemisferio norte desde Alaska a Baja California. Y en el hemisferio sur se puede encontrar en Sudáfrica, Australia y Sudamérica. En Chile se encuentra desde Valparaíso hasta Cabo de Hornos. Habita la zona submareal hasta los 40m de profundidad (Subpesca, s. f.).

● **Macrocystis trabeculata (Nombre común: Huiro palo)**

Esta es una especie endémica de nuestro país. Se encuentra desde Antofagasta hasta Puerto Montt. Habita la zona submareal rocosa hasta los 30m de profundidad (Subpesca, s. f.).

● **Macrocystis integrifolia (Nombre común: Huiro)**

Se encuentra en regiones templadas del Pacífico Oriental en Norteamérica y Sudamérica. En Chile se distribuye desde Arica a Concepción (Subpesca, s. f.).



Imagen 1: Distribución de bosques de huiro en el mundo

Fuente: Elaboración propia basada en Global map of giant Kelp forests.



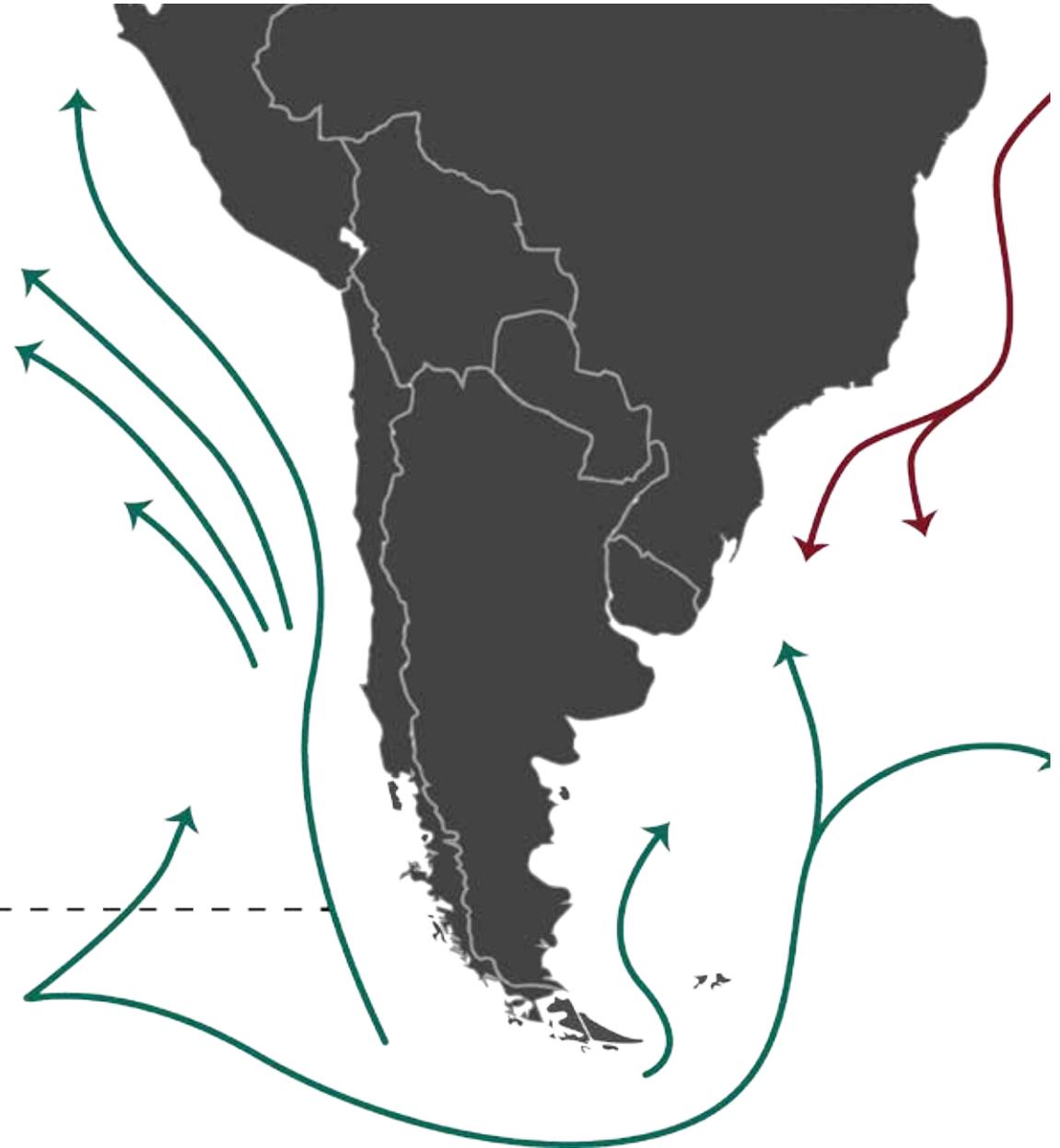
Imagen 2: Distribución de bosques de huiro Sudamérica

Fuente: Elaboración propia basada en Global map of giant Kelp forests.

1.6 Valor económico

Las condiciones oceanográficas del territorio chileno tienen varias características que convierten a esta masa de agua en un espacio que favorece mucho el desarrollo de distintos seres vivos. Por ejemplo, la corriente de Humboldt, también llamada corriente del Perú, que es una corriente oceánica fría que viaja de sur a norte, empujando las frías corrientes del fondo del océano hacia la superficie, arrastrando aguas ricas en plancton que sirve de alimento para muchos animales marinos. Las mismas algas también son favorecidas por esta corriente ya que utilizan muchos de los nutrientes que esta aporta para su desarrollo. Esto permite que el sector del océano Pacífico suroriental sea una de las áreas de pesca más significativas del mundo (Arana, 2012).

CORRIENTE DE
HUMBOLDT



- Corrientes frías
- Corrientes cálidas

Hoy se estima que los recursos marinos y costeros, y las industrias dependientes de ellos, tienen un valor de al menos US \$3 billones al año, representado un 5% del Producto Interno Bruto (PIB) a nivel mundial (ONU, 2019). Según el Observatorio de Complejidad Económica (OEC) el comercio total relacionado con las algas el año 2014 alcanzó los US \$1.060 millones. Después de ese punto culmine, el nivel de ingresos disminuyó a US \$32,1 millones para el 2018, aunque sigue siendo un monto considerablemente alto. Nuestro país está posicionado como el primer productor de algas de América del Sur. El año 2018 generó US \$329 mil (OEC) por la venta de este producto. ProChile, institución del Ministerio de Relaciones Exteriores, encargada de la promoción de la oferta exportable de bienes y servicios chilenos, dice que las exportaciones de algas de nuestro país han alcanzaron US \$64 millones en el periodo de enero-agosto del año 2020. Dos tercios de este monto van dirigidos a China, uno de los principales importadores de algas a nivel mundial (ProChile, 2020).

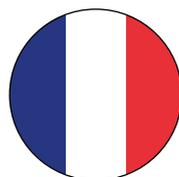
“Aproximadamente el 66% de las especies de algas conocidas se usan como alimento, siendo los países asiáticos los mayores consumidores utilizando diversas formas culinarias; en cambio en países occidentales se utilizan principalmente para la extracción de hidrocoloides” (Quitral et al., 2012). Esto ha llevado a incentivar la investigación sobre este producto natural para poder desarrollar su cultivo, siendo precisamente esta industria la que hoy produce más del 90% de la demanda del mercado. Hay distintas naciones como Francia, Canadá, Irlanda e Islandia, que han logrado incentivar la utilización de algas en hogares y restaurantes, por sus propiedades positivas para la salud humana.

Top 5 países importadores de algas chilenas



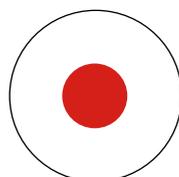
CHINA

Porcentaje total: 66.6%
Valor comercial: \$72.5M



FRANCIA

Porcentaje total: 8.59%
Valor comercial: \$9.33M



JAPÓN

Porcentaje total: 6.59%
Valor comercial: \$7.1M



NORUEGA

Porcentaje total: 3.27%
Valor comercial: \$3.55M



DINAMARCA

Porcentaje total: 2.88%
Valor comercial: \$3.13M

.La evolución de la cantidad de usos que se le ha dado a las algas marinas en los últimos años es bastante variada. Existe un mercado informal donde se venden las algas sin procesar y se utilizan, por ejemplo, como ensaladas (FAO, 2004). También, como ya fue mencionado, de ellas se obtienen sustancias como los hidrocoloides. Estas son el agar, el alginato y la carragenina, que se extraen de algas rojas y pardas, los cuales se disuelven en agua y resultan en una solución espesa. Son utilizados para espesar soluciones acuosas y así formar gelatinas, películas solubles al agua y también estabilizar algunos productos comestibles como el helado y la cerveza. “Hoy en día, se recogen aproximadamente 1 millón de toneladas de algas húmedas al año de las que se extraen los tres hidrocoloides citados. La producción total de hidrocoloides asciende a unas 55 mil toneladas al año, y su valor es de US \$585 millones” (FAO, 2004). De igual forma se pueden encontrar cosméticos que contienen extracto marino (o algo semejante) y normalmente significa que el producto contiene uno de los hidrocoloides mencionados anteriormente (FAO, 2004). Otra forma bastante innovadora que se ha encontrado para utilizar las algas, tiene relación con la generación de combustible en base a estas. Dentro de ese ámbito existen dos formas posibles de

generarlo. Una es la producción de grandes cantidades de algas en el océano con el fin de formar gas metano y utilizar eso como combustible (FAO, 2004). Y la otra opciones el Biodiesel. Para esto se utilizan principalmente microalgas, la cual es una alternativa a los combustibles fósiles que generan daño a la biosfera. El Biodiesel se degrada más rápido y genera menor cantidad de emisiones contaminantes (Grisales, 2017). Por otra parte, también se han encontrado formas de utilizar las algas en usos menores produciendo harina, fertilizantes, y agentes antivirales para tratamientos de aguas residuales, entre otros. En Chile, las algas se utilizan también como alimento para los avalones, un exótico molusco que se cultiva habitualmente en el sur de nuestro país. Toda esta cantidad de nuevos avances tecnológicos y descubrimientos de uso de este tipo de plantas, ha llevado a que cada año se extraigan cerca de 55 mil toneladas de algas (peso en seco) (FAO, 2004). Este aumento de la demanda ha traído consigo altos niveles de pesca ilegal y con ello la deforestación del bosque marino, hábitat de crucial importancia para la vida en el mar (Herrera, 2019).

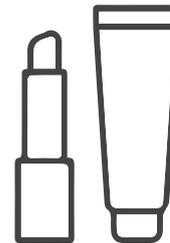
Usos de las algas



Consumo directo



Extracción de hidrocoloides



Industria cosmética



Industria combustibles

“La pesca ilegal ha puesto en jaque los bosques marinos, principalmente en la zona Norte de Chile”.

Producto del valor recién descrito es que existen algunas regulaciones por parte del Estado para mantener el cuidado y conservación de estos bosques, tales como límites de extracción o vedas. Justamente de esto se encarga el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), entidad dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, cuyo fin es “contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente (...)” (Sernapesca, 2020). Ellos fiscalizan y realizan las gestiones sanitarias en pos de promover el cumplimiento de las normas, junto con otras entidades, públicas y privadas, que también velan por la mantención de los bosques marinos. Pero esto no ha

sido suficiente. La pesca ilegal ha puesto en jaque los bosques marinos, principalmente en la zona Norte de Chile. Se ha perdido el respeto por las limitaciones, pues el valor económico de las algas ha dado paso a su extracción ilícita en grandes cantidades (Herrera, 2019). La especie más extraída en nuestro país es el huiro negro. Mientras en el año 2002 salían 100 toneladas anuales de esta especie, para el año 2013 esta cifra aumentó exponencialmente, superando las 300 toneladas de extracción, vendidas a países como China, Japón, Noruega y Francia, los cuales la utilizan principalmente en la industria alimentaria y cosmética (Herrera, 2019).

1.7 Extracción del huiro

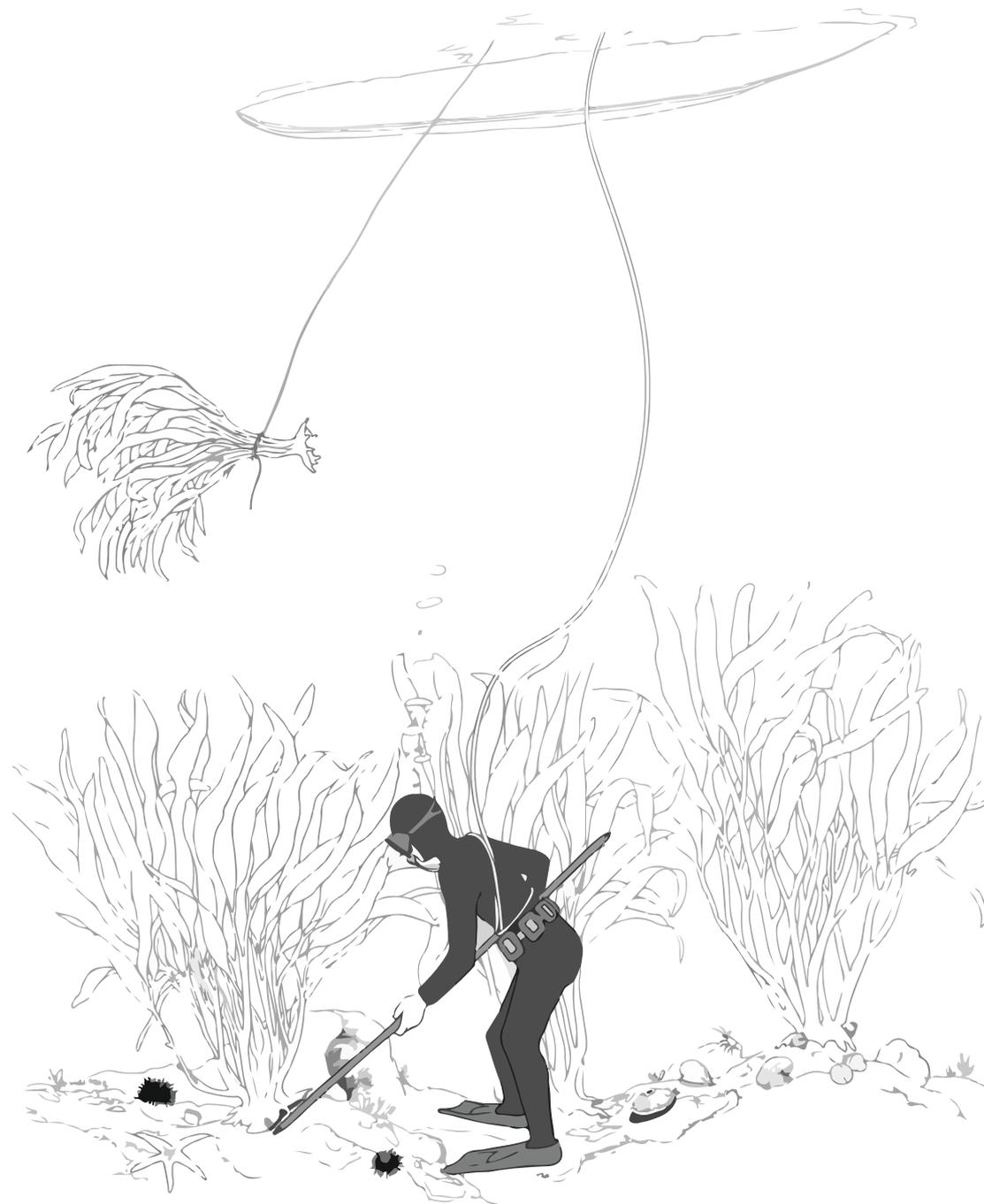


Mapa Regiones con mayor explotación de huiros.
Fuente: Elaboración propia.

En Chile, la extracción de algas existe a lo largo de casi todas sus costas, pero principalmente se da en la zona Norte, específicamente en las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo (Herrera, 2020). El alga más abundante en esta zona y la Central es el Huiro Palo. Para poder obtenerlo y exportarlo, se da un proceso donde se involucran tres partes: los algueros, las fábricas picadoras y los países extranjeros.

El término alguero se refiere a aquellas personas dedicadas a la obtención de algas marinas, ya sea para su uso industrial y/o para su consumo directo. Ellos cuentan con dos formas para poder obtener el huiro. Una de ellas es la recolección de algas muertas que llegan de forma natural flotando a la orilla del mar. A la otra técnica se le llama “barreteo”. En el norte y centro de Chile entran buzos al mar a extraer el huiro palo con la ayuda de chuzos. Sacan el huiro desde su base golpeando el fondo marino, produciendo un daño al alga y modificando dicho fondo. Las algas pueden ser inmediatamente subidas a un bote para su recolección o simplemente las dejan flotar para que, con ayuda de las olas y la marea, lleguen solas a varar en la orilla. Esta práctica también se realiza en la zona Intermareal, en las rocas cercanas a la orilla donde el acceso es más fácil y no necesitan botes para obtenerlas. Una vez que logran retirar el huiro, por cualquiera de los dos medios, este es tendido en la playa para secarlo con el sol, y una vez seco lo amontonan en fardos para vender a las plantas picadoras. Este segundo actor se dedica a, como su nombre lo dice, picar el alga en pedazos muy pequeños para que sea más fácil su exportación. Ahí aparece el tercer actor: los países extranjeros importadores de huiro (Subida, 2016 y Perelló, 2017).

Los altos precios que se han dado por la demanda de alga seca para la elaboración de hidrocoloides, ha generado extracción indiscriminada y excesivo uso de barreteo en la zona norte de Chile. Allí existen las condiciones ambientales y las temperaturas idóneas para que el huiro extraído se pueda secar de forma natural y rápida (Subpesca, Universidad Arturo Prat, & Instituto de Ciencia y Tecnología (ICYT), 2014). Es por eso que la sobreexplotación es en estos lugares, no existe la necesidad de instalar plantas de secado que son excesivamente caras, lo que hace que el negocio sea poco rentable.





*Imagen camión cargado con huireros.
Fuente: Proyecto Desarraigos, Catalina González, 2014.*

El Centro de Conservación Marina de la Universidad Católica realizó un estudio en los bosques marinos submareales barreteados y no barreteados. En dicho estudio se percataron de que las algas liberan sustancias que repelen a los herbívoros, y que la longitud de las algas adultas, junto con el movimiento que les otorgan las mareas, funcionan como látigos para ahuyentar a estos seres. Si la cantidad de algas disminuye, estos factores dejan de ser un problema para los herbívoros, quienes pueden ingresar en mayores cantidades y de forma fácil a depredar los bosques. También se pueden observar cambios físicos cuando solo se dejan huireros jóvenes, cambia la altura del bosque por lo que no se encuentra la misma cantidad de especies habitando el lugar. En los dos casos se ven cambios en el espacio, lo que afecta directamente a los habitantes del bosque. Estas son algunas de las razones por las que los expertos no recomiendan barretear, ya que la suma de ambas acciones es sumamente perjudicial para el ecosistema (Subida, 2016).

Lo anterior, además de la crisis medioambiental, trae consigo problemas a las comunidades de algueros que se dedican a su extracción y venta. En la región de Atacama incluso han llegado a aparecer “los ilegales”,

grupos de personas que representan una amenaza para los huireros legítimos de la zona, porque no están inscritos en SERNAPESCA, ni son parte de los sindicatos de pescadores, pero de igual forma les quitan el trabajo. Durante la filmación del documental “Las cenizas del agua” (Perelló, 2017), los barreteros mencionan que, si ellos dejaran algas sin barretear, los ilegales inmediatamente arrasarían con las matas que quedan atrás. En consecuencia, prefieren no arriesgarse a dejar el huiro para que alguien más se aproveche de ello y, por ende, extraen la mayor cantidad que pueden. El resultado es devastador. A todo esto, se suma el hecho que los ilegales también acechan a familias que recolectan el huiro varado. Se acercan con armas corto punzantes a todos los que protegen su mercancía y les roban sus algas para venderlas a un menor precio a los comerciantes. Los huireros explican que es la falta de fiscalización gubernamental lo que ha hecho que la industria haya adquirido un carácter tan violento y competitivo (Ladera Sur, 2017). Si la actividad alguera continúa en la Región de Atacama, piden que las ganancias sean reinvertadas en la comunidad pesquera para implementar métodos de cultivo del recurso, que sean social y ambientalmente sostenibles en el tiempo (Perelló, 2017).

¿Qué se hace al respecto?

Una de las formas utilizadas para conservar las algas es a través de políticas públicas que regulen o eviten la extracción de estas. Sin embargo, en nuestro país no se han implementado las leyes necesarias, ni se realizan fiscalizaciones a tiempo. El Dr. Erasmo Macaya, académico del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción (UdeC), dijo en un reportaje de la revista Aqua (Mumtaz, 2020) que “al remover estas algas se elimina la fauna asociada a ellas, por lo que acá no basta con incautar algas barreteadas y multar a los infractores, el daño ya se realizó y es cuantioso”. En Chile es de suma urgencia hacer algo respecto a la deforestación del bosque marino. En otros países, aunque no exista el mismo nivel de deforestación por parte del hombre, sí se han tomado medidas para la protección de estos bosques, debido a su reconocida importancia para el ecosistema y a que estos se están viendo afectados por otros factores como el cambio climático. Por ejemplo, en México existen algunas áreas de bosques de macroalgas que cuentan con algún grado de protección, tales como el Parque Nacional Cabo Pulmo o el Parque Nacional Bahía de Loreto (Gobierno de México, 2020). En Estados Unidos, California también se pueden encontrar grandes bosques de ‘kelp’, y ellos luchan contra su propio clima para poder mantenerlos sanos. A raíz de esto han nacido elaborados planes de reforestación y conservación creados por organizaciones como ‘The Nature Conservancy’ (TNC) que planean asegurar los bosques de California para que continúen apoyando la biodiversidad y los ecosistemas saludables (The Nature Conservancy, 2018).

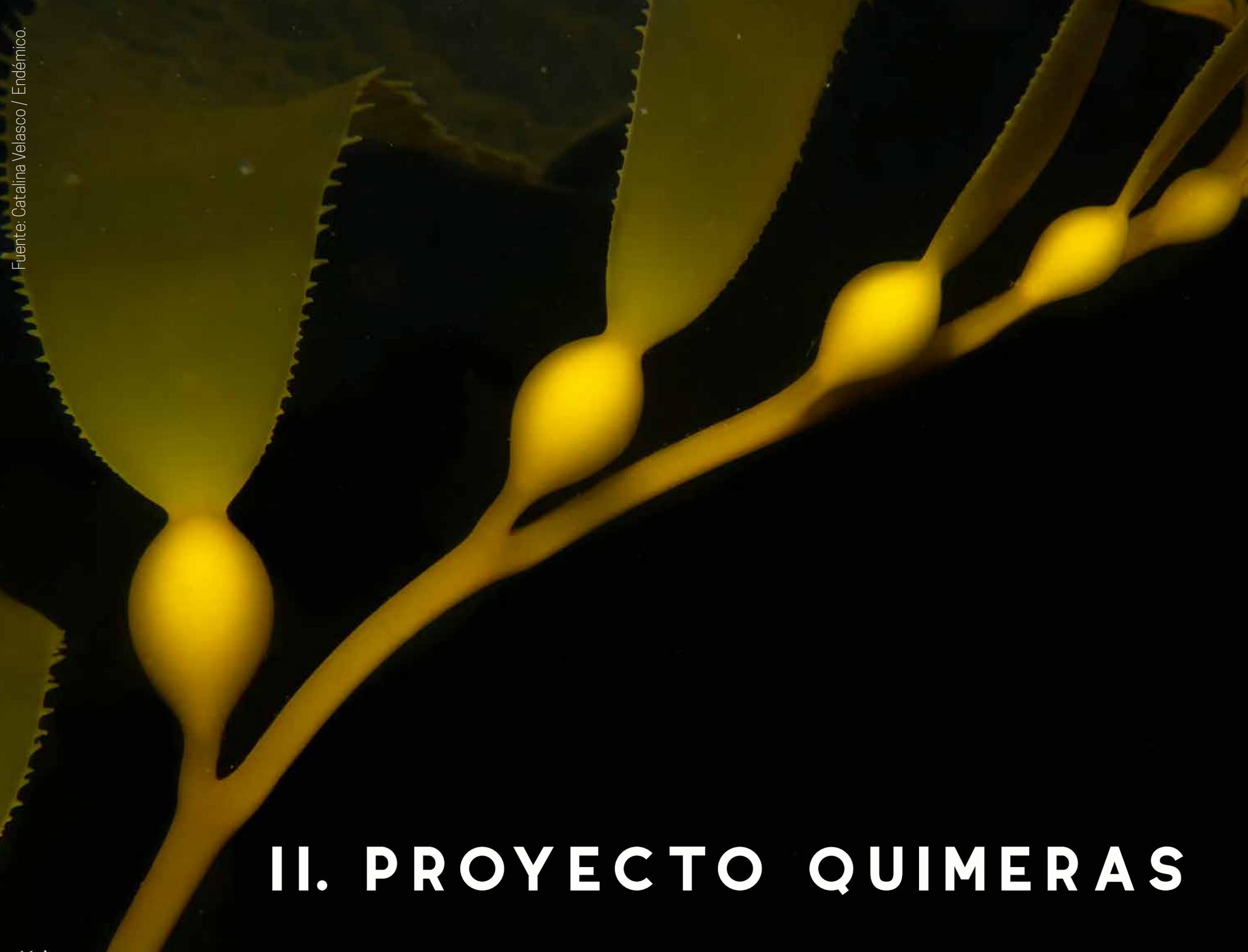
Otra posibilidad de conservación es el cultivo de algas. En Chile, hay algunas personas y entidades tratando de encontrar soluciones relacionadas con esto, pero se les ha hecho muy difícil llevar a cabo debido a las condiciones donde crece el huiro en nuestro país. Por ejemplo, el año 2015 entre pescadores, empresarios acuicultores y Universidades de la Región de Antofagasta, se llevó a cabo un proyecto de cultivo de huiro en las costas. Este

“Al remover estas algas se elimina la fauna asociada a ellas, por lo que acá no basta con incautar algas barreteadas (...), el daño ya se realizó y es cuantioso”

Dr. Erasmo Macaya

se llamó “Desarrollo productivo del cultivo de Huiro Negro en la región de Antofagasta” y tuvo como objetivo desarrollar, aplicar y transferir tecnologías al sector pesquero artesanal de la zona y a todas las empresas y personas relacionadas con el rubro. No solo se dedicaron a traer las semillas, sino a instruir de forma adecuada a aquellos que tenían que hacerlo. Este proyecto tardó 18 meses en llevarse a cabo (Pasten, 2015). A pesar de esto, se dice que aun que hay diversos proyectos que llevan las universidades y algunas agrupaciones de pescadores artesanales que tienen áreas de manejo, y que han empezado a aplicar técnicas de cultivo, todavía están a escala piloto, y siguen tratando de explorar en cómo repoblar (Domínguez, 2020). Por lo tanto, aún no hay soluciones definitivas a largo plazo.

Mientras realizaba la investigación para poder realizar esta memoria hice indagaciones para ver qué soluciones plantea la comunidad científica respecto a esto. Fue ahí cuando logré ubicar a la Dra. Alejandra González, bióloga marina de la Universidad de Valparaíso, quien se encuentra realizando actualmente un proyecto sobre cultivo de algas en la zona norte de nuestro país. Luego de una reunión donde ella expuso sus métodos de cultivos y yo le comenté sobre mis ideas e intereses de ayudar en el tema, me invitó a participar y a ofrecermela sus conocimientos sobre la materia para poder realizar un proyecto real y viable.



Fuente: Catalina Velasco / Endémico.

II. PROYECTO QUIMERAS

2.1 Encuentro multidisciplinario

Alejandra González es Doctora en Ciencias de la Universidad de Chile y Biólogo marino de la Universidad de Valparaíso. Actualmente es docente e investigadora en la Universidad de Chile. En conjunto con un equipo de expertos de diferentes universidades comenzaron un proyecto llamado “Quimeras: una Solución-basada en la naturaleza + (I+D) para restaurar ecosistemas intermareales con *Lessonia* spp, y reducir el impacto ecológico y socioeconómico del cambio climático”. Este consiste en la creación de nuevas cepas de macroalgas pardas con el fin de restaurar las poblaciones sobreexplotadas en las costas de Chile. El proyecto ganó los fondos del concurso FONDEP IDeA I+D 2020, en la temática de Adaptación al Cambio Climático y Desastres de Origen Natural. Actualmente su patente internacional se encuentra en curso (Patente del proyecto: N°2017-1827).

MACROALGAS QUIMÉRICAS

Las poblaciones celulares presentes en un organismo quimérico se originan a partir de la **fusión de cigotos distintos**.

Permitiendo la existencia de **más de un tipo** de información genética o **ADN** en un sólo individuo.



En **algas pardas**, como e huiro, el quimerismo se produce en el disco de adhesión, mediante la **fusión de células** entre cada individuo.

Por tal razón, en el disco de un alga quimérica se encuentra una **mayor diversidad genética**.

Fuente: Prensa UChile, 2020.

Las nuevas cepas se llaman quimeras. El término se refiere a un organismo que alberga dos o mas poblaciones celulares de una misma especie. Es una “mezcla” de especies que **tiene como fin hacerlas más fuertes** para que puedan resistir de mejor manera las condiciones extremas que presentan las costas de nuestro país. Este sistema permite que los organismos cooperen y les resulte más fácil sobrevivir a distintos ambientes. “La recuperación de las poblaciones de macro algas pardas en el país no sólo permitiría reducir los riesgos en el borde costero, sino que la presencia de mayor cantidad de oxígeno en los bosques que forman estimulará la presencia de otros organismos, fomentando la biodiversidad de toda la zona” (Prensa UChile & Ramírez, 2020).

Debido a la pandemia muchos de los testeos en terreno se han visto afectados, por lo que el uso de laboratorios ha sido fundamental. La parte del proyecto que si se puede realizar antes de la instalación en el mar es la creación de las quimeras. Una vez que logran **la nueva cepa, enganchan muchas de ellas en una red** para posteriormente poder instalar dicha red en las rocas de la zona Intermareal. Para que estas se puedan afirmar, ha sido necesario entrar durante las mareas bajas con taladros percutores a perforar la roca.

Pero este proceso es muy complejo ya que, a pesar de que el nivel del mar está en su punto más bajo, el agua de todas formas les llega a las rodillas o incluso más arriba, por lo que se han echado a perder muchos de los implementos. También han intentado con

diversos pegamentos, pero no han dado tan buenos resultados. Además de eso, cuando han logrado afirmar la red con pernos surge otro problema. Las quimeras comienzan a crecer, y alrededor de los 3 meses ya no necesitan la red para sostenerse ya que sus discos han crecido lo suficiente como para sujetarse a la roca por su propia cuenta. El problema radica en que en la medida que van creciendo, van tapando la red y los pernos. Estos son agentes artificiales que contaminan y que no van a poder ser retirados a menos que se saque el alga. A pesar de que cumplen con la función de “un mal menor” (ya que proporcionalmente es mucho más beneficiosa la reforestación de las algas que lo que contaminan), de igual forma están buscando una forma más sustentable de llevar a cabo esta parte del proyecto.



III. FORMULACIÓN PROYECTO

3.1 Oportunidad

“Los bosques submarinos de huiro (*Macrocystis pyrifera*) actúan como bioindicadores del cambio climático. Son muy sensibles a las perturbaciones provocadas por este fenómeno, y si estos bosques desaparecen, las especies que viven bajo su alero también lo harán o se verán obligadas a migrar en busca de otro hogar”.

(IDEAL, 2020).

La importancia de los bosques de algas es vital no solo para la flora y fauna que lo habita, si no también para nosotros mismos. Se ha vuelto de primera necesidad el hecho de protegerlos de las devastaciones naturales y sobre todo de la humana. Se dice que las algas son una especie “fundacional”, porque sientan las bases para que otras especies puedan desarrollarse, ofreciéndoles protección y alimento. Nos protegen de las corrientes oceánicas atenuándolas en 1/3 y favorecen un ambiente estable y sano para todo el ecosistema (IDEAL, 2020).

Ante la problemática de la deforestación masiva de bosques marinos generada en el Norte de Chile y con base en el proyecto “Quimeras” guiado por Alejandra González, nace la oportunidad de colaborar en la búsqueda de un soporte sostenible para el cultivo de quimeras de huiros en las rocas de la zona Intermareal de nuestras costas. Todo esto en un trabajo transdisciplinario donde es esencial la colaboración de expertos en el tema y el trabajo en equipo.

3.2 Propuesta

QUÉ

Un sistema de soporte mecánico, sostenible y de bajo costo capaz de aferrar las quimeras de huiro a las rocas de la zona Intermareal de nuestras costas, mientras estas crecen y se adhieren por su propia cuenta.

POR QUÉ

Porque debido a la depredación por parte del ser humano, estos hábitats se están perdiendo y son de vital importancia para un ecosistema sano, ya que las algas proveen refugio, fuente de alimento y espacio de crianza y desove a muchas especies marinas.

PARA QUÉ

Para que se puedan realizar cultivos de huiro en las rocas de la zona Intermareal sin dañar el ecosistema ni contaminarlo con agentes externos, y de esta forma poder reforestar dichos ecosistemas.

Objetivo general

Desarrollar un sistema de soporte mecánico y sostenible que se aferre a las rocas de la zona Intermareal junto con el cultivo de quimeras, sin que dañe ni perjudique de ninguna forma al ecosistema que habita en el lugar donde será ubicado.

Objetivos específicos

Rehabilitar el ecosistema perdido a causa de la deforestación del bosque marino de huiros.

IOV: Desarrollar un sistema en el que el equipo de investigadores científicos pueda sostener de forma segura los cultivos de alga.

Fabricar un soporte que se integre al ecosistema de la rocas ubicadas en la zona Intermareal de las costas nortinas de nuestro país.

IOV: Elaborar un ciclo circular del producto que se preocupe de todas sus fases, desde su creación hasta el fin de su vida útil.

Integrar el producto al contexto de la investigación científica del proyecto Quimeras.

IOV: Creación de una herramienta de uso flexible y útil para que los científicos pueda llevar a cabo el proyecto con éxito, y que permita realizar las evaluaciones y conclusiones estimadas.

3.4 Metodologías

Metodología Macro

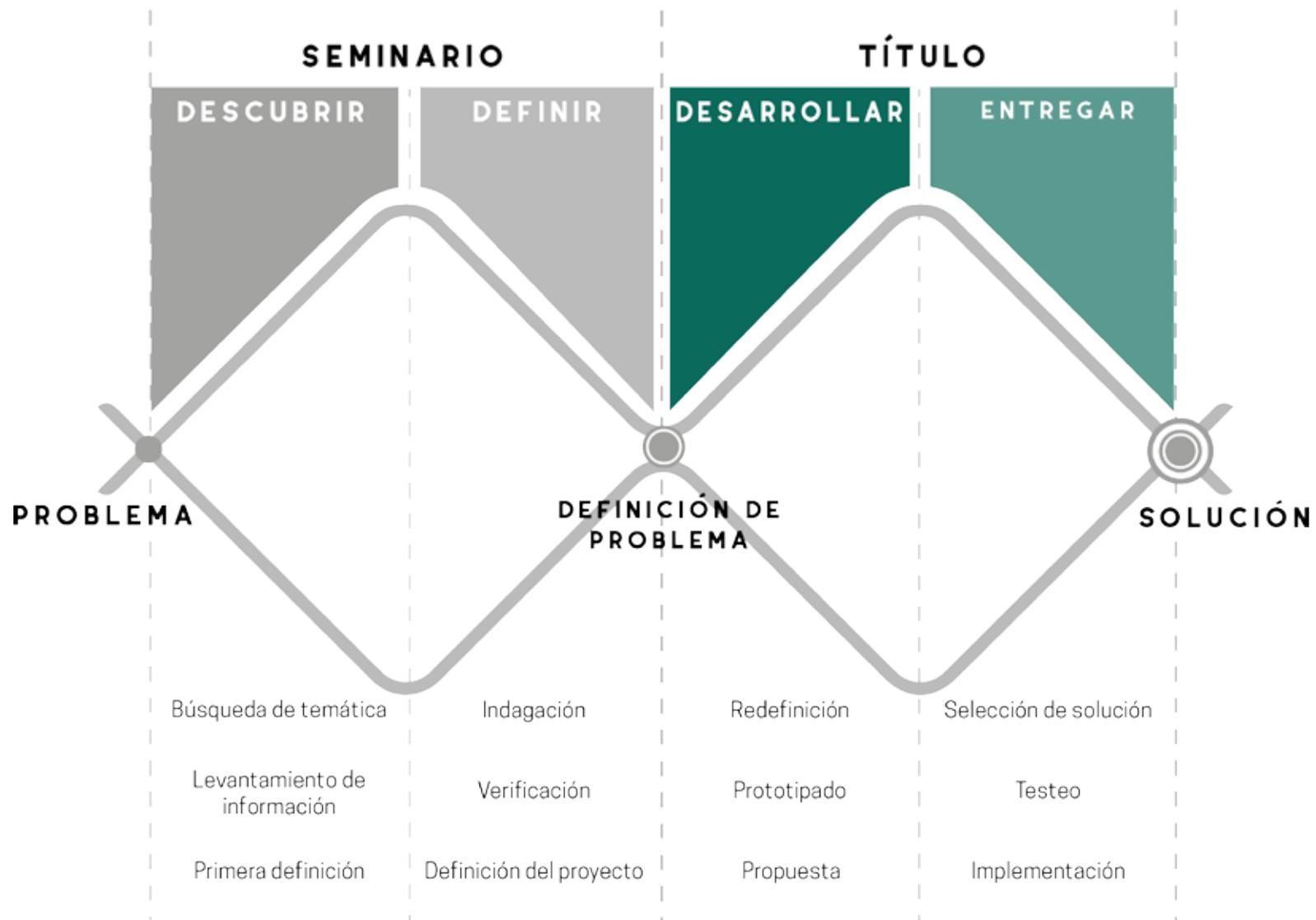
El proyecto a gran escala se desarrollo en base a la metodología Doble Diamante desarrollada por el *'British Design Council'* el año 2007. Esta consta de cuatro fases: Descubrimiento, Definición, Desarrollo y Entrega. Cada una de ellas se compuso de distintos objetivos que requerían de ciertas actividades específicas para su realización. Esta forma de realización de proyecto incluye los principios clave y los métodos de diseño que todas las partes involucradas deben adoptar (Design Council, 2019). Es importante destacar que, a pesar de tener etapas marcadas, no es un proceso lineal y muchas veces a lo largo del proceso hay que volver atrás para volver a empezar desde algún punto.

En primer lugar durante la etapa de descubrimiento, se exploraron diversos temas de interés en busca de una oportunidad de diseño que fuera un aporte a la comunidad. Luego, se realizo una exhaustiva investigación bibliográfica y se levantó información de manera en conjunto con biólogos marinos lo que permitió llegar a una primera

solución relacionada a la deforestación masiva de bosques de huiro del norte de nuestro país.

En la etapa de definición se profundizó en la investigación para definir objetivos. Se realizaron entrevistas a personas relacionadas con el mundo de las algas marinas, como guías turísticos de Punta de Choros que se ven enfrentados a la realidad social, y a científicos más técnicos con el tema. Esto con el fin de construir un marco teórico y tener una mayor comprensión del contexto en el que se desarrolla este problema. Por ultimo se determina la problemática que consiste en cómo enfrentar la deforestación que ocurre en las costas del norte de nuestro país.

La segunda etapa de esta metodología consiste en el desarrollo del problema donde se redefine el proyecto y se comenzó con el prototipado, testeos e iteraciones para encontrar una propuesta final. Finalmente se trabajó en la implementación del proyecto definiendo los medios para llevar todo a cabo.

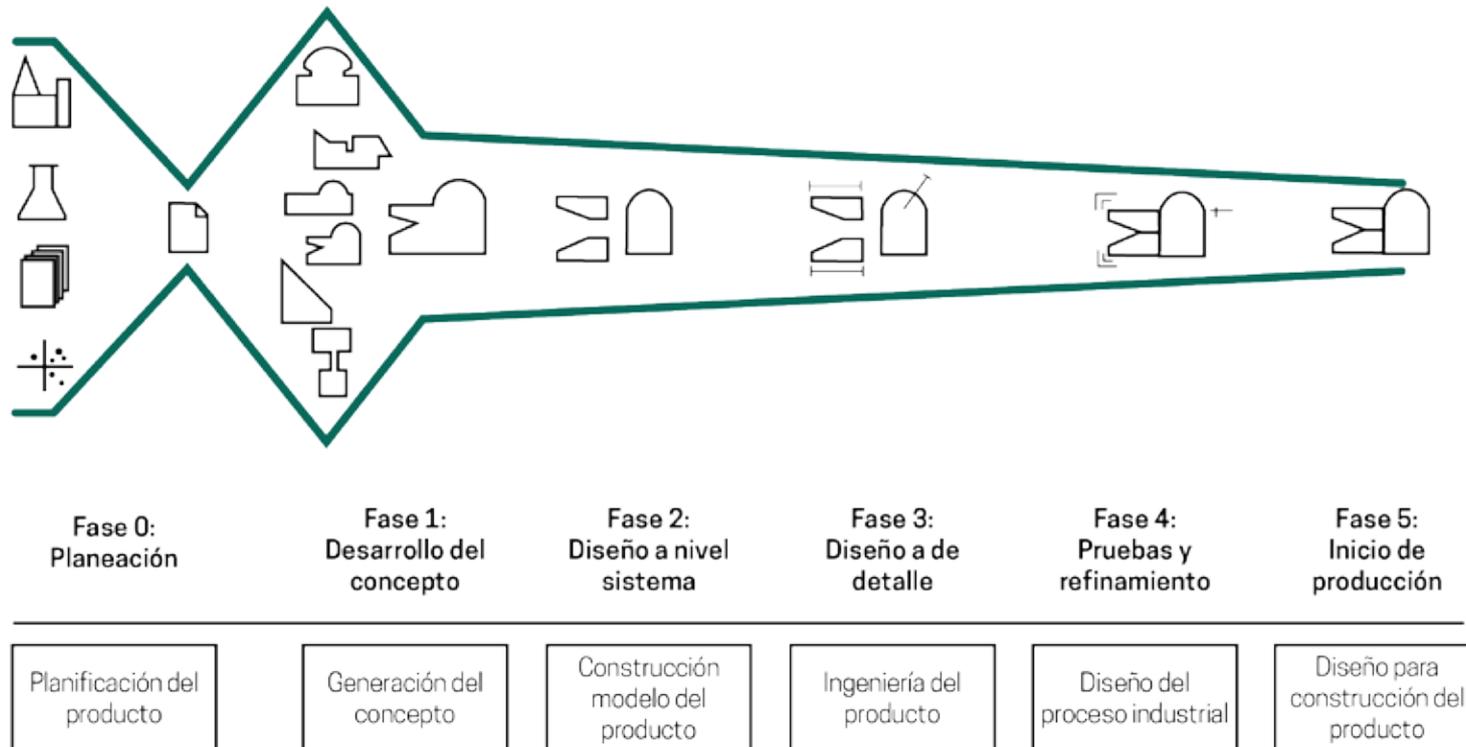


Metodología Micro

Para profundizar aún más en la creación de un producto que fuera viable, se utilizó la metodología de Procesos genéricos de desarrollo de productos. Esta fue desarrollada por Karl T. Ulrich, profesor de la Universidad de Pensilvania y por Steven D. Eppinger, profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Esta se centra en el desarrollo de productos desde un punto de vista interdisciplinario, pero propone como esenciales las labores de mercadotecnia, diseño y manufactura. En su libro “Diseño y desarrollo de productos” hablan de necesidad de conformar agrupaciones con expertos de diferentes áreas llamado equipo de proyecto, con el fin de lograr un buen producto final. Estos equipos suelen tener un solo líder, que

puede ser de cualquier área, y es apoyado por otros profesionales. La función de diseño es definir la forma física del producto para que este cumpla con todas las necesidades esenciales para satisfacer a quien vaya a hacer uso de él. Incluye crear un diseño desde la ingeniería, es decir procesos mecánicos en el caso de este proyecto puntual, y desde el diseño industrial que se refiere al área estética, ergonómica y de interfaces de usuarios.

El proceso genérico de desarrollo del producto consta con las siguientes de 6 fases:



1 PLANEACIÓN

También conocida como “fase cero” ya que precede a la aprobación del proyecto y lanzamiento del proceso real de desarrollo del producto. Comienza con la identificación de oportunidades. Durante esta fase se definió la misión de Khelp, en conjunto con los objetivos del proyecto: aportar con la reforestación de los bosques marinos extraídos de las costas chilenas.

2 DESARROLLO DEL CONCEPTO

Una vez definidos los objetivos se identifican las necesidades del contexto de implementación. Se evalúan conceptos alternativos del producto y se seleccionan los mejores. En el libro se define “concepto” como una descripción de la forma, función y características del producto. Durante esta fase se exploraron posibles soluciones que cumplieran con todos los requerimientos funcionales del proyecto.

3 DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA

En esta etapa se incluye la definición de la arquitectura del producto y la descomposición del este en subsistemas y componentes. Se tomaron las mejores opciones obtenidas de la etapa 2, y se desarrolló cada una de sus piezas, los sistemas de ensamble y los planes iniciales para la producción de Khelp. Todo esto de manera básica y con formas geométricas que únicamente cumplieran con las funciones esenciales, sin un diseño más profundo. Así se llega a los primeros prototipos denominados “alpha”.

4 DISEÑO DE DETALLE

Durante esta etapa se incluye la especificación de todos los detalles del producto: materialidades, geometrías, detalles finales y tolerancias de todas cada una de las partes del producto. Aquí se definió cada una de las piezas por separado y el método de fabricación. Se realizaron testeos en terreno para tener claridad de que funciones cumplía y cuales no, y cuales debían ser sus cambios para la siguiente fase.

5 PRUEBAS Y REFINAMIENTO

Creación y construcción de prototipos “beta”. Estos son modelos nuevos mejorados, obtenidos de la observación del producto en terreno. Se cambiaron las fallas y se mantuvieron las características que si cumplían con las necesidades del proyecto.

6 INICIO DE PRODUCCIÓN

En esta fase se selecciona el mejor producto y se elabora con el sistema de producción pretendido. Una vez listo, se pasa al usuario para que haga sea él quien lo ponga a prueba y luego se pueden realizar una revisión posterior al lanzamiento. Este incluye evaluaciones tanto comerciales como técnicas, con el fin del mejorar el proceso de desarrollo para productos futuros. Debido a la pandemia de Covid 19 y a las cuarentenas impuestas para cuidar de nuestra salud, aun no se ha podido llevar a cabo esta ultima etapa.

3.5 Antecedentes y referentes



Impresión de corales 3D

La empresa estadounidense 'Emerging Objects' realiza un proyecto de restauración de arrecifes de coral con la impresión 3D de sustratos artificiales, en conjunto con 'Boston Ceramics' y SCORE ('Sexual Coral Restoration'). Recrearon una población completa de corales con la intención de atraer larvas de coral y aumentar su reproducción. A pesar de que este proyecto es sobre corales y no algas, que son elementos naturales muy diferentes, cumplen funciones similares en sus respectivos entornos. La forma constructiva de este proyecto es sumamente práctica. Son piezas pequeñas y movibles, impresas por separado. Una vez que se llevan bajo el mar, se ensamblan entre ellas para que juntas puedan generar un símil a un arrecife de coral y proporcionar un espacio físico donde sus especies puedan vivir.

(Fuente: <https://www.3dnatives.com/es/coral-con-impresion-3d-060720182/#>)



Reef Ball

'Reef Ball' es un producto de la organización que lleva el mismo nombre. Consiste en un módulo de concreto que simula arrecifes y una vez que se hunden en el mar, forman hábitats para diferentes peces, corales y algas. Para poder implementar este proyecto y efectivamente hundir las 'Reef Ball' en el océano, se requiere de la ayuda de grandes grúas para poder moverlo. A pesar de su difícil manejo, tienen un diseño que se adecua perfectamente a lo que sus habitantes necesitan. Es una gran esfera hueca de cemento, tiene hoyos de diferentes tamaños para que los peces puedan nadar a través de ella y también refugiarse en su interior.

(Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/f2/20/fb/f220fb35227a64deff48726787afb32.jpg>)



Arrecifes artificiales

En nuestro país, específicamente en Maitencillo y Quintay, se han implementado formatos similares a 'Reef Ball' pero con el fin de albergar especies marinas como locos, jaibas, algas, erizos y peces que habiten en la zona para poder optimizar el uso de las zonas de manejo de la pesca artesanal. Con esto buscan fortalecer la competitividad de los pescadores de las zonas donde se instalaron. Este proyecto es la prueba de que en nuestro país también funcionan los arrecifes artificiales y que se ha logrado que las especies deseadas se asienten en un lugar determinado. Respecto al diseño de estos sustratos, son poco prácticos y no tienen una forma pensada para adecuarse de forma correcta al entorno, si no que sólo son bloques de cemento.

(Fuente: <https://www.cienciasdelmar.pucv.cl/wp-content/uploads/2020/05/Manual-ATTN-COMPLETO.pdf>)



Trasplante de Macroalgas

Experimento de científicos e investigadores de la Universidad de Tasmania en el Instituto de Estudios Marinos y Antárticos (IMAS) que busca hacer cultivo de macro algas. Se trasplantaron 500 plantas a arrecifes de concreto y ocuparon más de una hectárea para comprobar como responden las algas a ambientes distintos y evaluar la posibilidad de reforestación de bosques explotados por medio de trasplantes. Es interesante ver un diseño de cemento modular, práctico y fácil de transportar. Estos módulos con cuadrados se utilizan como guías de cultivo. En los cuadrados se ubican las "semillas" para que estas no sean arrastradas por la marea y las algas puedan reproducirse en un lugar previamente determinado para tener mayor control del cultivo.

(Fuente: <https://www.imas.utas.edu.au/news/news-items/massive-kelp-forest-experiment-to-beat-habitat-loss>)



'Friends' Escalada

Los friends son una herramienta mecánica utilizada como elemento de seguridad para crear nuevas rutas haciendo escalada. Se ponen en las fisuras y fracturas de la roca de forma que actúan de punto de seguro en caso de caída. Estos son ajustables, es decir, dentro de su rango se pueden adaptar a distintos tamaños de anchuras de fisura, lo que los hace muy versátiles. Esta misma capacidad de adaptación hace que sean muy rápidos de colocar y quitar. Su sistema de uso permite cerrarlos para introducirlos en las grietas y que luego soltarlo para que se expandan dentro de ellas.

(Fuente: <https://www.nextadventure.net/blog/gear-review-wild-country-friend-climbing-cams/>).



Cuñas para cortar madera

Estas son piezas triangulares utilizados para partir pedazos de madera seca. Cuando los troncos se comienzan a secar, aparecen grietas. Un método utilizado para partirlas, distinto del hacha o de la moto sierra, es colocando la parte mas filosa de la cuña en la grieta y luego golpeándola con un mazo. La cuña al ir entrando es cada vez mas ancha, lo que ejerce presión hacia los pedazos de madera que busca separar.

(Fuente: https://es.123rf.com/photo_24642690_hacha-y-cu%C3%B1a-para-cortar-madera.html).

3.6 Atributos del proyecto

Se definieron los atributos y requerimientos mínimos para que el proyecto cumpliera con todas las necesidades. Se presentan en la esquema a continuación.

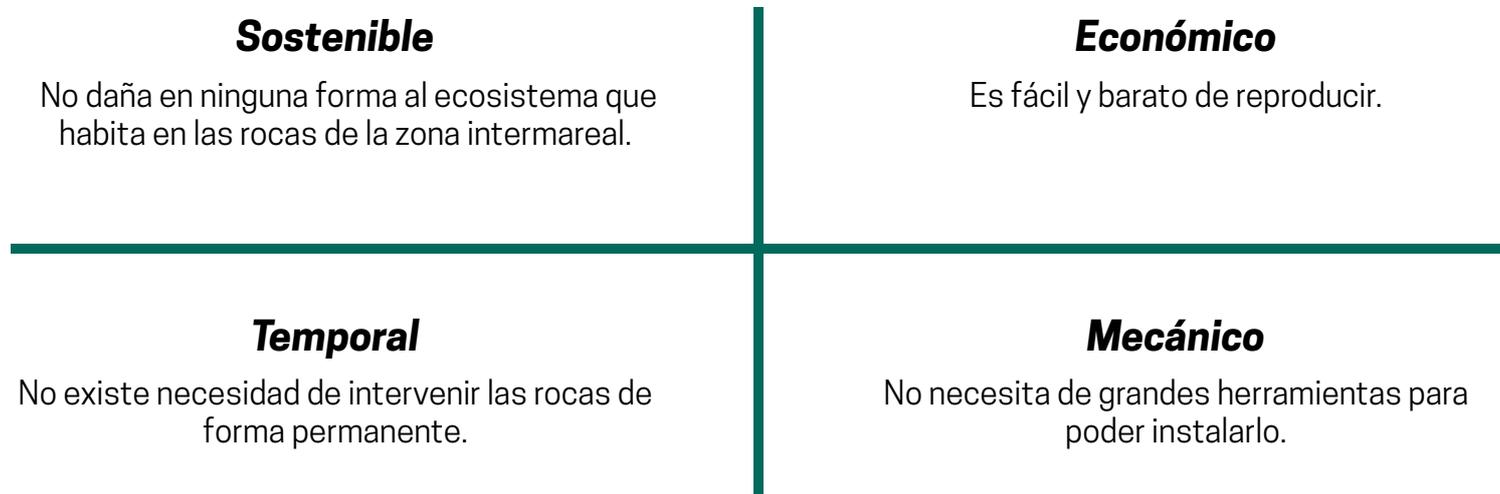


3.7 Patrón de valor

Hoy en día no se realizan muchos cultivos en rocas debido a las complicadas condiciones a las que se enfrenta el huiro para poder crecer, y lo complejo que es realizar una instalación en ellas. Lo más común para poder cultivar huiro es utilizar cuerdas, pero esta se instala en la zona submareal (ver imagen X). A pesar de que es un buen método, al no ser en las rocas de la zona Intermareal, estos cultivos no cumplen con la función de regenerar el ecosistema, ya que los seres vivos que habitan la zona de las cuerdas, no son los mismos que en los roqueríos.

El proyecto Quimeras lo que ha hecho para realizar sus testeos es utilizar mallas de alambre para realizar el cultivo y luego para adherirlas a la roca entran en baja marea con taladros percutores a perforar la roca y así poder enganchar dichas mallas. Han probado con otros métodos como el pegamento de coral, pero este es poco económico y difícil de conseguir.

Los valores que Khelp entrega al proyecto son los siguientes:



3.8 Contexto de implementación



(Fuente: Elaboración propia, 2021).

La presente investigación sobre los bosques marinos y el cómo relacionarla al ámbito del diseño, se ve envuelta en un proceso necesariamente multidisciplinario. Está inserta en un contexto de actores e instituciones que son piezas claves para el correcto desarrollo y eventual implementación de un producto que intervenga en nuestra flora y fauna silvestre de forma adecuada. Durante el proceso de investigación se realizaron entrevistas a expertos en oceanografía, biología marina, acuicultura y documentalistas de naturaleza con el fin de profundizar en la temática y comprender el contexto natural y cultural al que se debe enfrentar.

Si bien es en la región de Atacama dónde el problema de la sobreexplotación de bosques marinos está más latente, sigue siendo un problema en otros sectores del país, aunque, por el momento, a menor escala. A medida que nuestro país se acerca a la línea del ecuador en su extremo norte, mejores son las condiciones ambientales para el proceso de venta de algas y esto se vuelve en un “incentivo” a la deforestación marina. Debido

a que el calor permite un secado rápido y natural, se hace más rentable el negocio, ya que las trituradoras compran los pescadores y alqueros el huiro seco y en fardos, para luego poder exportarlas. Las algas secas se venden a precios más elevados. (Perelló, 2017). Al existir las condiciones naturales, se hace mucho más barato el negocio en el norte que en el sur, ya que las plantas de secado tienen un alto costo económico y energético. Rodrigo Santelices, experto en algas de Chiloé, comentó en una entrevista que él personalmente había tratado de instaurar una planta de secado artificial en la isla, pero eventualmente la había tenido que cerrar por sus elevados costos de mantención. (R. Santelices, comunicación personal, 16 de noviembre de 2020).

Dicho lo anterior, es evidente que el lugar dónde se debería realizar este proyecto es en la región de Atacama, pero por temas de factibilidad el Proyecto Quimeras realiza todos sus testeos de terreno en la Región de Coquimbo (IV) donde cuentan con el equipo técnico para hacerlo posible. Es importante tener en cuenta que debido a

la longitud de nuestro país, los ambientes naturales son muy diferentes entre ellos. Las algas del norte y del sur no crecen de la misma manera. Según la Dra. María Dulce Subida, bióloga marina e investigadora de la Estación Costera de Investigaciones Marinas UC (ecimUC), explicó que hay sectores en los que el huiro puede ser alto y angosto, y en otros bajo y ancho. Esto debido a las diferentes corrientes, a las rompientes de olas y principalmente debido a su ubicación espacial (bajo del mar u orilla), entre otros factores (M.D. Subida, comunicación personal, 25 de noviembre de 2020). Este hecho se tuvo en consideración para realizar los procesos de testeos de *Khelp*, por lo que debido a la contingencia se buscó acceder al lugar más parecido geográficamente posible al espacio donde se implementaría en la práctica, en este caso se realizó en la zona intermareal de la V Región de Valparaíso. Este proyecto no pretende ser “amigable” solo con el medio ambiente, sino también con las personas que tendrán que manipularlo. No será necesario utilizar taladros ni maquinaria pesada para poder instalarlo en las rocas.

IV. DESARROLLO DEL PROYECTO



4.1 Proceso de diseño

El proceso de diseño comenzó en Agosto del año 2020. Hasta ahora ha tenido una duración de aproximadamente un año con muchos cambios en el proyecto. Desde que me enfrenté a la problemática de la pérdida de bosques marinos, en conjunto con expertos, empezamos a buscar posibles soluciones. Pero no fue hasta mayo de este año, luego del encuentro con Alejandra González, que pivoteo la dirección del proyecto.

El fin ha sido el mismo durante todo el proceso, en seminario y en título: proponer una solución a la deforestación del huiro en Chile. Esto aporta a la mantención de la biodiversidad que se genera en estos ecosistemas. A continuación se va a presentar el proceso de prototipado, testeos y rediseños que ha tenido el producto.

4.2 Estudio de terreno

Para poder realizar un producto que efectivamente sea efectivo, hubo que hacer un estudio de como es el ambiente de crecimiento del huiro. Debido a la pandemia y las restricciones de movilidad este se basó en fotografías e información obtenida de conversaciones con la Dra. Alejandra González y a las observaciones de los testeos en terreno que se realizaron en la playa de Zapallar, V región.

Rocas Zona Intermareal



--- Grietas profundas.



--- Grietas paralelas.



--- Protuberancias.

(Fuente: Alejandra González, Coquimbo, 2021).

En primer lugar se consideró la forma y características físicas que tienen las rocas de la zona intermareal dónde normalmente crece el huiro, y dónde se lleva a cabo el proyecto Quimeras.

Otro factor importante es la ubicación. Al estar en la zona intermareal, las rocas se encuentran expuestas a constantes cambios de marea y a la rompiente de olas. La siguiente secuencia de imágenes muestra una idea de la situación en marea baja.



(Fuente: Elaboración propia, Cachagua, 2021).

4.3 Construcción y materiales

KhelP utiliza la impresión 3D para su creación. Este método es el más económico y rápido para la elaboración de prototipos. También otorga mayor versatilidad para adecuar el modelo considerando el espacio.

En primera instancia se utilizó PLA, pero el material oficial que se utilizará en el producto es un filamento de origen Alemán llamado 'Willow Flex'.

Willow Flex

Este filamento es un bioplástico elaborado a partir de materias primas compostables. Posee propiedades más resistentes que los plásticos tradicionales comparables, de modo que puede soportar temperaturas más altas y más bajas sin romperse. Además, cumple con la norma EN 13432. Esto quiere decir que como mínimo el 90% del producto se degrada en 6 meses. Estos valores los cumple porque se miden con el método estándar EN 14045:

- El material no debe tener efectos negativos sobre el proceso de compostaje.
- Baja concentración de metales pesados incorporados en el material.
- Valores de pH dentro de los límites establecidos.
- Contenido salino dentro de los límites establecido.
- Concentración de sólidos volátiles dentro de los límites establecidos.
- Concentración de nitrógeno, fosforo, magnesio y potasio dentro de los límites establecidos.

(Fuente: <https://ecozema.com/es/focus/norma-en13432/>)



(Fuente: <https://www.willow-flex.com/store/willowflex/willowflex-1-75mm/natural-1-75mm/>)

El material fue comprado por el equipo de Quimeras a la empresa Alemana el día 15 de mayo del 2021, pero por problemas de logística de la empresa DHL, este aún no llega, por lo que los testeos con el material se realizarán más adelante. (Ver anexo 1).

Se seleccionó el **color blanco**, para que durante las pruebas en terreno tuviese **mayor contraste** con el entorno y sea más fácil de encontrar.

4.4 Primeras propuestas

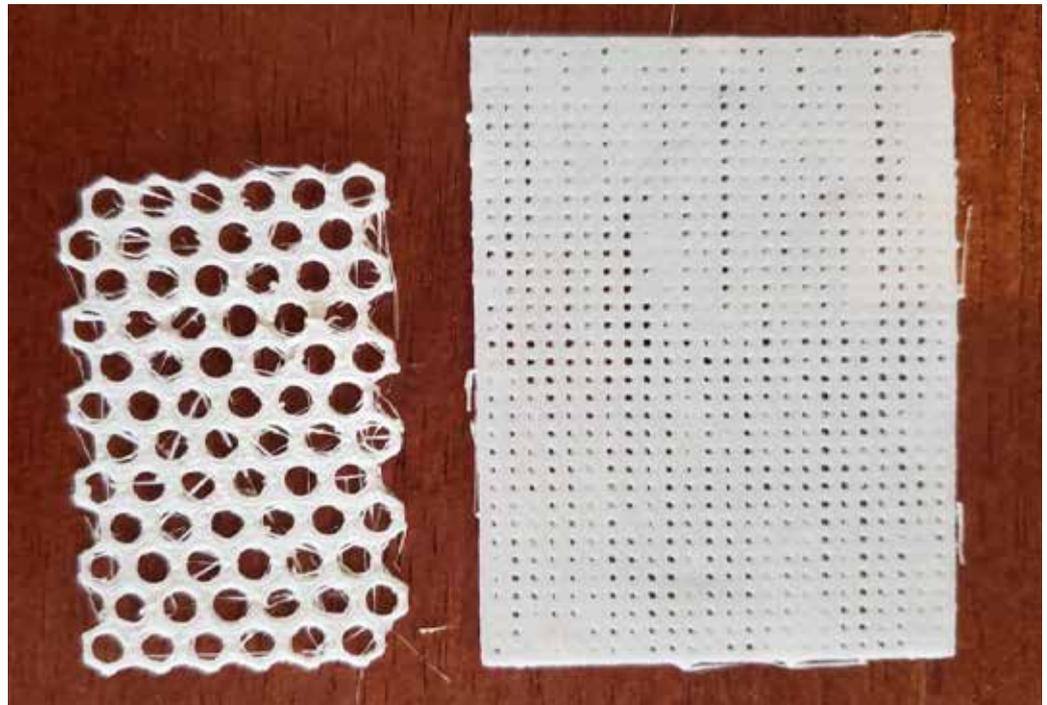
El diseño se compone de dos partes principales. La primera es la malla donde se insertarán las quimeras y la segunda es el soporte con el que dicha malla se adhiere a la roca.



DISEÑO MALLA (A)

Las características más importantes son:

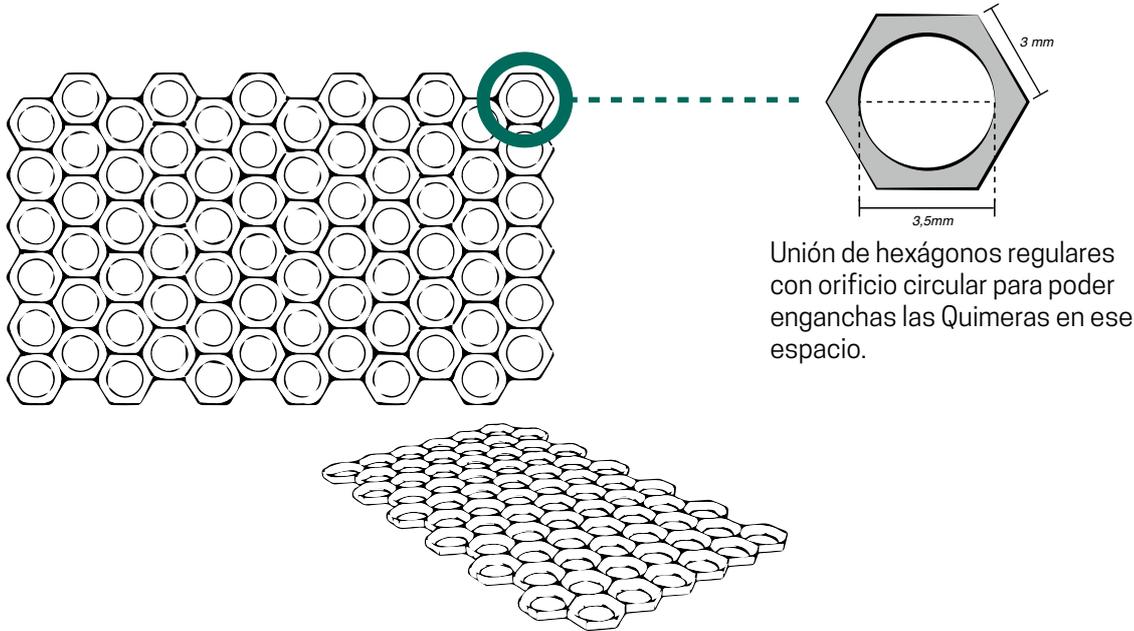
- *Flexible:*
Necesidad de poder adaptarse a la forma de la roca, para evitar desprendimientos por impactos de las olas.
- *Biodegradable:*
Para que una vez que las quimeras crezcan y su disco adherente sea más grande que ella, pueda desintegrarse.
- *Pequeña:*
Las dimensiones de esta red no pueden superar los 10x30 cm ya que mientras mayor superficie se le dé, mayores probabilidades tiene de desprenderse por roces con el agua.



Primeros prototipos de redes para insertar quimeras.
(Fuente: Elaboración propia, Cachagua, 2021).

► Malla de hexágonos

Esta se creó por medio del programa de parametrización 3D Grasshopper, con el fin de hacer que sus modificaciones se hicieran de forma más sencilla.

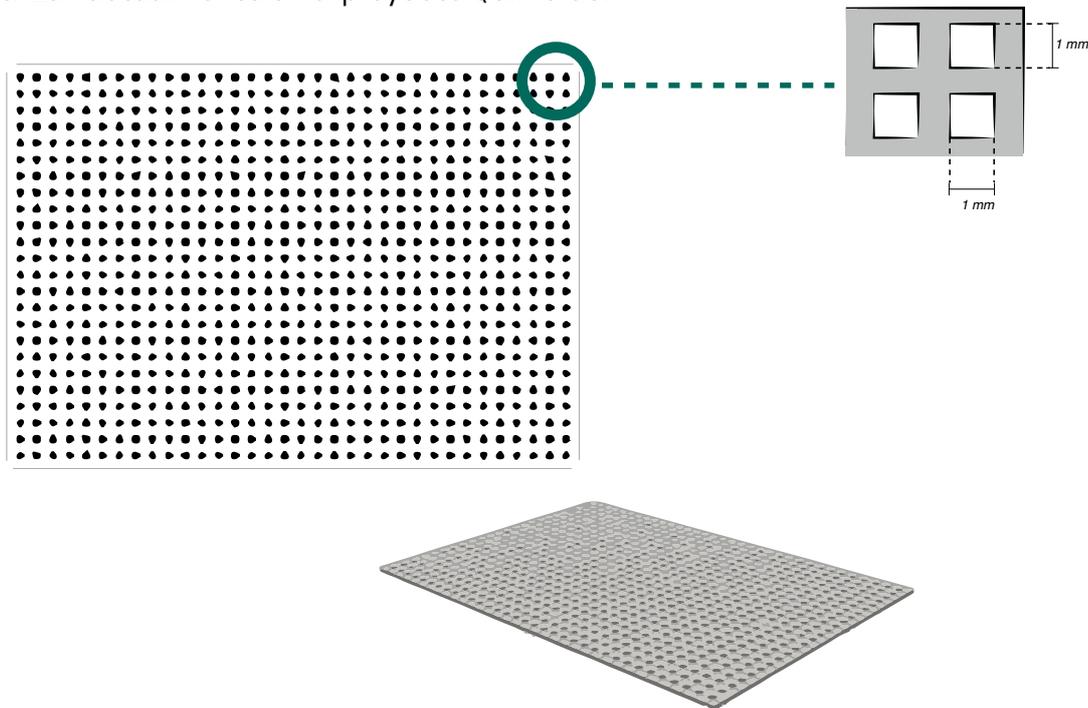


Secuencia prueba primer prototipo red de hexágonos.
(Fuente: Elaboración propia, 2021).

Tras imprimir una prueba se detectó que las uniones de los hexágonos eran más **propensas a quebrarse**, lo que le entrega **poca flexibilidad**.

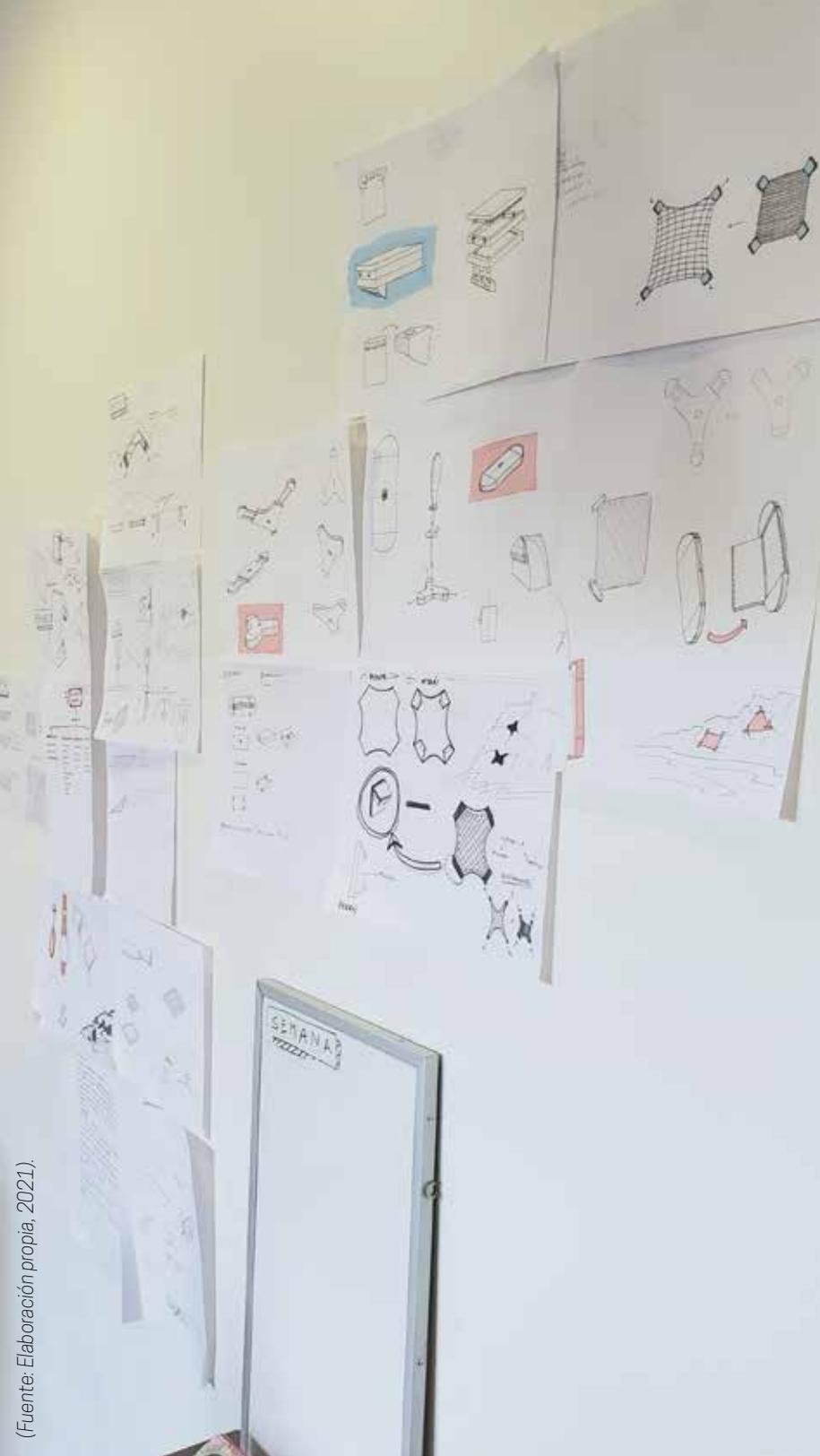
► Malla cuadriculada

Este modelo es más simple que el anterior. Es un rectángulo con cuadrados más pequeños en su interior. Se asemeja a las redes de alambre que utilizan actualmente en el proyecto Quimeras.



Secuencia prueba primer prototipo red cuadriculada.
(Fuente: Elaboración propia, 2021).

Con las pruebas impresas se detectó una **gran flexibilidad** tanto en su eje vertical como horizontal.



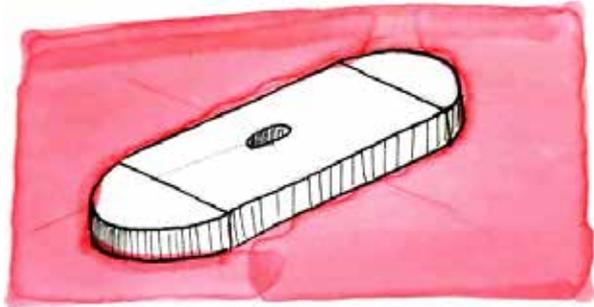
DISEÑO SOPORTE (B)

Considerando el estudio del contexto de implementación, se realizó una exploración de la forma del producto por medio de croquis. Luego se seleccionaron las dos mejores opciones que se estimaba que lograrían adecuarse al ambiente.

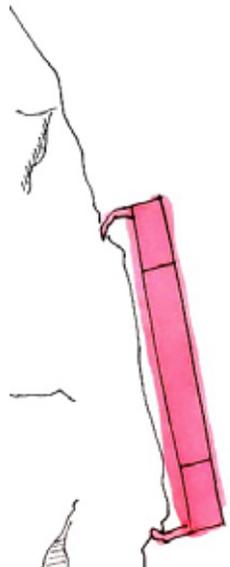
► Soporte X

Este modelo se diseñó para poder aferrarse a las protuberancias que poseen las rocas de la zona intermareal.

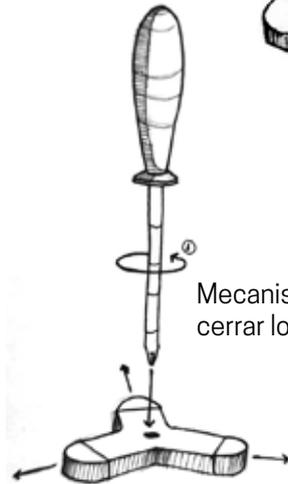
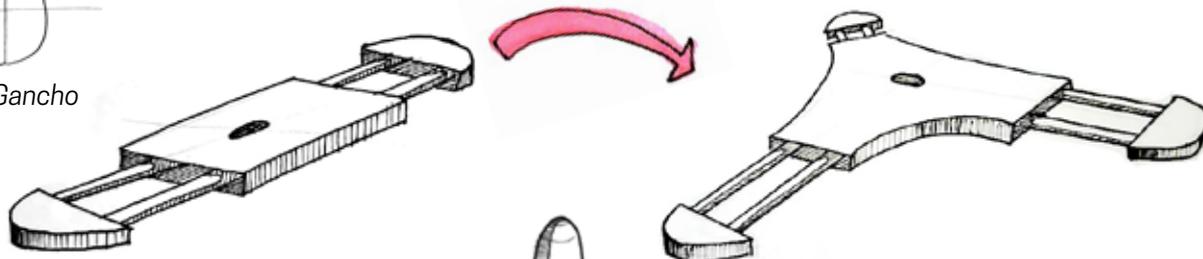
Croquis iniciales



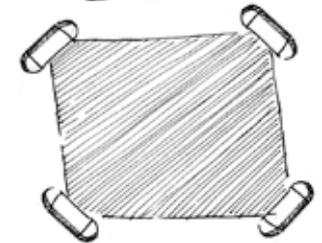
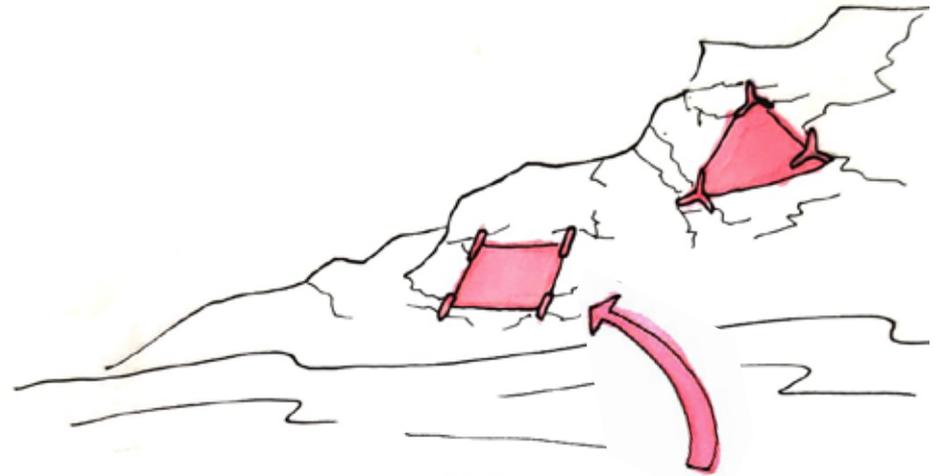
Gancho + Cuerpo + Gancho



Vista lateral del modelo en la roca.



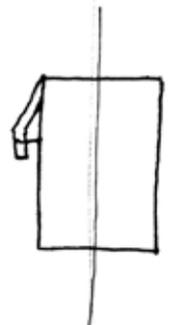
Mecanismo para abrir y cerrar los extremos.



Red (A) + Soporte (B)



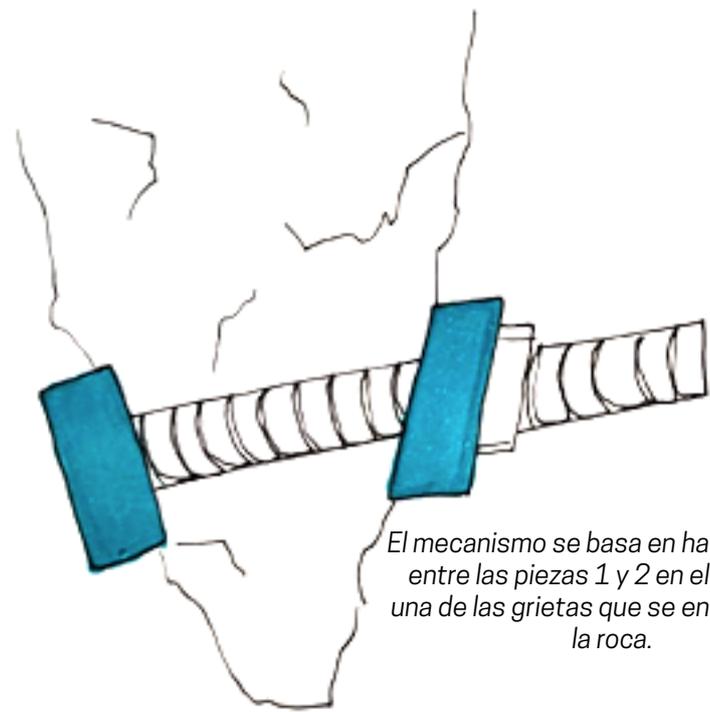
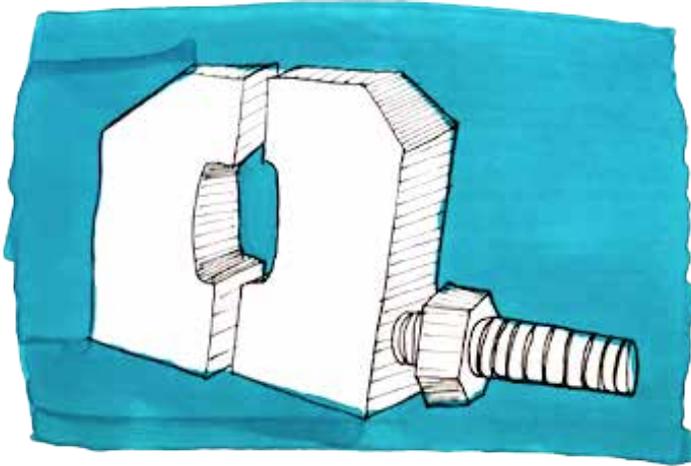
Vista isométrica de uno de los extremos.



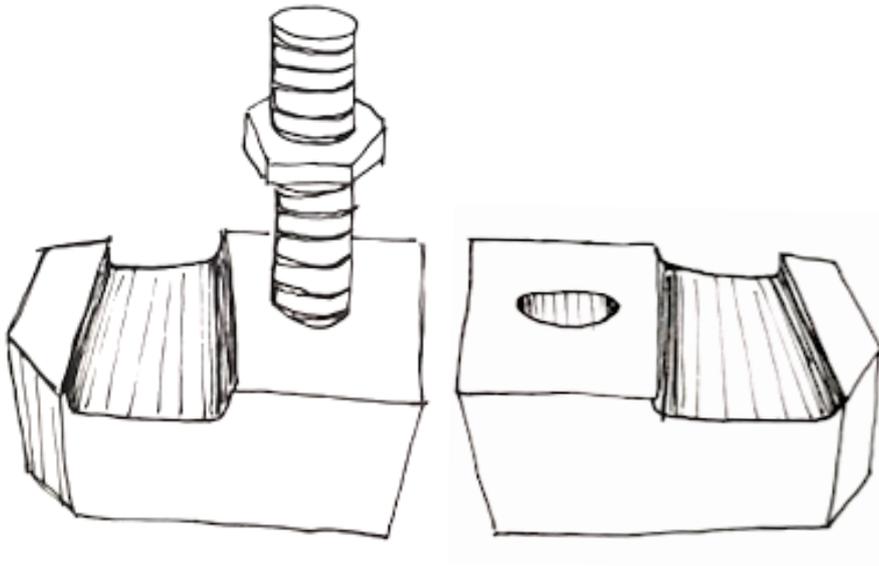
Vista lateral de uno de los extremos.

► Soporte Y

Se decidió utilizar las grietas que se encuentran en las rocas como medio para fijar los soportes.

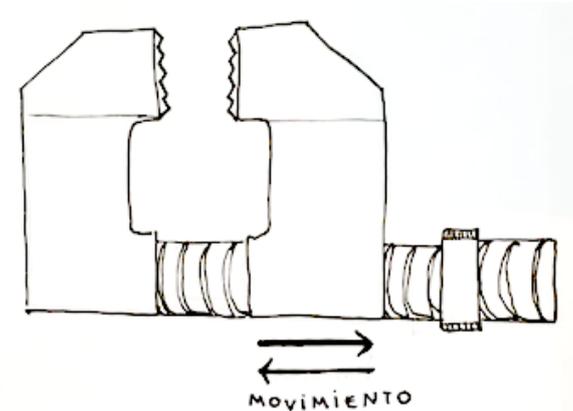


El mecanismo se basa en hacer presión entre las piezas 1 y 2 en el borde de una de las grietas que se encuentre en la roca.



PIEZA 1

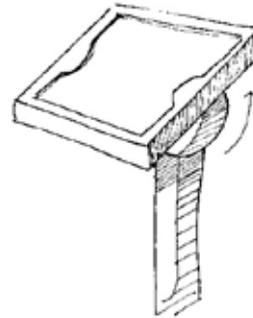
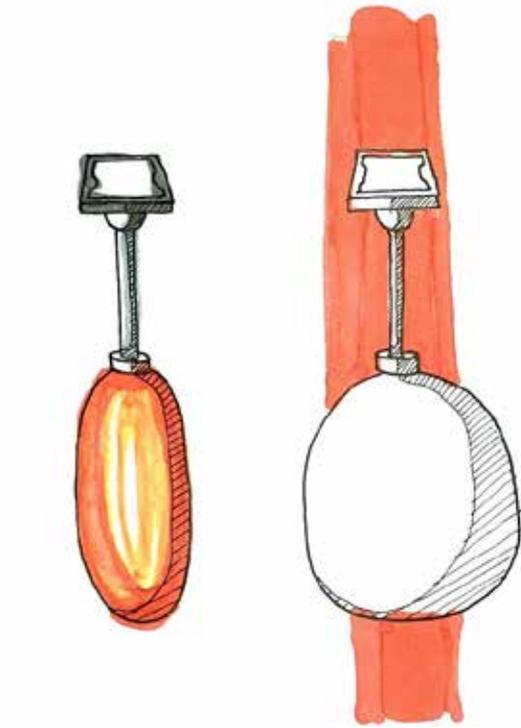
PIEZA 2



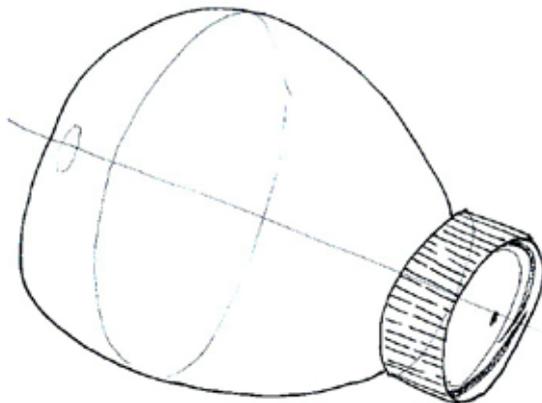
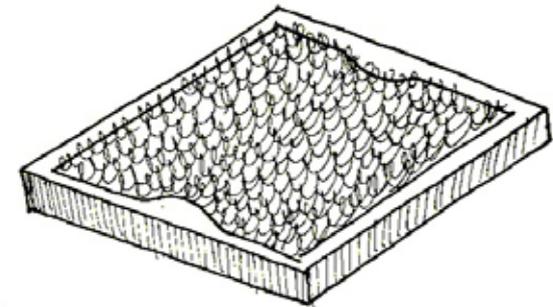
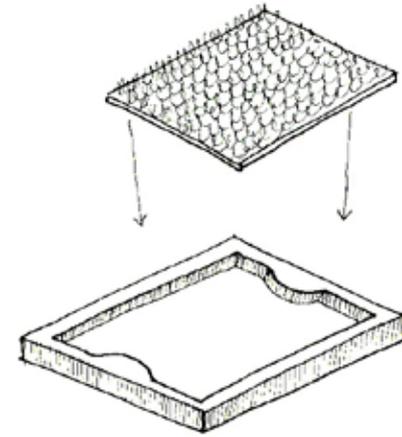
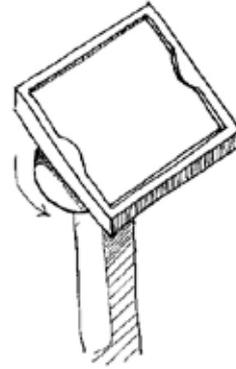
Una de las piezas tiene un riel de perno fijo, y la otra tiene un agujero con un diametro mayor para poder entrar y salir de este riel de forma fácil.

► Soporte Z

Este modelo también utiliza las grietas que se encuentran en las rocas como medio de fijación.



Espacio para insertar la red con el cultivo de Quimeras. Se le da movimiento para poder darle una posición adecuada en la roca.



Plástico duro que se infla a presión una vez que se inserta en la grieta.

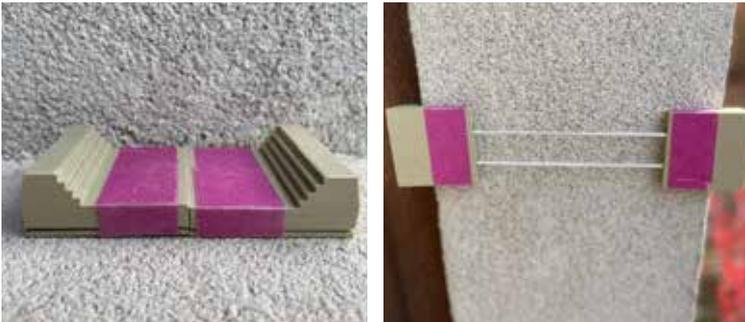
Se ubica entre medio de las paredes de las grietas de la roca.



Primeros testeos GRANDE

De las exploraciones presentadas anteriormente se prototiparon el soporte Y, y una adaptación del soporte X. En esta parte del proceso Santiago se encontraba en cuarentena, por lo que los testeos se realizaron en las rocas de un cerro de nuestra capital. El material utilizado fue PLA.

Adaptación soporte X



(Evolución prototipos)



En el proceso de impresión, este soporte tuvo variados rediseños. Finalmente se decidió imprimir solo los ganchos del soporte X, y en lugar de unirlos con un cuerpo rígido, se utilizaron elásticos.

Durante el testeo se observaron aspectos positivos y negativos (ver tabla 1). Destacaron sobre todo la rigidez de los dientes para adaptarse a la roca y la flexibilidad que entregó el uso de los elásticos.

Soporte Y



Este modelo no sufrió modificaciones desde las primeras exploraciones. A pesar de que el prototipo se lograba aferrar a la roca, se observaron más desventajas que cualidades en este prototipo (ver tabla 1).

Tabla comparativa 1

Se realizó una comparación entre los tres diseños y se rescataron las ventajas y desventajas de cada uno para luego llegar a nuevas conclusiones.

| Soportes | X | Y | Z |
|---------------------------|---|--|--|
| Aspectos positivos | <p>Logra engancharse a la roca.</p> <p>Fácil de instalar.</p> <p>Flexibilidad del cuerpo completo.</p> | <p>Logra engancharse firmemente a la roca.</p> <p>Fácil de instalar.</p> <p>Uso interesante de la presión dada por la rosca y el hilo.</p> | <p>El uso de la parte interior de las grietas otorga mayor flexibilidad para elegir un lugar de instalación.</p> |
| Aspectos negativos | <p>Enganche débil.</p> <p>Rigidez en los dientes del gancho.</p> <p>Ubicación limitada a la posición de las protuberancias.</p> | <p>Rigidez provocada por el perno que une las piezas.</p> <p>La ubicación del soporte depende mucho del espacio.</p> <p>Queda muy expuesto al golpe de las olas ya que es muy grande y sobresale de la roca.</p> | <p>Difícil de instalar.</p> <p>Para inflar la la parte inferior del modelo, se necesitaría un implemento extra como un compresor de aire.</p> <p>Difícil adaptación de la parte superior a la roca, ya que la red necesita estar pegada a ella para que el huiro se pueda adherir.</p> |

Tabla 1
(Fuente: Elaboración propia, 2021).

4.5 Iteración

Para llegar a un diseño definitivo se tuvieron en cuenta principalmente las observaciones obtenidas de los modelos impresos, pero también de las exploraciones de los dibujos.

► Malla (A)

Hasta no poder hacer testeos con el filamento Willow Flex, material oficial de construcción de la malla, es difícil saber a ciencia cierta las características. Pero de la información obtenida de los modelos de PLA se concluye que:

- Funciona mejor la malla cuadrículada ya que tiene menos puntos de quiebre que la malla hexagonal.
- La malla cuadrículada otorga mayor flexibilidad.
- Funciona mejor la malla cuadrículada ya que tiene menos puntos de quiebre que la malla hexagonal.
- La malla cuadrículada también será realizada en Grasshopper para facilitar sus modificaciones, y así permitir que sea más adaptable al ambiente.
- Es necesario mantener la impresión con un grosor de 1mm, esto también aporta a la flexibilidad y a evitar el roce con el agua.

► Soporte (B)

Se rescataron las observaciones más importantes obtenidas de la tabla 1. Además se agregaron otras características que ayudan a que el soporte funcione de una forma más eficiente.

- Se mantiene del soporte X el uso de “dientes” para generar un mejor enganche.
- Se mantiene del soporte Z el uso de las grietas en su interior, ya que entrega más posibilidades para ubicar el modelo.
- Se mantiene del soporte Y el uso de presión para dar mayor firmeza, pero esta vez en lugar de generar la presión hacia adentro, es hacia las paredes de la grieta.
- Se busca un mecanismo similar a un ‘friend’ de escalada. Estos dispositivos se introducen en las grietas cerrados, y una vez adentro se expanden generando presión.
- Mantener que la instalación se de forma fácil.



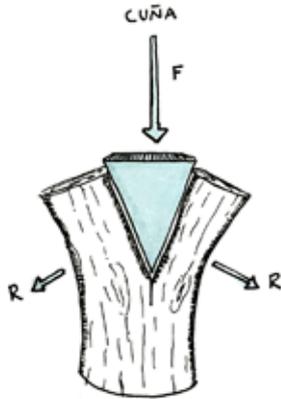
4.6 Rediseño

La parte más desafiante de este proyecto fue lograr un desarrollo adecuado del soporte, que se lograra integrar al contexto sin dañar al medio, y aun así fuese lo suficientemente firme para que las olas no lo pudieran mover y mantuviese el cultivo en su lugar. Es por esta razón que hay un mayor desarrollo del sistema de soporte que de las mallas.

En esta etapa se comenzó utilizando diseños de geometrías simples, con el fin de acelerar el proceso de prototipado. Luego se inicia en la etapa de refinamiento, donde se mejoran terminaciones y detalles.

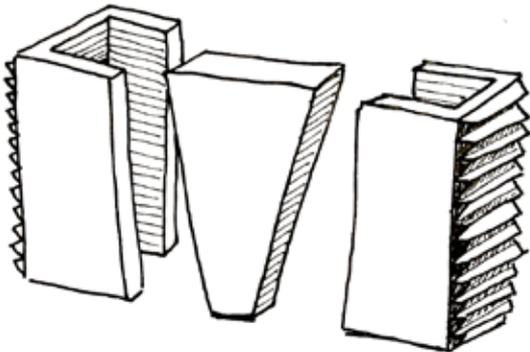
► Soporte final (B)

La propuesta final se basa en el máquina simple tipo cuña que se utiliza para partir troncos de madera.

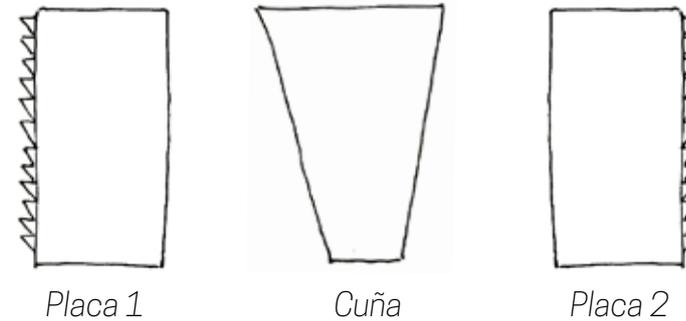


“La cuña transforma una fuerza vertical (F) en dos fuerzas horizontales antagonistas (R). El ángulo de la cuña determina la proporción entre las dos fuerzas aplicadas y resultante” (González, 2021).

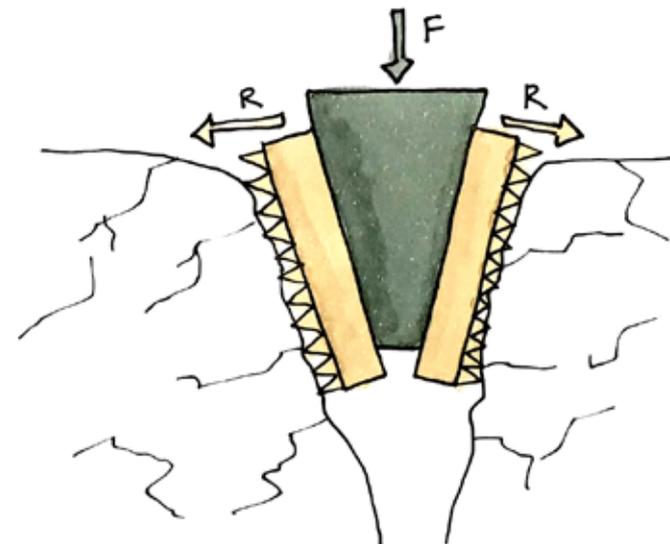
Basándose en la premisa anterior se creó un modelo que consiste en tres piezas principales (más agregados).



● Perfil simple piezas principales



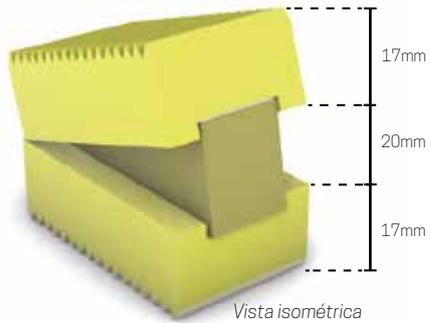
Las placas 1 y 2 son un espejo entre ellas. En este caso, la cuña realiza la misma fuerza (F) entre las dos placas. Una vez que el modelo está ubicado en la grieta las dos piezas iguales ejercen las fuerzas antagonistas hacia las paredes de la roca, quedando insertada a presión (ver esquema a continuación).



Impresión del modelo

Se imprimieron dos versiones del modelo en PLA para poder testear en distintos puntos de la V región.

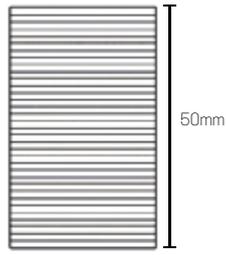
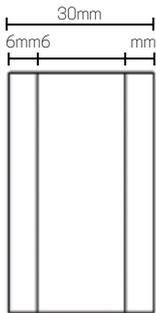
1



Placa 1
Vista interior

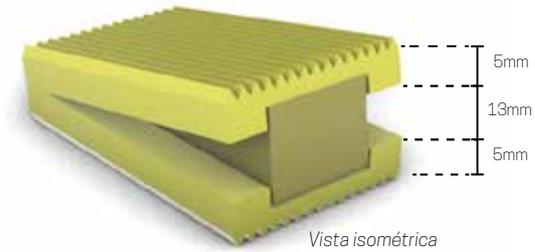
Cuña

Placa 2
Vista exterior



Planta

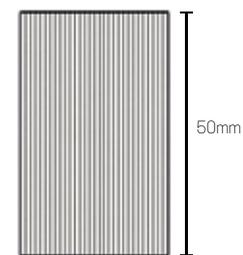
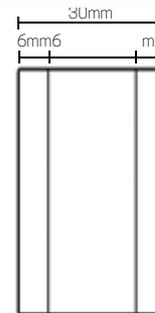
2



Placa 1
Vista interior

Cuña

Placa 2
Vista exterior



Planta

Testeos en terreno

A esta altura del proyecto se dió la posibilidad de ir a terreno para poder probar el funcionamiento de las dos versiones del soporte con cuña.

- 1 Este modelo se dejó durante 3 noches expuesto a la intemperie y al oleaje. Es el modelo más grande por lo que la grieta en la que su insertó era adecuada a su tamaño.



Ubicación: Zona intermareal playa Cachagua.



Medida grieta: 70 mm aprox.



El prototipo se insertó con la única ayuda de un martillo para poder hacer que la cuña entre y genere mayor presión. Una vez instalado era imposible de mover con las manos, y luego de los tres días en terreno, la única forma de poder removerlo fué ejerciendo presión con el mismo martillo desde el lado de la pieza.

2 También fueron 3 noches expuesto a la intemperie y al oleaje. La grieta en la que se insertó esta versión era más angosta debido al tamaño del modelo.



Ubicación: Zona intermareal playa Zapallar.



Medida grieta: 30 mm aprox.



Este modelo quedó aún mas expuesto que el anterior. Aguantó adecuadamente las subidas y bajas de la marea, sin moverse de su posición en los 3 días.

Observaciones

Gracias a los testeos en terreno con los prototipos impresos, se detectó un buen funcionamiento y una adecuada forma de aferrarse a la roca.

- Es importante contar con más de un tamaño de cuñas y también más de un tamaño de placas. Esto otorga versatilidad a la hora de instalar el prototipo en la roca. Permite que se puedan instalar donde uno necesita y no solamente dónde se puede.
- A pesar de que, por problemas ya mencionados, solo se pudo testear durante tres días, los prototipos tuvieron un buen desempeño enfrentándose al oleaje. No sufrieron ningún cambio de posición en ese tiempo.
- Se debe realizar un testeo a largo plazo, para corroborar que los modelos se mantengan en su lugar durante el tiempo que le toma al huiro crecer y aferrarse por su propia cuenta.
- Se necesita agregar una pieza para enganchar las mallas que no entorpezca la introducción de la cuña en las grietas.

V. PROPUESTA FINAL



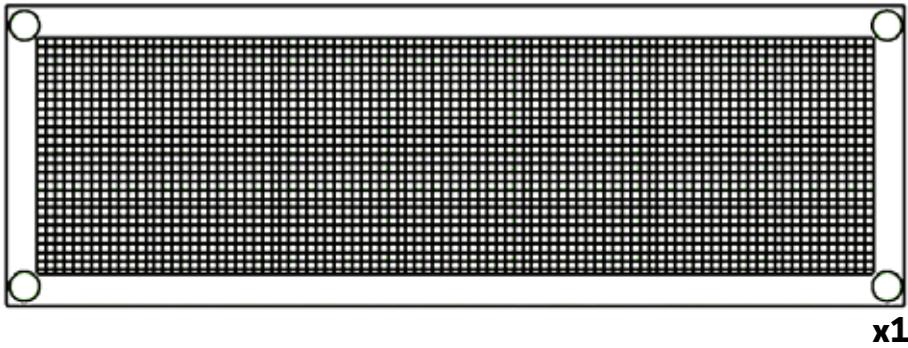
Khelp

**Soporte para cultivos de huiro en las rocas de la
zona intermareal de las costas chilenas**

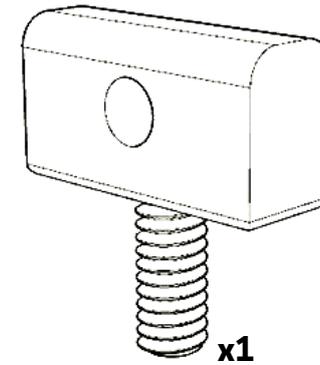
5.1 Diseño final

El prototipo final se conforma por el soporte B (cuña) y la malla A (cuadrículada). Para poder armarlo se necesitan 4 soportes B y 1 malla A. Se agregó una pieza C para poder unir la malla a los soportes.

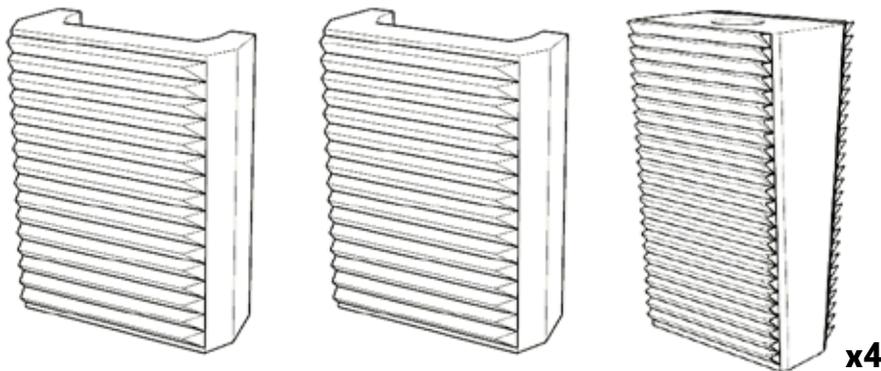
A



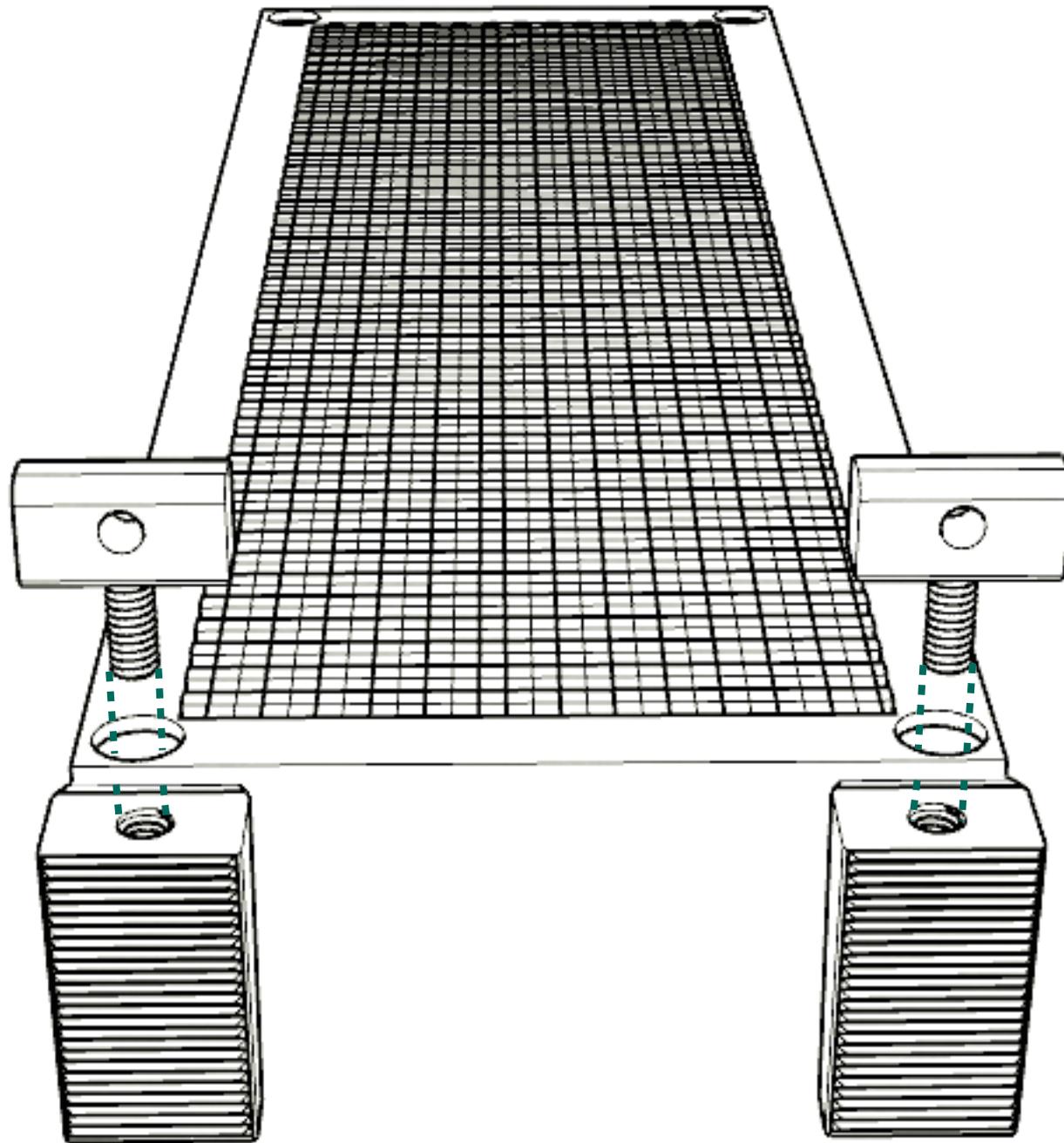
C



B



*Render aproximación formal del diseño final.
(Fuente: Elaboración propia, 2021).*



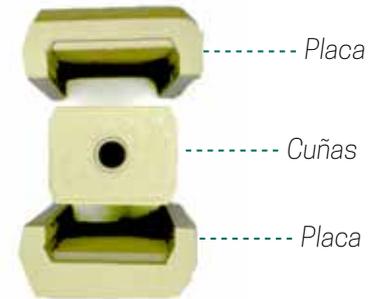
Acople cuña soporte B, malla A y pieza C.
(Fuente: Elaboración propia, 2021).

B Soporte final (B)

Se mantuvo el diseño de la cuña. Se agregaron más zonas con “dientes” para generar mejor tracción entre las piezas, y del modelo con la roca.



Vista isométrica



Vista superior

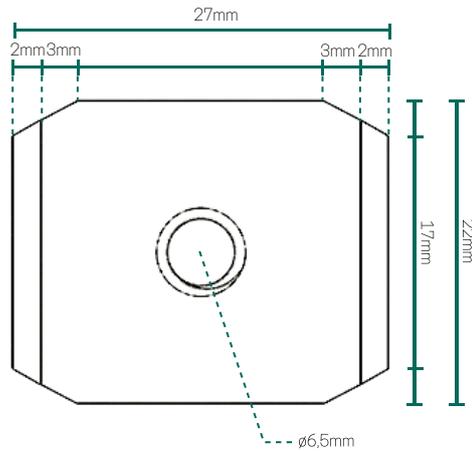


Vista Lateral

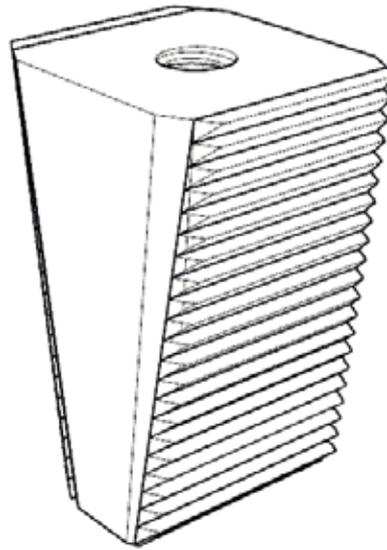
Imágenes modelo impreso en 3D.
(Fuente: Elaboración propia, 2021).

► Planimetría cuña

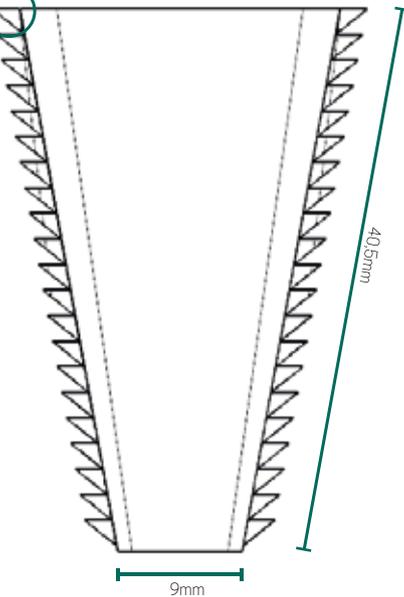
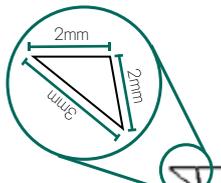
Además de agregarle superficies de agarre, se agregó un hilo en el centro de la cuña para poder insertar la pieza C.



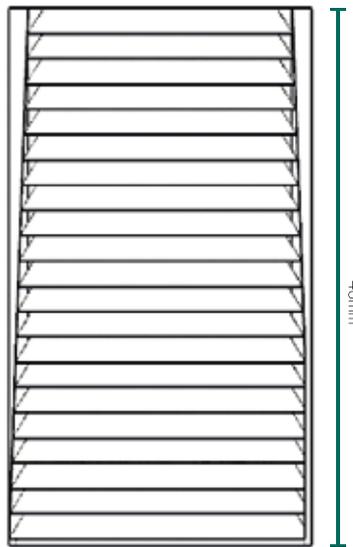
Planta



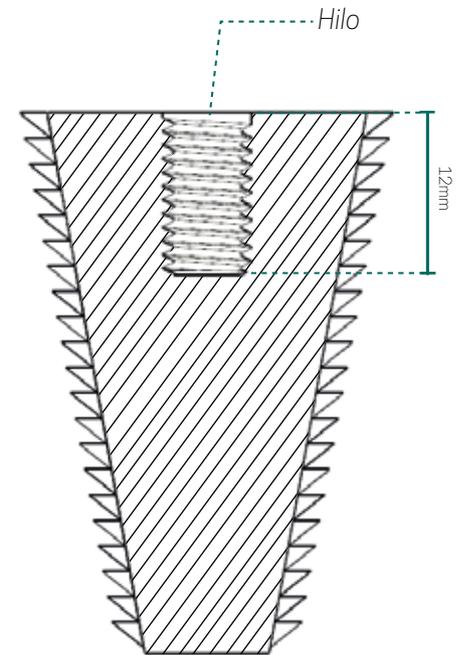
Vista isométrica



Vista lateral



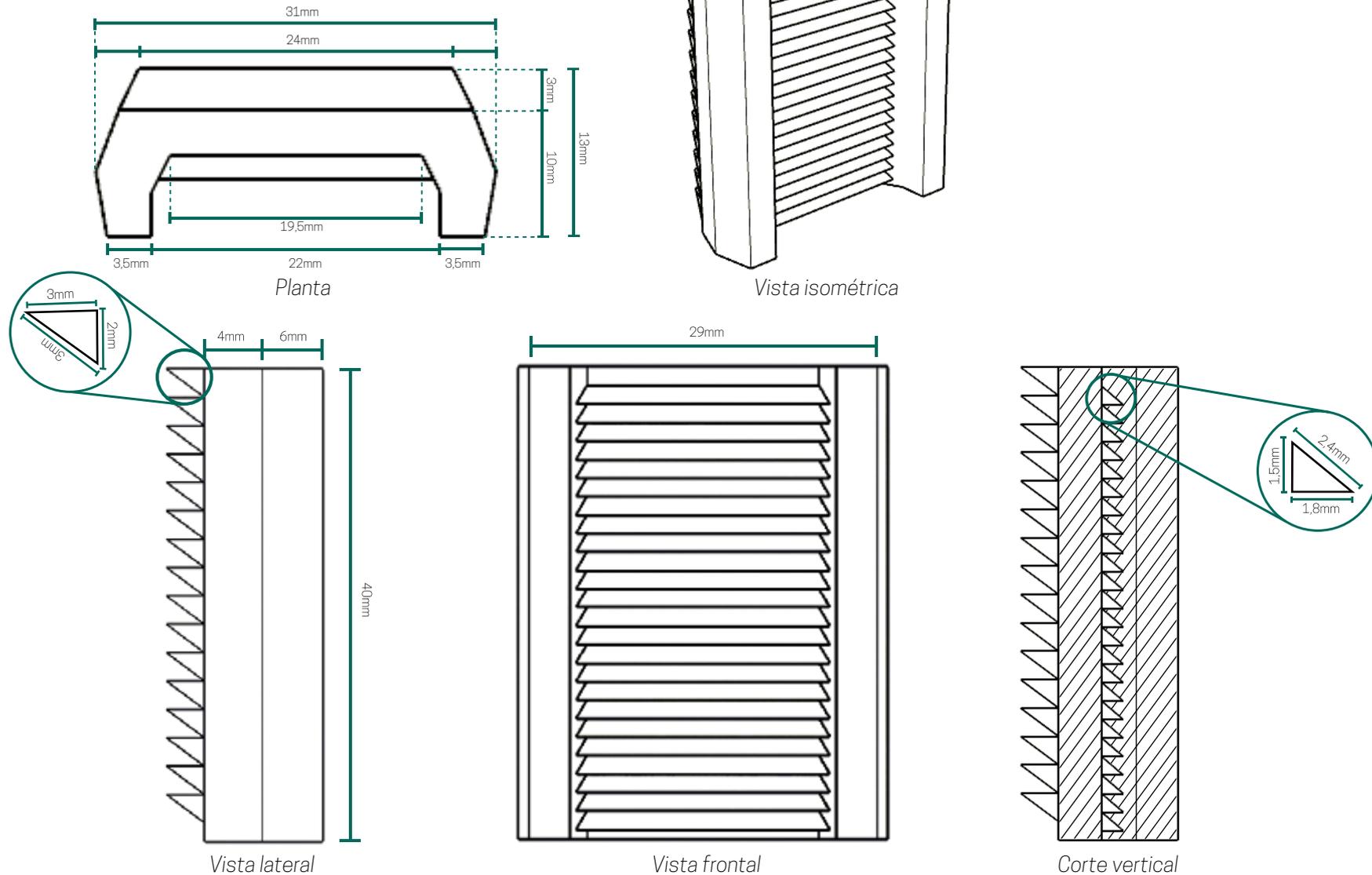
Vista frontal



Corte vertical

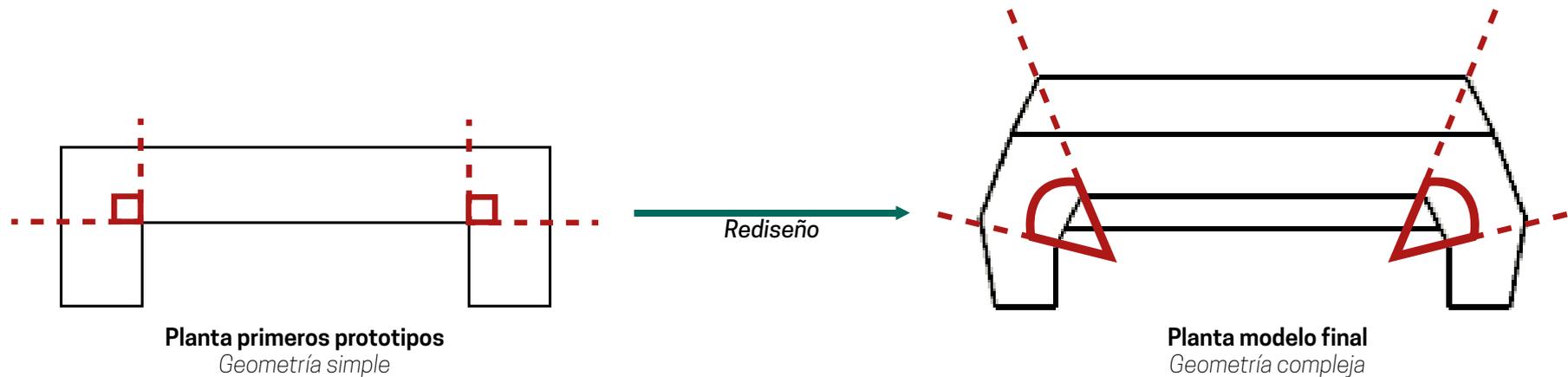
► Planimetría placas

Los dos cambios principales que se realizaron a las placas son: la creación de dientes en la cara interior que se acopla a la cuña y el cambio de las geometrías simples para dar mayor firmeza al modelo.



Respecto a las geometrías simples, se rediseño principalmente la planta del modelo. Los ángulos de los primeros prototipos tenían zonas frágiles y angostas que se reemplazaron por ángulos irregulares.

Los ángulos rectos fueron más propensos a quebrarse. Se cambió el tipo de ángulo utilizado para las esquinas, con el fin de darles mayor grosor y así mismo, aumentar la rigidez del producto.

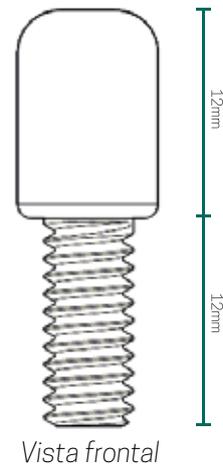
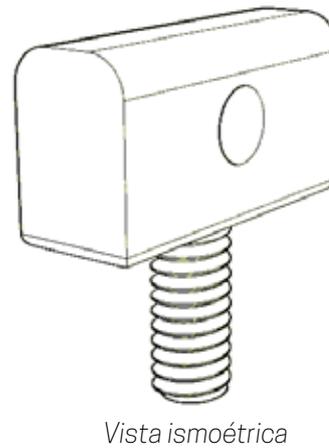
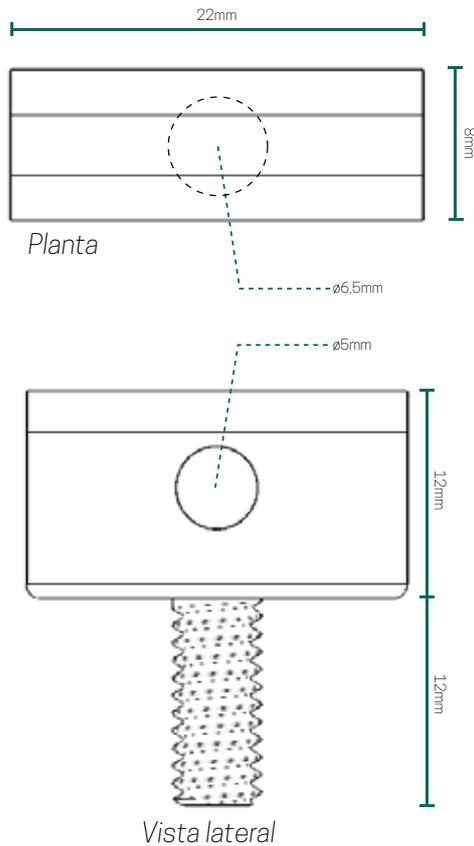


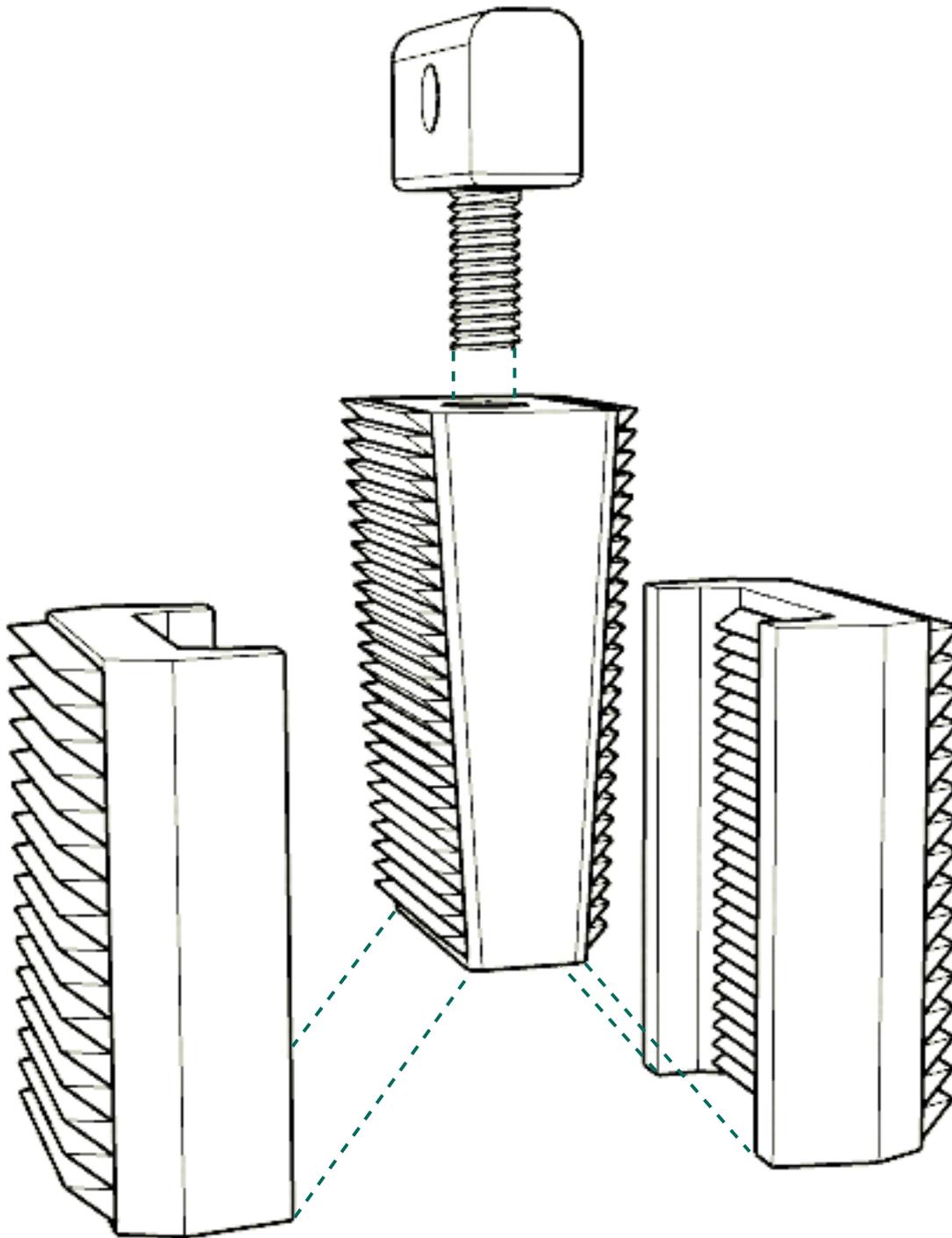
C Pieza C

Para poder instalar el soporte (A) en las rocas, se debe utilizar un martillo o algo que ayude a ejercer fuerza sobre la cuña. Es por esta razón que se crea esta pieza.

Cumple la función de unir las mallas al soporte. Es removible ya que permite martillar sin dañar esta pieza, y una vez que la cuña se encuentra en su lugar, se unen la pieza C y la malla.

► Planimetría





Acople soporte B.
(Fuente: Elaboración propia, 2021).

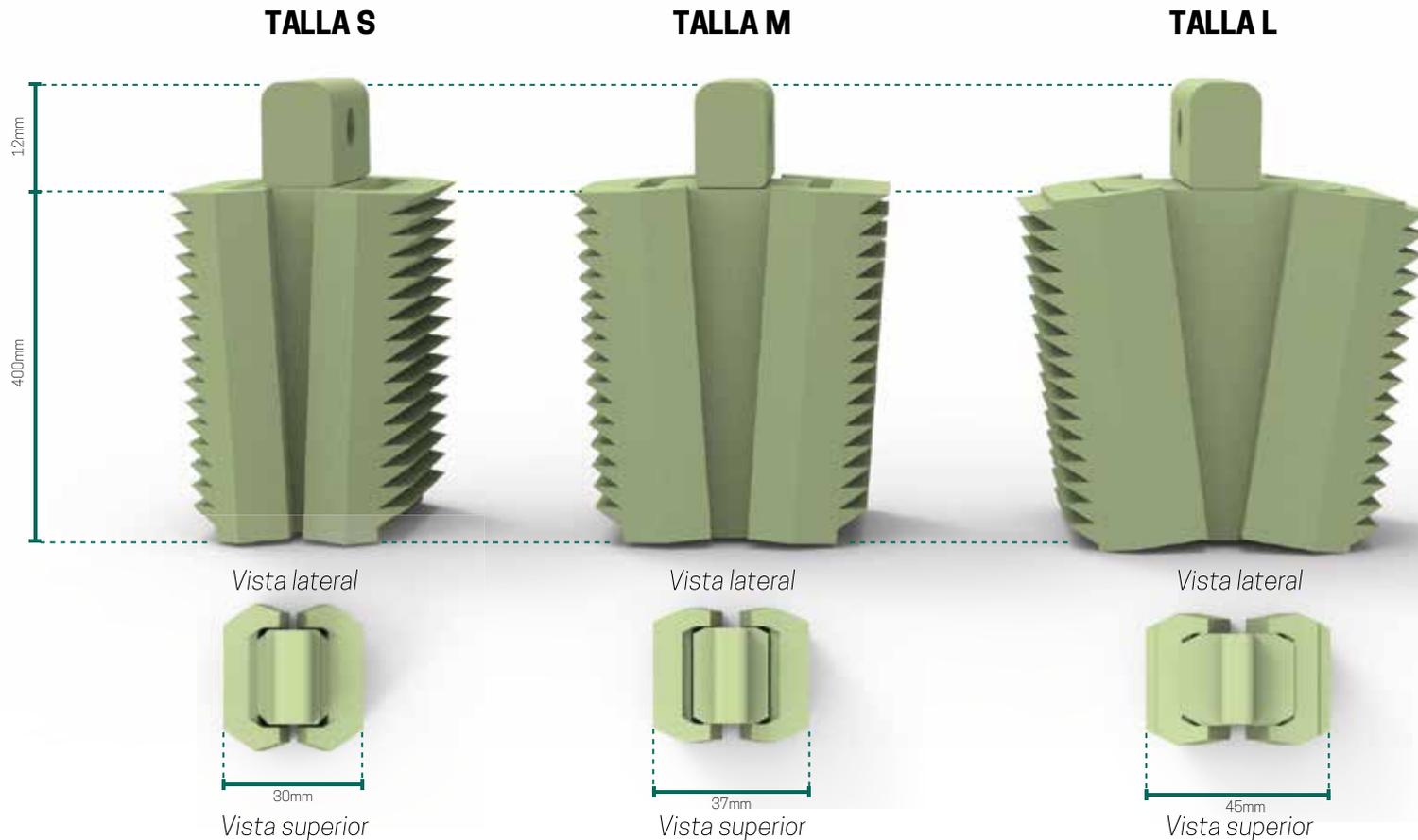
4.7 Tallas

Para poder abarcar de una mejor manera el uso del espacio, se decidió crear tres tallas distintas con el fin de insertarlas en las grietas según el tamaño de estas. Esto da la posibilidad de crear 9 combinaciones formales entre ellas para mayor versatilidad. Las placas, no varían su tamaño general, solamente el espesor. Los dientes mantienen sus medidas en las tres tallas.

La cuña mantiene su altura y ancho, pero cambian sus ángulos inferiores para hacerla más abierta o más cerrada. Se mantiene el diámetro del hilo en todas, de esta manera la pieza C es la misma para todas.

• Combinaciones

| CUÑA | PLACA |
|------|-------|
| S | S |
| S | M |
| S | L |
| M | S |
| M | M |
| M | L |
| L | S |
| L | M |
| L | L |





VI. LOGOTIPO

6.1 Naming y diseño logo

► Naming

El nombre del proyecto viene de dos palabras en inglés: *'Kelp'* que significa huiro, y es comunmente utilizada en el mundo científico de habla hispana para referirse a este tipo de alga. Y *'Help'* que significa ayuda. Es una palabra inventada que viene de una mezcla de significados. De todas formas, es fácil de leer ya que la H es silenciosa.

Kelp + Help
=
Khelp

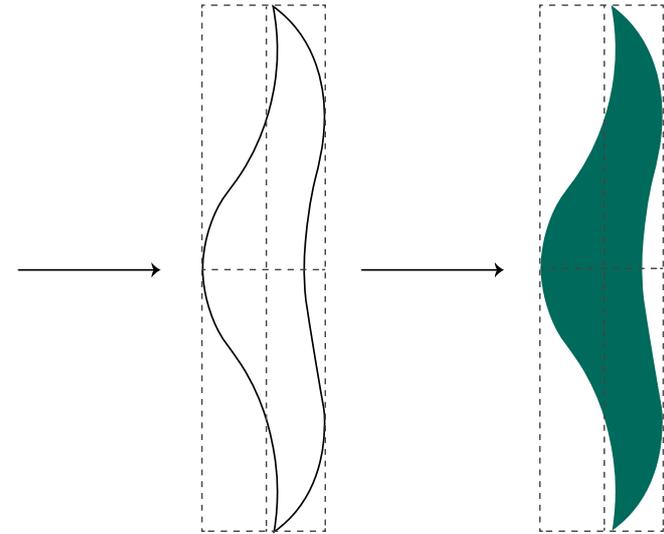
► Tipografía

Se utilizó *'Myriad Variable Concept Bold'* ya que es una tipografía atemporal, simple y de fácil legibilidad.

Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm Nn
Ññ Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz

► Diseño logotipo

El logo tipo hace uso de la tipografía mencionada en el punto anterior y se hace un guiño de una alga marina en la letra H para dar una idea de con que contexto se relaciona el proyecto.



► Elección de colores

Se seleccionaron solamente dos colores para su creación. Se utiliza un verde azulado que representa una mezcla del mar y las algas y el negro.



#000000

#006a5c

VII. IMPLEMENTACIÓN



7.1 Khelp hoy

El objetivo de Khelp desde sus comienzos ha sido aportar a una causa medioambiental, más allá de la parte económica que pueda generar. Es un proyecto enfocado en la investigación. Su método de creación es la impresión 3D ya que es la opción más económica y versátil a la circunstancias.

El desarrollo de los prototipos aún no ha terminado ya que debido a la pandemia el proyecto Quimeras tiene sus testeos en terreno detenidos, a la espera de que la situación mejore y se pueda comenzar a salir regularmente. Este proyecto representa la mejor aproximación posible a lo que se va a continuar desarrollando en el tiempo.

El usuario hoy en día se encuentra centrado exclusivamente en investigaciones científicas, ya que el desarrollo de cultivos en zonas intermareales no se ha logrado llevar a cabo fuera de laboratorios. Pero eventualmente se podría extrapolar y transmitir todo este conocimiento multidisciplinario, y enseñar a los propios alqueros y pescadores a realizar cultivos para que sean ellos quienes se involucren con el proyecto y puedan compensar lo extraen.

7.2 Tabla de costos actuales

- 1** Actualmente el proyecto se ha financiado con la ayuda del equipo Quimeras y el fondo concursable con el que cuentan. Además de financiamiento personal.

| | PROTOTIPO S | | | PROTOTIPO M | | | PROTOTIPO L | | |
|---------------------------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| | CUÑA | PLACAS | MALLA | CUÑA | PLACAS | MALLA | CUÑA | PLACAS | MALLA |
| Filamento (Grs) | 6gr | 6gr | 18gr | 9gr | 9gr | 18gr | 12gr | 12gr | 18gr |
| Tiempo de impresión (Hrs) | 1h | 1h 30m | 7hrs | 2h 25m | 2h 40m | 7hrs | 3h 8m | 4h 30m | 7hrs |
| Costo filamento | \$425 | \$425 | \$1286 | \$644 | \$644 | \$1286 | \$832 | \$832 | \$1286 |
| Gasto energético | \$45 | \$68 | \$315 | \$109 | \$117 | \$315 | \$141 | \$202 | \$315 |

2

| INVERSIÓN INICIAL | PRECIO |
|---------------------|-----------|
| Impresora 3D | \$250.000 |
| Filamento importado | \$140.000 |
| Computador | \$700.000 |
| Útiles testeo | \$400.000 |



VIII. PROYECCIONES

8.1 Proyecciones

Las algas se han vuelto el primer sustento económico para muchas familias en nuestro país, dejando a la pesca artesanal en un segundo plano. El año 2016 hubo constancia legal de desembarque de 260.000 toneladas de algas, de las que más de 176.000 eran pardas. Es dado la rentabilidad del negocio que hoy muchos pescadores cambian sus redes por trajes de neopreno para poder salir a bucear en busca de este nuevo tesoro (Agencia Efe, 2017). Si nuestros mares comienzan a ser poblados por desiertos y no por nuevos bosques, también irán desapareciendo otras especies con valor económico para las personas como lo son los locos, lapas, jaibas o erizos. Es por esta razón que dentro de las proyecciones se espera no ser entendido únicamente por científicos que tengan un amplio manejo del tema en aspectos técnicos, sino que busca que todas aquellas personas que viven de esto y que necesitan de un ecosistema marino sano para subsistir, puedan contribuir en la regeneración de los bosques de algas. Para esto se deberá realizar un trabajo en conjunto con el proyecto Quimeras para ver la viabilidad de realizar los cultivos fuera de los laboratorios.

Además, habría que reevaluar el método de construcción del producto y hacer una comparación con la producción industrial de plásticos de inyección. Pero para esto habría

que transformar el filamento Willow Flex o bien buscar un material que cumpla con todas sus características y que sirva para un método más masivo.

En un futuro se convertirán en un actor clave, los gremios de pesca que cuenten con áreas de manejo en donde se puedan implementar los cultivos. También se buscara involucrar a fundaciones, ONGs y los propios exportadores de algas para incentivarlos a contraarrestar eeste impacto.

Como el proyecto Khelp busca generar una solución ambiental, esta en línea con múltiples fondos concursables que dispone el Ministerio del Medio Ambiente y otras entidades. Este año (2021) estuvo vigente el Fondo de Protección Ambiental el cual “apoya iniciativas ciudadanas y financia total o parcialmente proyectos o actividades orientados a la protección o reparación del medio ambiente, el desarrollo sustentable, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental.” (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

Luego de analizar esos factores, este proyecto podría ser aplicado no solo en Chile, si no que también en otros países donde el cambio climático o el hombre este devastando estos bosques de huiro.

8.2 Modelo canvas

SOCIOS CLAVE

Sernapesca.
Ministerio del Medio Ambiente.
Gremios pescadores.
Investigadores (Alejandra González).
Proveedor de filamento biodegradable.
Exportadores de huiro.

ACTIVIDADES CLAVE

Testear en diferentes ambientes y lugares de Chile.
Entregar herramientas y conocimientos a grupo de investigadores.
Analizar factibilidad de producción masiva.

RECURSOS CLAVE

Maquinaria y materia prima atenta e producto tecnológicos
Especialistas en lugares claves
Conocimientos para investigación esteo masivo

PROPUESTA DE VALOR

Khelpe es una solución para conservar los ecosistemas marinos que son afectados por la extracción de algas, principalmente el Huiro.

Recuperación de manera eficiente, accesible y con bajo impacto medio ambiental los recursos extraídos en el "fondo marino".

RELACIONES CON CLIENTES

Facilitar y entregar patente del producto para su exploración.
Entregar herramientas para el testeo del producto.

CANALES

Distribución.
Ministerio Medio Ambiente.
Medios digitales.

SEGMENTOS DE CLIENTES

Algueros.
Investigadores.
Biólogos marinos.
Gremios de pesca.

ESTRUCTURA DE COSTOS

Recurso humano para la investigación.
Recurso humano para la implementación y testeo.
Maquinaria para fabricar.
Materia prima: importar filamento.
Cobertura nacional (norte de Chile).
Fabricación industrial (inyección y molde).

FUENTES DE INGRESOS

Fondos para investigación.
Futura venta de producto.
Fondos concursables.
Licencia para usar producto.

IX. CONCLUSIONES

9.1 Conclusiones del proyecto

Khelp se desarrolló con el fin de ser un aporte a la problemática de la deforestación de los bosques de huiro de nuestro país. Este es un problema real y de alto impacto ambiental del que pocas personas y entidades están hablando, y menos personas aún se encuentran haciendo algo al respecto. La mantención de estos bosques es esencial para que se pueda desarrollar un ecosistema sano a nivel general en el océano. Pequeñas y grandes especies dependen de estas algas para sobrevivir, su alimento y refugio reside en estas frondosidades oceánicas.

Nosotros como seres humanos también tenemos un importante grado de dependencia del huiro debido al aporte al oxígeno del medio que realizan estas algas. Económicamente también tienen un gran valor, ya que, como mencione, son el refugio de especies comercializadas en Chile como la jaiba o el loco. La economía de muchas familias a lo largo de todo el país depende de la extracción de dichas especies y también de las algas mismas.

A lo largo del todo el proceso de testeos y creación de prototipos, se logra cumplir con los objetivos generales y específicos planteados. El primero consistía en rehabilitar el ecosistema perdido a causa de la deforestación del bosque marino de huiros. El segundo fabricar un soporte que se integre al ecosistema de la rocas ubicadas en

la zona Intermareal. Y el tercero integrar el producto al contexto de la investigación científica del proyecto Quimeras.

Gracias a el involucramiento con el proyecto guiado por Alejandra González (Quimeras), Khelp se convierte en una posible solución real y funcional para poder cultivar el huiro en una zona donde es muy difícil su reforestación, debido a las condiciones ambientales del lugar. A pesar de que existen cultivos de huiro en cuerdas en la zona submareal, no se logra rehabilitar el ecosistema dañado por el hombre en la zona submareal. Ahí radica la importancia de este proyecto y, más aún, de hacer algo respecto a este problema que afecta especialmente a nuestras costas nortinas.

Este proyecto no se acaba con el proceso de titulación, ya que existe un compromiso real con el equipo de “Quimeras”. Junto con ellos compartimos la visión respecto a generar una solución a este gran problema de explotación de los bosques marinos, y también sobre la importancia de crear equipos multidisciplinarios para elaborar proyectos que desde sus diferentes áreas puedan proponer soluciones íntegras. El aporte desde el diseño permitió converger los diversos conocimientos sobre la problemática del mundo del Kelp para abordarlas en un solo producto.

9.2 Conclusiones personales

Es muy difícil resumir en tan pocas líneas una conclusión que abarca tantos aspectos de mi vida. En términos generales, creo que existen dos áreas particularmente relevantes que sin duda han sido enriquecidas tras ver no solo los pasos que he logrado dar con la investigación y propuesta que tienen en sus manos, sino también con la carrera de diseño completa.

En lo que se refiere a lo personal, fue capaz de ir encontrando a medida que cursaba mis 5 años de estudios, un sentido muy concreto y práctico del diseño. Más allá de la estética a la que la gente en general suele asociar esta profesión, encontré en ella la posibilidad de crear y encontrar soluciones a los diversos cambios y necesidades que afectan a nuestra sociedad y al mundo en el que habitamos. La integridad del diseño me ha dado, definitivamente, todas aquellas herramientas necesarias para hacer viable una idea que no busca otra cosa que enriquecer a las personas.

Precisamente lo anterior fue lo que me inspiró a indagar sobre el mundo de la biología marina, que poco conocía, pero que mucho me atraía. Este trabajo significa mucho no solo en cuanto a la posibilidad que se me dio de participar junto a un equipo multidisciplinario -fundamental para abrir y complementar las miradas- para encontrar una solución

al problema de la deforestación marina, sino también en cuanto al valor que tiene el poner nuestros conocimientos adquiridos en disposición de un rol que nos permita ser verdaderos agentes de cambio.

Despertó mi asombro; mi credibilidad en hacer posible aquello que muchas veces creemos que es imposible; el valor del trabajo en equipo y llevar una metodología que persiga y mida los objetivos; pero, por sobre todo, el valor para aportar al diseño de un mundo más adaptado a los requerimientos y diversidad de las personas.

Muchas gracias por la oportunidad.

ANEXOS

1 Boleta electrónica Willow Flex

New Order: #5891

You've received the following order from Alejandra Gonzalez:

[Order #5891] (May 15, 2021)

| Product | Quantity | Price |
|---|----------|------------------------|
| Natural (1.75mm, 2 kgs) Product contains: 2 kg (#WFN2001) | 1 | 140.00 € |
| Subtotal: | | 140.00 € |
| Shipping: | | 46.99 € via DHL Packet |
| VAT: | | 0.00 € |
| Payment method: | | Credit Card (Stripe) |
| Total: | | 186.99 € |

Billing address

U. de Chile (FONDEF 20110167)
Alejandra Gonzalez
[REDACTED]
[REDACTED]
Región Metropolitana
[REDACTED]
Chile
[REDACTED]
[REDACTED]

Shipping address

U. de Chile (FONDEF 20110167)
Alejandra Gonzalez
[REDACTED]
[REDACTED]
Región Metropolitana
[REDACTED]
Chile

Congratulations on the sale.

REFERENCIAS

Arana,P.M.(2012). Recursos Pesqueros del Mar de Chile. Recuperado de http://www.euv.cl/archivos_pdf/Recursos.pdf

Biotic Tuning. (2021). La Selva Valdiviana, el bosque lluvioso del fin del mundo. Recuperado 3 de junio de 2021, de <https://biotictuning.com/es/la-selva-valdiviana-el-bosque-lluvioso-del-fin-del-mundo/>

Cajamar. (2015, octubre). ¿Qué son las microalgas? Interés y uso. Recuperado de <https://www.cajamar.es/storage/documents/microalgas-1444391623-ca345.pdf>

Camps, M. A. (2016, 10 abril). Donde termina la tierra y empieza el mar. Recuperado de <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2015/09/22/zona-intermareal-rocas/>

Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL). (2020). Bosques de huiro. Recuperado de <https://www.centroideal.cl/infografia-digital-bosques-de-huiro/>

Desafío Tierra. (2020, 13 noviembre). El potencial ecológico de los bosques marinos chilenos destacado por el Banco Mundial. Recuperado de https://www.futuro360.com/desafiotierra/el-potencial-ecologico-de-los-bosques-marinos-chilenos-destacado-por-el-banco-mundial_20201113/

Fundación Aquae. (s. f.). Ni plantas, ni hongos, ni bacterias. . . Solo algas. Recuperado 25 de junio de 2021, de https://www.fundacionaquae.org/wiki-explora/41_algas/index.html

Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). (2004). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/y5600s/y5600s00.htm#TopOfPage>

Gómez Luna, Liliana M. (2007). MICROALGAS: ASPECTOS ECOLÓGICOS Y BIOTECNOLÓGICOS. Revista Cubana de Química, XIX(2),3-20.[fecha de Consulta 23 de Junio de 2021]. ISSN: 0258-5995. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543707001>

González, M. (2021). MÁQUINAS SIMPLES. Recuperado de <https://tecnoiefomgr.wixsite.com/tecnologia/maquinas-simples>

Hamilton, P. [Ladera Sur]. (2021, 2 junio). BOSQUES AZULES [Archivo de vídeo]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=KYqlbL3KH0A>

Herrera, R. (2020, 3 junio). Conociendo los recursos marinos de Chile: Las Macroalgas. Recuperado de <https://chile.oceana.org/blog/conociendo-los-recursos-marinos-de-chile-las-macroalgas>

INaturalist. (2020). Algas Rojas (Filo Rhodophyta). Recuperado de <https://colombia.inaturalist.org/taxa/57774-Rhodophyta>

Mendoza, M. L. (1999, febrero). Las macroalgas marinas bentónicas de la Argentina. Recuperado de http://aquaticcommons.org/16707/2/CienciaHoy1999_9_50_40.pdf

Peña, E. J., Palacios, M. L., & Ospina-Alvarez, N. (2005). Algas como indicadores de contaminación. Recuperado de https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=I4QBTq77BslC&oi=fnd&pg=PA3&dq=algas+marinas+clasificacion&ots=JZxvKhupc3&sig=gJRhWoTPbfBS7Pgh-QCAIPVTtek&redir_esc=y#v=onepage&q=algas%20marinas%20clasificacion&f=false

Prensa UChile, & Ramírez, F. (2020, 9 octubre). Proyecto busca restaurar algas con nuevas cepas resistentes al cambio climático. Recuperado de <https://www.uchile.cl/noticias/169439/buscan-restaurar-algas-con-cepas-resistentes-al-cambio-climatico>

Quitral, V., Morales, C., Sepúlveda, M., & Schwartz, M. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182012000400014

Sernapesca. (2020). Nuestra Institución | Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Recuperado de <http://www.sernapesca.cl/que-es-sernapesca>

Subida, M. D. (2016, enero). ¿Qué son los huiros? Recuperado de <http://chileesmar.cl/wp-content/uploads/2016/01/REMA-N%C2%B0-1.pdf>

Subpesca. (2006, enero). Actualización y validación de la clasificación de las zonas biogeográficas litorales. Recuperado de https://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89064_informe_final.pdf

Subpesca. (2010, julio). Un tesoro escondido: Flora y Fauna de la Costa Central de Chile. Recuperado de http://www.subpesca.cl/portal/618/articles-60021_recurso_1.pdf

Subpesca. (s. f.). Cochayuyo y huiro: Recursos objetivo áreas de manejo pesca artesanal - Chile. Recuperado de https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-4806_documento.pdf