



Recystis

Módulo lumínico flotante para acelerar
la reforestación de Huirales

Micaela Dazzarola Paúl

Recystis

Módulo lumínico flotante para la reforestación acelerada de
Huirales

Alumna
Micaela Dazzarola Paúl

Profesores Guía
Sra. Denisse Lizama / Sr. Javier Del Rio

Memoria preliminar presentada a la Facultad de Diseño de la Universidad del Desarrollo
para optar al Título Profesional de Diseñador

Santiago De Chile, Diciembre 2021

Agradecimientos

Quisiera agradecer enormemente a todos los que participaron en este proceso.

A mi familia y amigos por apoyarme incondicionalmente en todo momento. En particular a Krisler Alveal, por guiarme, enseñarme y estar siempre dispuesto a colaborar y a Martín Carrasco, por el apoyo y confianza.

A mi profesores guía, Denisse Lizama y Javier Del Río, por su enorme paciencia y gran disposición a lo largo del proyecto.

También agradezco profundamente la colaboración de Luis Henriquez y Alejandro Bushmann en las enriquecedoras discusiones relacionadas con temas de biología marina. Por otro lado agradezco la dirección náutica y estructural de Esteban Paúl, Pedro Palominos y Jaime Gatica.

Muchísimas gracias.

Indice de contenidos

I	Introducción
II	Metodología de investigación
III	Antecedentes generales
20	Calentamiento Global
22	Sumideros de CO ₂
26	Capacidad de mitigación de Huiro Flotador y árboles
28	Problema ambiental
34	Respuesta medioambiental del Huiro flotador
36	Macroalgas
IV	Objeto de estudio
40	Huiro Flotador
42	Partes y Fotosíntesis
44	Reproducción
46	Cultivo Huiro Flotador
50	Huirales
52	Beneficios
54	Desvaloración del Huiro en Chile
V	Caso de Estudio
58	Región de Atacama
59	AMERB Región de Atacama

61	Problemas ambientales Región de Atacama
64	Análisis Bahía Chasco y Bahía Salada

VI Variable de estudio

68	Luz solar
70	Luz solar bajo el mar
74	Luz solar y Huiro Flotador

VII Formulación Proyecto

78	Problema
79	Objetivos
80	Usuario Directo
81	Usuario Indirecto
82	Interesados: Organizaciones y Fundaciones
84	Estado del arte

VIII Desarrollo de Proyecto

88	Implementación luz artificial
90	Construcción balsa flotante
91	Cuidados de embarcación
92	Flotabilidad
93	Permiso concesión marítima
94	Normas señalización marítima
96	Normas de seguridad
97	Energía renovable: Solar

IX Propuesta de diseño

102	Oportunidad de diseño
104	Recystis
106	Referentes Directos
109	Referentes Indirectos
112	Anteproyecto
114	Desarrollo formal
118	Última iteración

X Propuesta Formal

122	Planimetría
124	Render
128	Funcionamiento General

XI Modelo de negocio y presupuesto

132	Lean Canvas
133	Presupuesto

XII Conclusión

XIII Referencias Bibliográficas

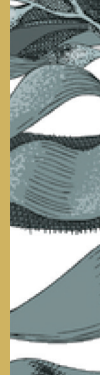
XIV Anexos

Abstract

El cambio climático es un problema que se ha acelerado en todo el mundo. Considerando los principales agentes de mitigación, existe una macroalga - el Huiro Flotador - que posee múltiples beneficios mitigadores del problema ambiental, así como económicos y sociales. A pesar de esto, existe una gran preocupación por su desaparición producto de la creciente deforestación, hasta ser considerado especie en sobreexplotación. Este proyecto busca - a través del diseño - responder al problema de la deforestación y sus consecuencias ambientales. Actualmente, existen medidas para limitar la extracción de estos (leyes de veda y cultivos). Sin embargo, el no existen medidas directas para acelerar su reposición. De esta manera, el proyecto Recystis pretende restaurar los bosques de huiro a través de un módulo lumínico flotante por medio de la alteración del fotoperiodo - impulsando su crecimiento y asentamiento - bajo la implementación de un elemento base del diseño: la iluminación. Esta investigación se basa en aspectos cuantitativos - artículos científicos y entrevistas expertos - para analizar el rol de la luz en la reforestación de estos, así como en aspectos cualitativos para la estructura del módulo. Los resultados de esta investigación permitirán enfrentar la deforestación del Huiro Flotador y sus consecuencias ambientales.

Palabras clave: Cambio climático - Huiro Flotador - Huirales - Reforestación - Iluminación





Introducción

El cambio climático es un problema que se ha acrecentado y acelerado en todo el mundo (IPCC, 2021). Una de las principales causas de este fenómeno es la desproporcionada emisión de CO₂ con respecto a la capacidad de los sumideros (secuestradores) de carbono (Hegeri et al., 2019). Esto ha traído consecuencias ambientales como la acidificación de los océanos, la pérdida de biodiversidad, entre otros (WWF, 2020). Para enfrentar esto, los gobiernos han adoptado formas de producción más sustentables y han promovido los sumideros de carbono – en particular los bosques de árboles (IPCC, 2020).

Considerando los principales agentes de mitigación, existe una macroalga – el Huiro Flotador – que una unidad de sus bosques mitiga lo mismo en un año que siete unidades de bosques de árboles en diez años (González et al., 2021). Adicionalmente tiene múltiples beneficios medioambientales (sumidero de carbono, control de la acidificación de océanos, sustento de redes tróficas), sociale (regeneración de hábitat costero, aumento de la producción acuícola) y económicos (generan valor de uso directo a través de la recolección de algas, la pesca comercial y actividades turísticas que apoyan) (Vasquez et al., 2014; Blamey y Bolton, 2018).

A pesar de ser un potencial agente natural mitigador de efectos del cambio climático, existe preocupación por su desaparición debido a su creciente y acelerada deforestación – hasta ser considerado especie en sobreexplotación – por parte de los humanos (Sala et al., 1998). Estudios muestran que en regiones del Norte de Chile el nivel de deforestación ha llegado a niveles casi totales (Rogers-Bennett y Catton, 2019). Esto ha provocado consecuencias desfavorables tanto ambientales, sociales y económicas para el entorno directo (Hinojosa et al., 2014).

Para enfrentar el problema de deforestación existen medidas para regular la extracción (i.e., leyes de extracción, periodos de veda y fiscalización) e iniciativas para perfeccionar los métodos de cultivos para la extracción a través de fuentes de cultivo (i.e., a través de la biología marina). Si bien, estas medidas velan por limitar la extracción de fuentes naturales, no existen medidas directas para fomentar y acelerar su reforestación.

De esta manera, el proyecto Recystis pretende acelerar la reforestación de bosques de huiro a través de un módulo lumínico flotante por medio de la alteración del fotoperiodo – impulsando su crecimiento y reproducción – bajo la implementación de un elemento base del diseño: la iluminación.

Esta investigación se basa en aspectos cuantitativos –artículos científicos y entrevistas con biólogos marinos – para analizar el rol de la luz en la reforestación de estos, así como en aspectos cualitativos para la estructura del módulo. Los resultados de esta investigación permitirán enfrentar la deforestación del Huiro Flotador, los que a su vez permitirán reconstruir otros ecosistemas marinos.

El proyecto se estructura de la siguiente manera: Sección 2 presenta la metodología de investigación, Sección 3 presenta antecedentes generales, Secciones 4 y 5 presentan el objeto y caso de estudio. Las secciones 6 a 10 presentan la formulación, desarrollo, propuesta conceptual y modelo de negocios del proyecto. La Sección 11 concluye.





Metodología de investigación

1. Tema de investigación:

El tema a investigar consiste en estudiar dentro de los sumideros de carbono, alguno que, además de capturar carbono, responda a otros problemas ambientales designados hoy como "Límites Planetarios". De esta manera, la investigación se centra en el Huiro Flotador. La elección del tema tiene como objetivo de contribuir al bienestar ambiental, teniendo como foco principal a las personas del entorno. En particular, esta investigación se centra en las comunidades costeras de la Región de Atacama, para así mejorar el bienestar económico, social y medioambiental.

Típicamente para enfrentar las consecuencias climáticas, se busca crear objetos amigables con el medio ambiente. Sin embargo, en los casos en donde se crean o modifican objeto, si bien se soluciona un aspecto se sacrifica otro (i.e, bolsas de material biodegradables) o no se considera la accesibilidad a nuevas tecnologías más sustentables (i.e, autos electrónicos). Ahora bien, también se ha incentivado el uso de recursos naturales, pero principalmente en el área forestal. De esta manera, esta investigación, además de llevar a cabo un proyecto donde nuestro principal recurso es el Huiro Flotador, pretende extender el conocimiento de su rol medioambiental y promoverlo como herramienta para enfrentar problemas ambientales.

2. Formulación del problema de investigación:

El 60% de el desembarque de algas en Chile corresponde a algas pardas, específicamente huiros. Debido al valor comercial y sus variados usos, Chile se ha convertido en el principal exportador de esta materia prima a China. Esto ha generado que las comunidades costeras se dediquen mayoritariamente a la extracción de este. Sin embargo, esto ha traído consecuencias de desabastecimiento de recursos extractivos incrementado aún mas el valor comercial de los huiros. En conclusión, el boom comercial ha promovido y provocado la deforestación del Huiro Flotador disminuyendo el nivel de otros recursos pesqueros, así como de la pérdida de sus beneficios que se traducen en menor mitigación de CO₂, aumento de la acidificación de océanos y pérdida de biodiversidad de especies marinas. Esto repercute directamente en la calidad de vida de las comunidades costeras tanto en lo mediambiental , social y económico.

3. Objetivos de la Investigación

3.1. Objetivo General.

El objetivo principal es analizar las características y desarrollo del el Huiro Flotador, para proponer una forma de reforestación de sus bosques en la Región de Atacama. En esta localidad existe un reconocimiento de la importancia de este, donde además de las restricciones de su extracción y mayor fiscalización, se han analizado sistemas de cultivos con el fin extractivo “sustentable” para extraer de la fuente natural. De esta manera se encontró la oportunidad de diseño de complementar estas medidas con la reposición de los bosques ya desforestados.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar el caso de estudio mas crítico de la Region de Atacama.
- Observar cómo repercute las consecuencias climáticas en estas zonas y ademas como se aumenta/disminuye con una mayor presencia de biomasa de Huiro flotador.
- Analizar características generales del Huiro Flotador , como su desarrollo, hábitat y las condiciones necesarias, las que se podrían incrementar para una reposición acelerada.
- Prototipar un módulo (o dispositivo) que permita lograr este fin pero con elementos propios del diseño, que tenga fines medioambientales y que sea sustentable al medio.

4. Metodología

Se utilizó una metodología de investigación mixta. Por un lado, se realiza un análisis cuantitativo abarcando la recolección de datos por medio de documentos y publicaciones científicas, con respecto al conocimiento del Huiro flotado. Adicionalmente, se estudiarán y recopilarán datos de instituciones como SERNAPESCA e IFOP para comprender la habitabilidad y asentamiento de esta algas. Por otro lado, se realiza un análisis cualitativo, por medio de entrevistas con expertos en el área de biología marina, buzos y cultivadores de algas para obtener datos del comportamiento del huiro y para obtener datos de primera fuente con respecto a su observación y estudio directo. Además se realizaron entrevistas a marinos e ingenieros estructurales, para corroborar el fundamento estructural y material náutico del objeto a diseñar y para comprender restricciones de intervención y permisos marinos.

Equipo de investigación

Macrocystis Pyrifera (huairo flotador)

MATERIA

Ph.D. Krisler Alveal

Biólogo Marino, Universidad de Chile
Profesor Titular, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas UdeC

Krisler Alveal

Ingeniero Forestal, Universidad de Concepción

Evaluador Proyectos fondef-conicyt
Colaborador de investigación macroalgas marinas.
Cultivador experimentalivo Chicoria de mar

PROCESO QUIMICO: FOTOSINTESIS

Ph.D. Rodrigo De la Iglesia

Biólogo P. Universidad Católica de Chile

Director de Pregrado, Facultad de Ciencias Biológicas P. Universidad Católica de Chile

CONTEXTO MARINO Y REPOBLAMIENTO

Ph.D Luis Henriquez

Biologo marino, Universidad de los Lagos.

Investigador departamento de repoblación y cultivo de IFOP

LUZ NATURAL Y FOTOPERIODO

PH.D Alejandro Bushmann

Biologo marino Pontificia Universidad Catolica de Chile

Profesor titular universidad de los Lagos

Forma

MATERIA Y ACERCAMIENTO FORMAL NÁUTICO

Esteban Paúl

Ingeniero naval mecánico,
Armada de Chile

Director comercial TECNICA

EMBARCACIONES Y NORMATIVA MARITIMAS

Jaime Gatica

Jefe Nacional de señalización
Marítima de la Armada de Chile

Autoridad Marítima y Capitan
de puerto desde Puerto Varas a
Iquique

ESTRUCTURA, MATERIAL Y FLOTABILIDAD

Pedro Palomino

Ingeniero civil estructural,
Pontificia Universidad Católica
de Chile

Consultoría en estructuras

MEDIAMBIENTE Y ANALISIS CUANTITATIVO

Ms.C Martin Carrasco

Economista Pontificia
Universidad Católica de Chile.

Profesor investigador,
Coordinador del área
Económica UDD.





Antecedentes generales

Calentamiento Global

Sumideros de CO₂

Capacidad de mitigación

Problema Ambiental

Respuesta medioambiental

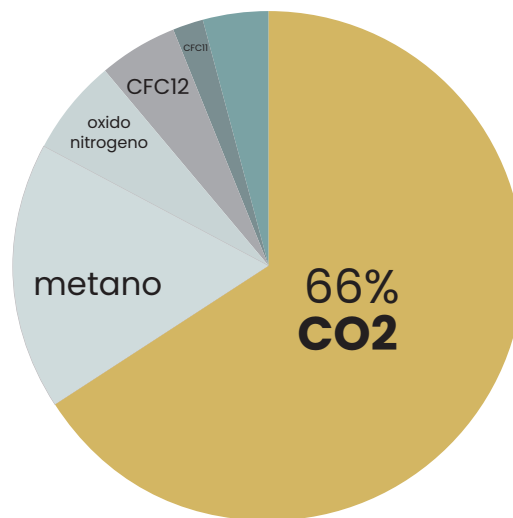
Macroalgas

Calentamiento Global

EL calentamiento global es un problema resonante en todo el mundo desde hace más de tres décadas (UN , 1992; IPCC, 2021). Este problema se ha acentuado y acelerado en los últimos años (Le Queré et al., 2021). Una de las principales causas del calentamiento global es la desproporcionada emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente emisiones de CO₂, con respecto a la capacidad de los sumideros de carbono , los cuales secuestran y/o transforman el CO₂ en O₂ por medio de la fotosíntesis (UN, 1992; Gillett et al., 2012; Jones et al., 2013, Bindoff et al., 2014; Hegeri et al., 2019).

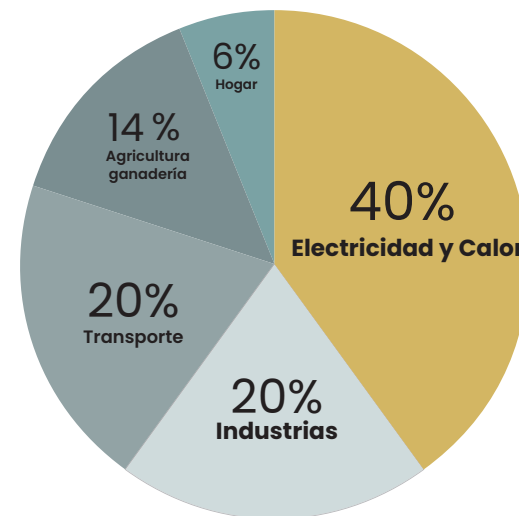
Hoy en día, la mayoría de los países han tomado conciencia de este problema. Para enfrentarlo, han basado sus políticas en disminuir la huella de carbono y en aumentar los sumideros de carbono (IPCC, 2020; Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2020; WWF, 2020).

Fig. 1 Composición global de Gases de Efecto Invernadero en el año 2020



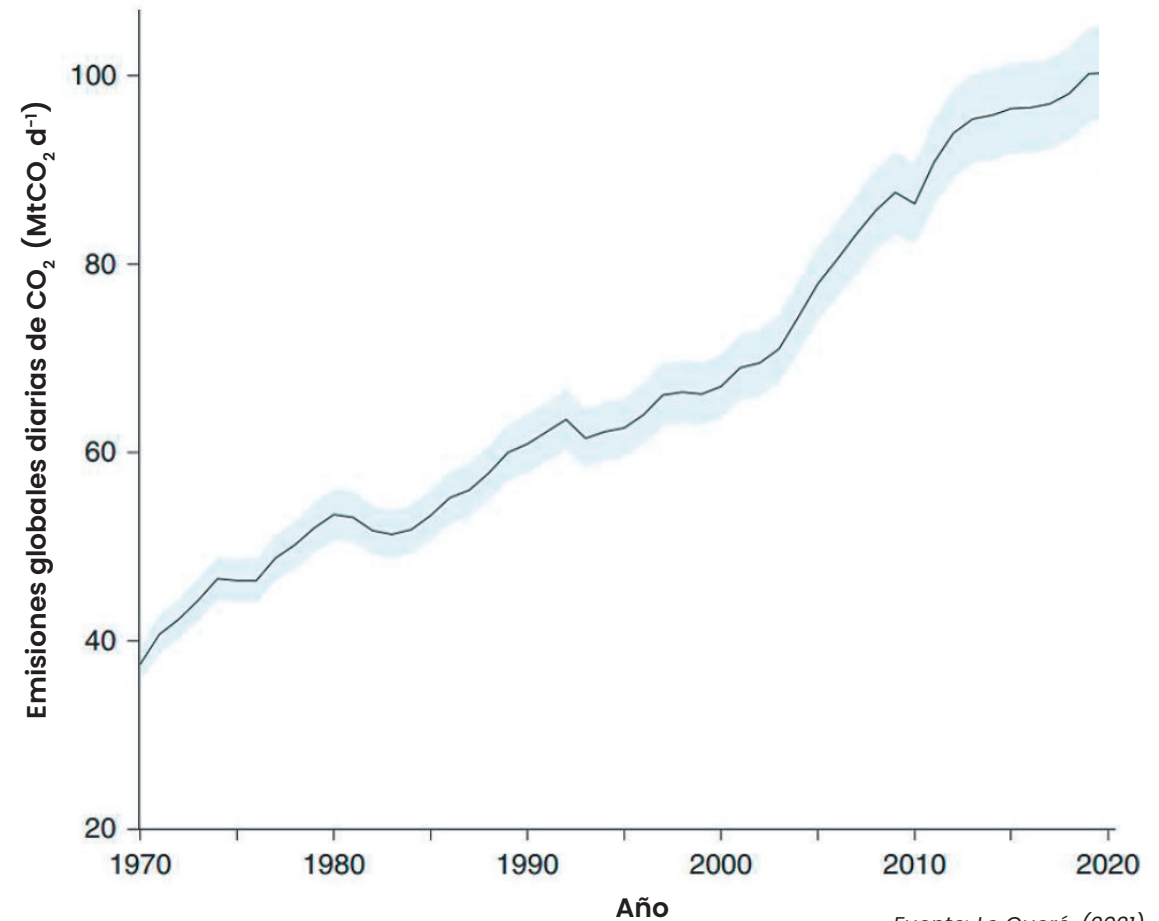
Fuente: elaboración propia en base a la OMM (2020)

Fig. 2 Emisiones globales a nivel sectorial en el año 2020



Fuente: elaboración propia en base a la OMM (2020)

Figura 3 Emisiones globales de CO2 diarias



A pesar de esto, las emisiones globales de carbono no han disminuido, e incluso han aumentado fuertemente (Le Queré et al., 2021), debido principalmente a que los distintos sectores económicos no han adoptado una tecnología sustentable (WEF, 2018). En particular, los sectores que contribuyen mayoritariamente a las emisiones son las industrias, el sector eléctrico, el sector de transporte y la agricultura (EPA, 2017; IPCC, 2020; Climate Watch, 2021).

Por otro lado, en lugar de aumentar, los principales sumideros de carbono – terrestres y marinos – han ido decayendo en el tiempo. No solamente han decaído en niveles, sino que también en su efectividad de secuestradores de CO₂ producto del cambio climático (Brienen et al., 2015; Galen et al., 2020; WRI, 2021).

Sumideros de CO₂

Los sumideros de CO₂, o también denominados secuestradores de CO₂, son depósitos naturales o artificiales de carbono, los cuales absorben el carbono de la atmósfera, contribuyendo a reducir la cantidad de CO₂ en el aire (Ministerio del Medio Ambiente, 2020). Existen otras definiciones que van en la misma dirección de la definición anterior. Por ejemplo, también se definen como “todo proceso, actividad o mecanismo que sustrae de la atmósfera un gas de efecto invernadero” (IPCC Glosario, 2020, pág. 201).

Fig.4 Destino del CO₂ emitido



Fuente: elaboración propia en base a Le Queré et al. (2019).

queda retenida en la atmósfera reflejando que las emisiones de carbono sobrepasan la capacidad de los sumideros de carbono. Del 55% restante de las emisiones, una mitad es secuestrado por los sumideros terrestres y la otra mitad por los sumideros marinos (Le Queré et al., 2019). Si bien, se está experimentando con sumideros artificiales, la tecnología usada aún no ha logrado la eficiencia y madurez necesaria para afrontar las exigencias (i.e. casos de fuga de carbono) (Sustainability, 2019).

Adicionalmente, es relevante precisar dos aspectos de los sumideros de carbono. En primer lugar, el océano aporta el 50% de oxígeno al planeta, convirtiéndose en el mayor proveedor de oxígeno. En segundo lugar, la fotosíntesis, tanto por agentes terrestres o marinos, es el principal mecanismo de secuestro de carbono (Sustainability, 2019).

Los sumideros de carbono se clasifican en terrestres, marinos y artificiales.

Sumideros terrestres:

Son los sumideros que están presente en el ecosistema terrestre del planeta. Los principales sumideros terrestres son los bosques de árboles, los prados y la materia orgánica muerta (National Geographic, 2020). Dentro de estos, los bosques de árboles son los principales sumideros terrestres debido a que cumplen un rol doble, secuestran CO_2 y liberan O_2 a través del proceso de la fotosíntesis.

Sumideros marinos:

Son los sumideros que están presente en el ecosistema marino del planeta. El principal sumidero marino son los océanos (National Geographic, 2020). Los océanos secuestran el CO_2 de la atmosfera, lo disuelven en el agua y, por medio de distintas especies del ecosistema que realizan fotosíntesis, mitigan el CO_2 . Este proceso es realizado por corales, plancton, bacterias fotosintéticas, peces y, en particular, a través de las macroalgas marinas. Estas últimas aportan en mayor medida a la mitigación de CO_2 (Krause-Jensen y Duarte, 2016; Wernberg et al., 2019).

Sumideros artificiales:

Son los métodos de captura de carbono que no utilizan el ciclo natural del carbono. Para esto es necesario capturar el carbono y luego almacenarlo. Los principales son las plantas de purificación de gas natural y el almacenaje de CO_2 (National Geographic, 2020).

Respecto de la situación actual del planeta, del total de las emisiones de carbono, un 45% de estas

Fig.5 Principales sumideros terrestres



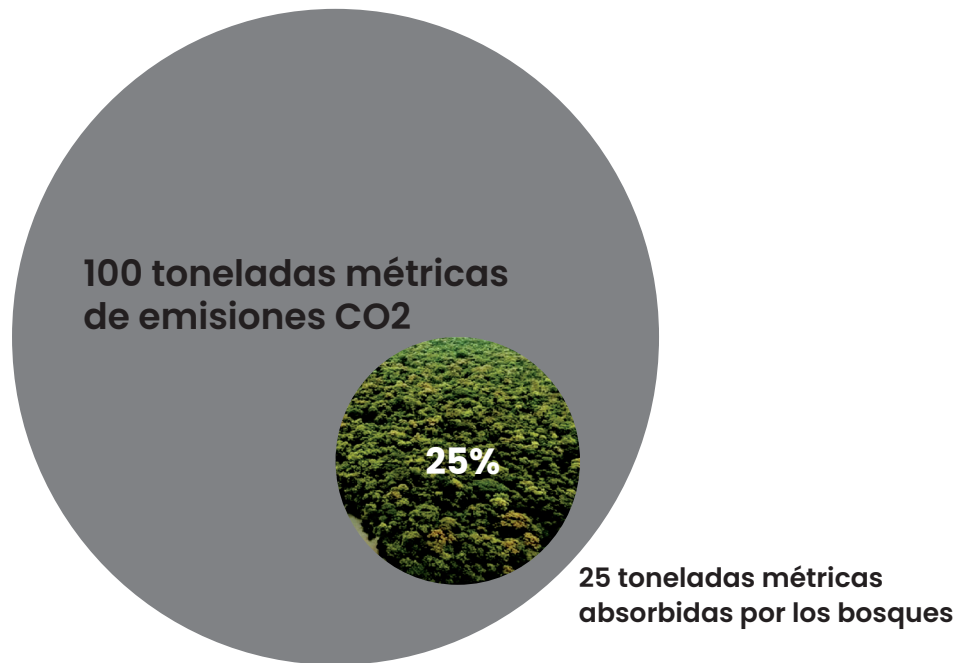
Fuente: elaboración propia en base a National Geographic (2020)

Fig.6 Principales sumideros marinos



Fuente: elaboración propia en base a National Geographic (2020)

Fig.7 Mitigación arboles del total de emisiones globales

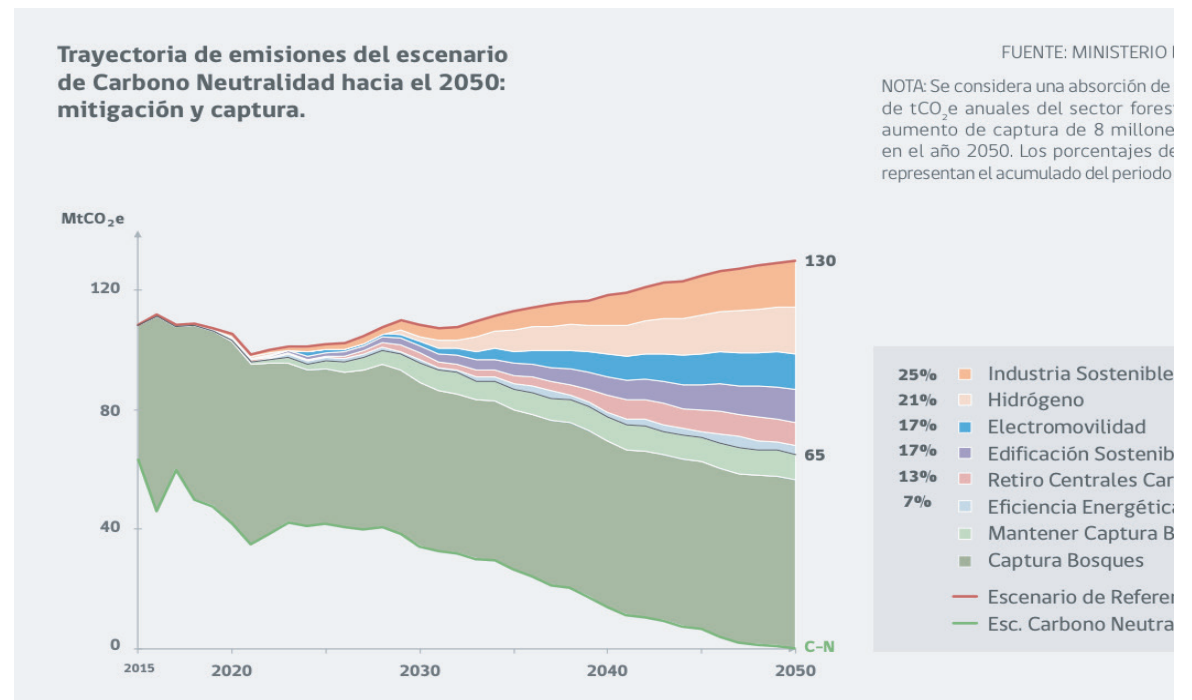


Los gobiernos han adoptado diversas estrategias para disminuir las emisiones netas de carbono. Estas estrategias se basan en disminuir las emisiones de CO₂, a través de formas de producción más sustentables, y en aumentar los sumideros de carbono, a través de la fomentación del desarrollo de los sumideros de carbono, basado principalmente en la reforestación de bosques (IPCC, 2020).

Fuente: elaboración propia en base a IPCC (2020)

A modo de ejemplo, el gobierno de Chile anunció su estrategia para disminuir las emisiones de CO₂ con el objetivo de lograr la carbono neutralidad. Esta estrategia está basada en disminuir las emisiones por medio de industria sostenible, el uso de hidrógeno, la promoción de electromovilidad, entre otros. Adicionalmente, la principal estrategia que incentiva el uso de los sumideros es promover la reforestación de bosques de árboles (Ministerio de Energía, 2020). No existe ninguna estrategia que hace referencia a las macroalgas.

Fig.8 Estrategia para disminuir las emisiones de CO₂ del gobierno de Chile

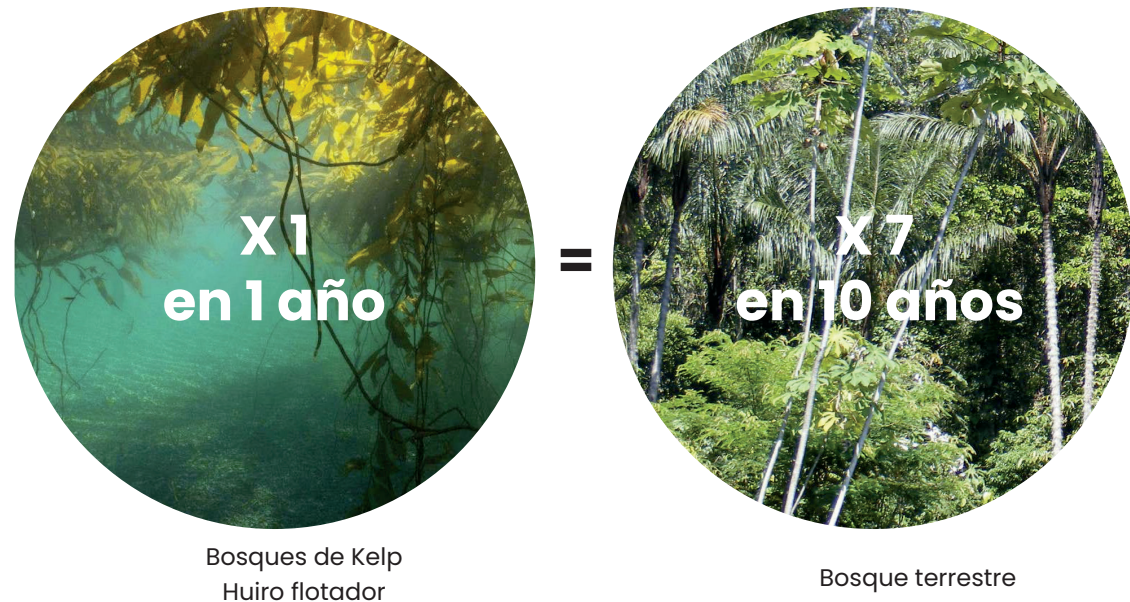


Fuente: Ministerio de Energía (2020).

Capacidad de mitigación de Huiro Flotador y árboles

Considerando los principales agentes de mitigación de estos dos tipos de sumideros - los bosques de árboles en la superficie terrestre y las macroalgas en la superficie marina - Existe un tipo de macroalga, específicamente el Huiro Flotador, en donde una unidad de sus bosques mitiga lo mismo en un año que siete unidades de bosques de árboles en diez años (Centro ideal, 2018; González et al., 2021; Universidad de Chile, 2021).

Fig.9 Comparación de mitigación entre Huiro Flotador y bosques terrestres



Esta comparación muestra la gran diferencia en lo que corresponde a eficiencia de mitigación. Sin embargo, existen aspectos positivos adicionales particulares a los bosques de Huiro Flotador. Por ejemplo, los bosques de Huiro Flotador no necesitan el recurso de agua adicional para su mantenimiento, no poseen el riesgo de incendios (típicamente a consecuencia cambio climático) y, por su forma de cultivo, no necesita terreno "útil" terrestre (Wenberg et al., 2019; Eger et al., 2020; Filbee, 2020).

Fuente: elaboración propia en base a González et al. (2020).

El uso de los bosques de esta alga como sumideros de carbono podría ser una opción para aumentar la mitigación de las emisiones de carbono (Eger et al., 2020; Banco Mundial, 2021). Además, dada la urgencia en remediar la aceleración del cambio climático, usando un recurso menos experimentado (Krause y Duarte, 2016), pero si más eficaz (Centro ideal, 2018; Gonzalez et al., 2021; Universidad de Chile, 2021), y que a su vez responde a la condición de reforestar bosques que no terminen incendiados a consecuencia del problema y que finalmente agraven aún más el problema (Filbee, 2020).



Bosque de Huiro Flotador

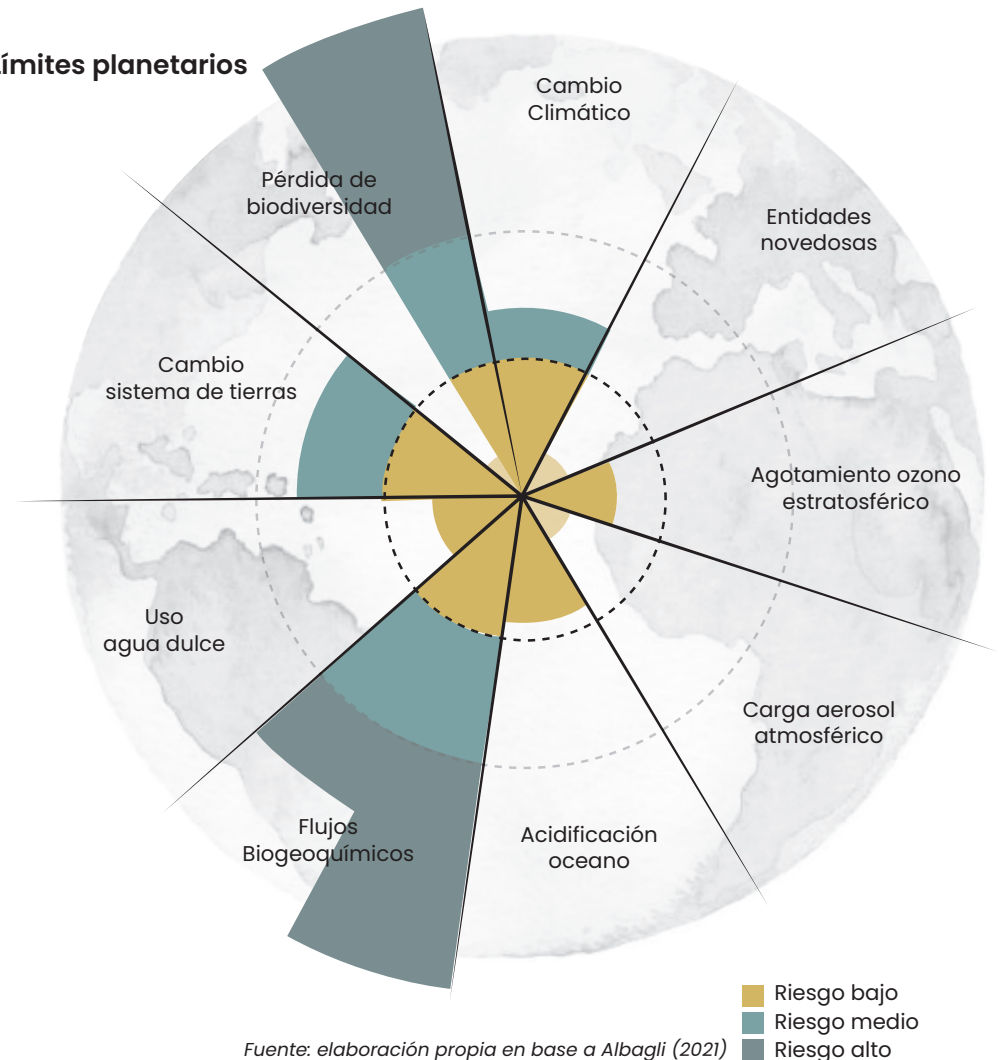
Fuente: Luis Henríquez (2020)

Problema ambiental

El problema ambiental actual va mucho más allá que las emisiones de carbono e incluye aspectos como la pérdida de biodiversidad, la acidificación de océanos, entre otros (IPCC, 2020).

El concepto de "límite planetario" define límites ambientales dentro de los cuales los seres humanos pueden vivir de manera segura. Steffen et al. (2020) definieron 9 límites planetarios y concluyeron que en tres de ellos (cambio climático, pérdida de biodiversidad y flujos biogeoquímicos) presentan un riesgo alto para la Tierra. Adicionalmente la acidificación de océanos está muy cerca de cruzar su límite planetario.

Fig.10 Límites planetarios



Chile es uno de los países más afectados por el cambio climático global y por las consecuencias de este - daño a sus hábitats terrestres, acuáticos y oceánicos. En la mayoría de los indicadores de riesgos ambientales, Chile se encuentra dentro de aquellos más afectados y vulnerables al cambio climático.

La evidencia ambiental muestra que Chile se está desertificando, sufre de sequías intensas y del derretimiento de sus glaciares, presenta sus mayores temperaturas estivales, creciente pérdida de biodiversidad y exhibe una gran contaminación en sus océanos. (Schmidt-Hebbel, 2020)

Cuadro 1. Chile dentro de los más expuestos a riesgos ambientales
Indicadores de exposición a riesgos ambientales, posición relativa de Chile, 2019-21

Indicadores	País más expuesto	Chile	Total países
• Mayor riesgo en áreas terrestres	China	7	66
• Mayor riesgo de desastres	Vanuatu	30	181
• Mayor vulnerabilidad al cambio climático	Mozambique	25	140
• Mayor extracción de materias primas	China	19	176
• Mayor huella ecológica	Qatar	50	136
• Mayor exposición a partículas finas	Corea del Sur	3	32
• Mayor cantidad de anfibios amenazados	Eslovenia	4	32
• Mayor presencia de especies exóticas dañinas	EE.UU.	19	220

Fuentes: 1. Banco Mundial (2005); 2. World Risk Report (2020); 3. Global Climate Risk Index (2021); 4. Material Flows (2021); 5. Earth Overshoot (2021); 6. OCDE (2019); 7. OCDE (2019); 8. Turbelin et al. (2017).

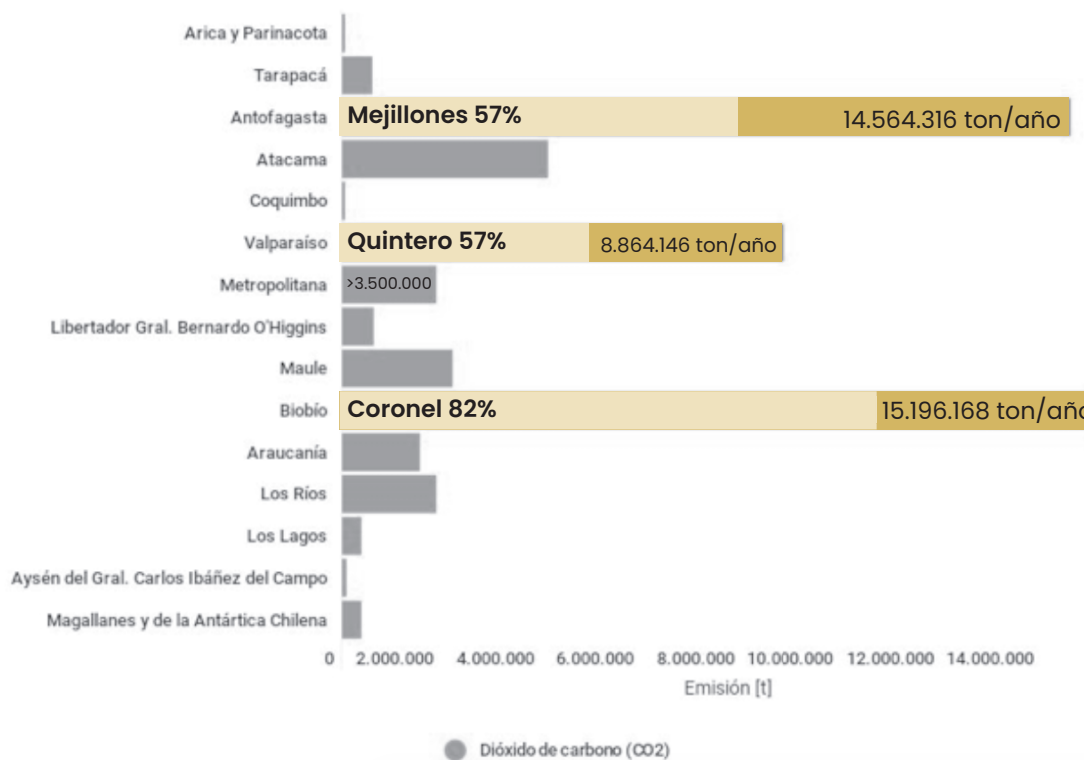
Algunos problemas críticos en Chile – relacionados a esta investigación – debido al problema ambiental son:

- **Excesiva contaminación ambiental: zonas de sacrificios**

Las zonas de sacrificio se definen como zonas severamente contaminados con desechos industriales peligrosos. En Chile, se tienen al menos 5 zonas de sacrificio: en el norte Mejillones, con industrias, pesca y puerto; Tocopilla con termoeléctrica y minería y Huasco, con una planta de pellets y termoeléctricas; el parque industrial de Quintero–Puchuncaví–Ventanas en el centro y, al sur, Coronel, que fue productor de carbón y hoy tiene industria y termoeléctricas.

Estas zonas de sacrificio están ubicadas principalmente en las costas de Chile.

Fig.II Contaminación por CO₂ en regiones



Fuente: elaboración propia en base a MINSAL y Rect (2017)

Mejillones

PAÍS

¿Un nuevo Quintero?: Mejillones se pone en pie de guerra contra la contaminación industrial

por Samuel Romo | 7 septiembre, 2018



Quintero

El reportaje internacional que relata el dramático caso del "Chernóbil chileno"

La agencia France Press hizo, en el contexto de la COP25, una crónica sobre uno de los lugares más contaminados del país.

AFP 6 DIC 2019 11:48 AM



Coronel

PAÍS

Coronel, la zona de sacrificio que no resiste más: alcalde acusa que la ciudad vive una "situación de emergencia"

por El Mostrador | 11 junio, 2019



En la superficie terrestre cercana a las bahías, suelen existir áreas o cordones industriales y por consiguiente fuentes importantes de emisión de CO₂.

La Figura 13 refleja como en las tres regiones - que concentran el 72,8% de las emisiones de CO₂ de todo el territorio nacional - en donde están localizadas los principales puertos, son aquellas con mayor índice de contaminación de este gas. Algunas de las bahías más contaminadas son las bahías de Mejillones, Quintero, Chañaral, Tocopilla, Coronel y Talcahuano. En Chile el término "zonas de sacrificio" describe aquellos territorios devastados ambientalmente debido al desarrollo industrial (La Tercera y El Mostrador, 2019).

Adicionalmente en las bahías, se produce un punto de encuentro entre las comunidades costeras y el mar, debido a la unión de lo terrestre y lo marino, por lo tanto entre las fuentes de CO₂ y el océano, el principal captador y fuente de oxígeno, que en mayor proporción se debe a las algas.

- **Pérdida de biodiversidad**

La pérdida y el deterioro de la biodiversidad es un proceso global, impulsado por factores directos (crecimiento demográfico, eficiencia en el uso de recursos y consumo) e indirectos (urbanización, crecimiento de sectores productivos, demanda hídrica, demanda energética, etc.). Esto habría significado una merma del orden del 58% en la biodiversidad planetaria (WWF, 2016) entre los años 1970 y 2012. Chile no está ajeno a esta realidad, pues ha experimentado procesos de pérdida y deterioro importantes a nivel de especies y ecosistemas, tanto en el ámbito terrestre (la mitad de los ecosistemas terrestres presentan algún grado de amenaza) como marino (de las 38 principales pesquerías nacionales, la mitad se explota por sobre umbrales biológicos sustentables, con 25% de ellas agotadas y 25% sobreexplotadas) (UN, 2019).

“Un factor de la disminución de biodiversidad tiene relación con la degradación y pérdida del hábitat de las especies, lo que representa una fuerte amenaza principalmente para aquellas zonas costeras”

Cristina Torres

coordinadora del programa de Conservación Marina del World Wildlife Fund (WWF Chile)

Fuente: Radio BiobioChile, 2017

- **Acidificación de los océanos:**

La acidificación de los océanos corresponde al fenómeno de disminución del pH (escala en la que se mide la acidez) y es causado por el aumento de dióxido de carbono absorbidos por los océanos, lo que corresponde a una cuarta parte del carbono generado por la actividad humana y emitido a la atmósfera

Por debajo de un nivel de pH, las condiciones ambientales se vuelven corrosivas para el carbonato de calcio, que muchos organismos, como corales, moluscos y algunas especies de fitoplancton, emplean para fabricar conchas y esqueletos. Este fenómeno se ha convertido en los últimos quince años en una de las principales preocupaciones a nivel mundial

Fuente: IAEA (2021)

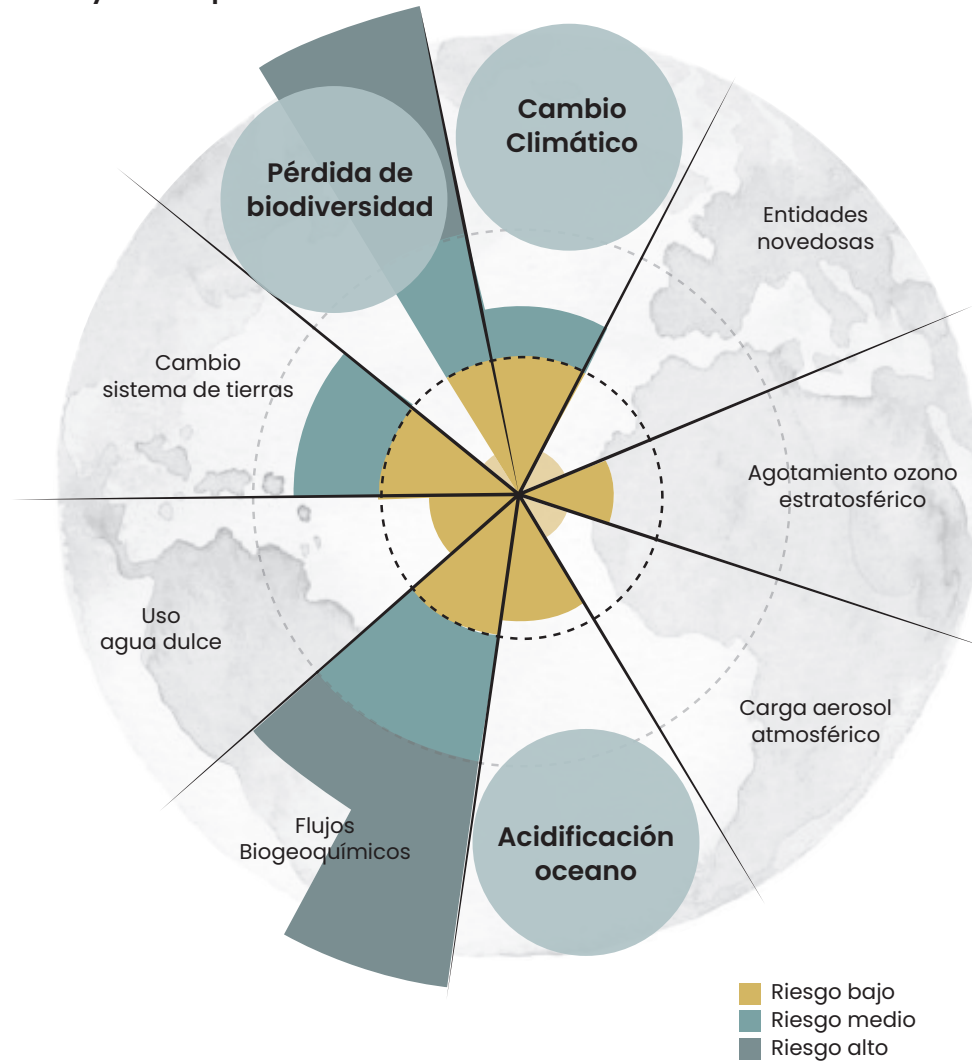
Respuesta medioambiental del Huiro flotador

Los bosques de Huiro Flotador poseen múltiples beneficios ambientales dentro de los cuales destaca sus beneficios para enfrentar tres límites planetarios de los vistos anteriormente:

- Cambio Climático
- Acidificación de océanos
- Pérdida de biodiversidad

Considerando que el Huiro Flotador actúa como un sumidero de carbono muy efectivo (mucho más que los árboles) y con beneficios ambientales adicionales, resulta interesante considerar a este recurso como medida para contribuir al medio ambiente.

Fig.12 Huiro Flotador y límites planetarios



Fuente: elaboración propia en base a Albagli (2021)

Macroalgas

Chile es un país extenso que a lo largo cuenta con una mayor superficie marina que superficie terrestre.

La mayor contaminación de CO₂ ocurre en la parte terrestre del país. Por otro lado, todo el extenso territorio marino es captador de CO₂. A su vez, próximo a la costa, Chile consta de 161 especies de macroalgas, la principal fuente de producción de oxígeno, la cual es de mayor magnitud que los bosques terrestres (Centro ideal, 2018; Gonzalez et al., 2021; Universidad de Chile, 2021).

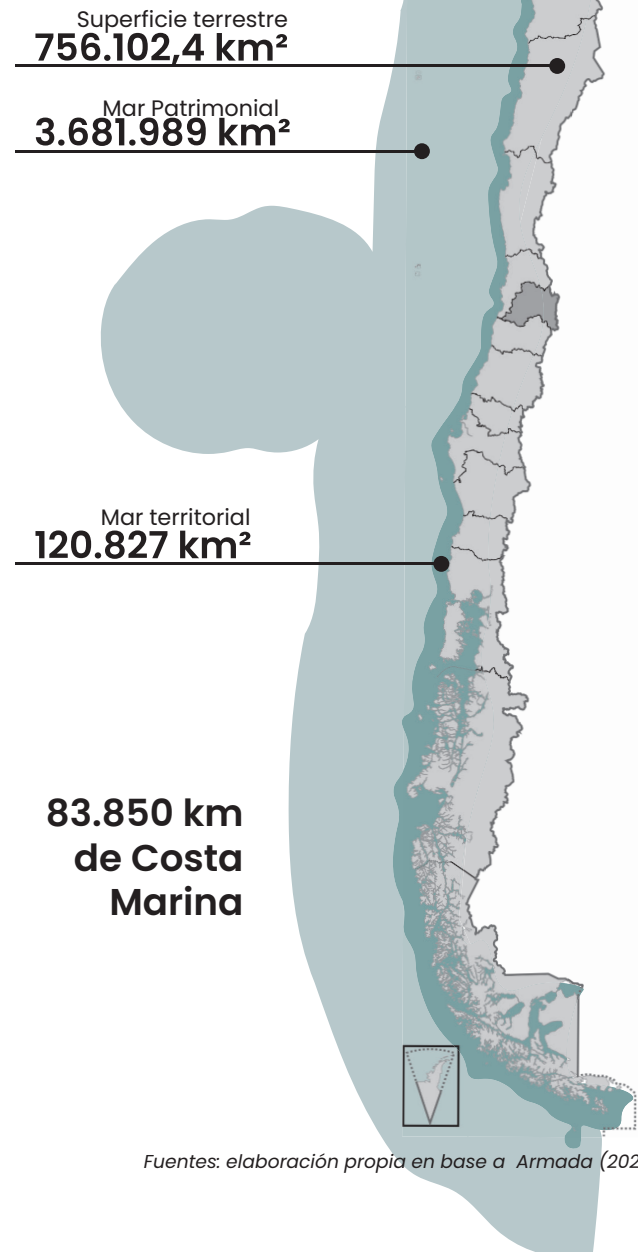
Las macroalgas se clasifican en 3 tipos según el color que tienen como resultado de la fotosíntesis (pigmento asociado para captar la luz), y por lo tanto su ubicación (Mancilla y Alveal, 2004; Wiencke y Bischof, 2012).

Fig.13 Tipos de algas



Fuentes: elaboración propia en base a IGM (2008), Aqua (2017) y IFOP (2019).

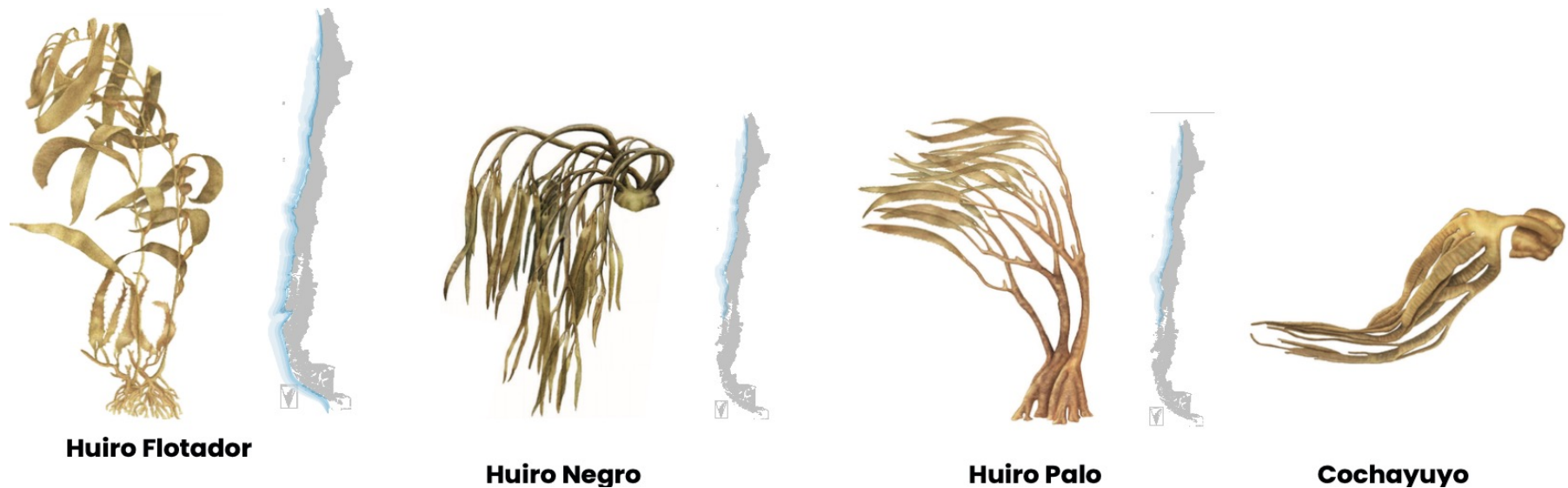
Fig.14 Superficies de Chile



Fuentes: elaboración propia en base a Armada (2021)

Las algas verdes son aquellas menos sensibles a la luz, por lo que están ubicadas en la zona intermareal (zona o intervalo que se genera entre la marea alta y marea baja). Por otro lado, las algas rojas son aquellas muy sensibles a la luz, por lo que están ubicadas en la zona submareal (zona de aguas profundas con poco ingreso de luz). Entre ambos extremos, se encuentran las algas pardas. Estas algas son más sensibles a la luz que las algas verdes, pero menos sensibles que las algas rojas. Estas algas realizan su proceso de fotosíntesis en un intervalo de sensibilidad de luz y se ubican desde la zona intermareal hasta alrededor de 40 metros de profundidad en la zona submareal (Alveal et al., 1998; Mancilla y Alveal, 2004; Wiencke y Bischof, 2012). En Chile, las algas pardas están constituidas por los huiros y el cochayuyo (IGM, 2008; Aquea, 2017; IFOP, 2019).

Fig.15 Tipos de algas parda en Chile



Fuentes: elaboración propia en base a IGM (2008), Aquea (2017) y IFOP (2019).

Las algas pardas son las algas de mayor tamaño. Lo anterior se debe a su sensibilidad a la luz, ya que la misma alga, según su extensión vertical, realiza el proceso de la fotosíntesis en sus frondas más profundas y en las más cercanas a la superficie. Dentro de las algas pardas, aquella de mayor tamaño es el Huiro Flotador (Alveal et al., 1998; Wiencke y Bischof, 2012).





Objeto de estudio

Huiro Flotador

Partes y Fotosíntesis

Reproducción

Cultivo

Huirales

Beneficios

Desvalorización del Huiro

Huiro Flotador

El Huiro Flotador, llamado científicamente *Macrocystis Pyrifera*, es una macroalga parda que tiene pequeños flotadores que hacen que adopte una forma erguida. Es reconocida como un alga gigante ya que llega a medir hasta 70 metros. A modo de comparación, el árbol alerce en su mayor tamaño alcanza los 60 metros.

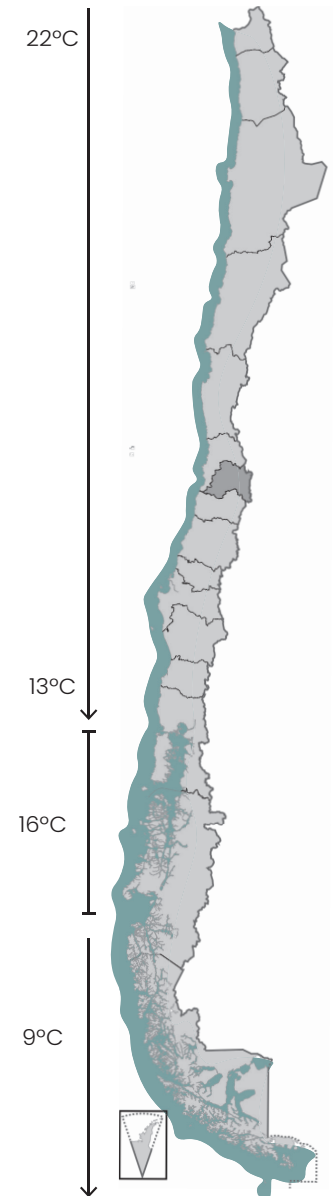
Esta alga gigante de gran cobertura mundial habita en la costa del Pacífico de América del Norte, desde Baja California hasta Alaska, así como las distintas costas del sur, en particular en América del Sur, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda.

Esta alga también se da a lo largo de todo Chile, sus praderas tienen una distribución en parches o cinturones costeros desde Arica hasta el Cabo de Hornos (SubPesca, 2020). Esto se debe a que el Huiro es de aguas de temperatura fría, inferiores a 21°C. y en sustrato de arena gruesa o rocoso (AlgaeBase, 2020).

Los ejemplares fuera de la zona sur, anteriormente mencionada, generalmente su largo no supera los 20 metros en etapa adulta, pero son de mayor biomasa a lo ancho (Bushmann, 2021; Henríquez, 2021)



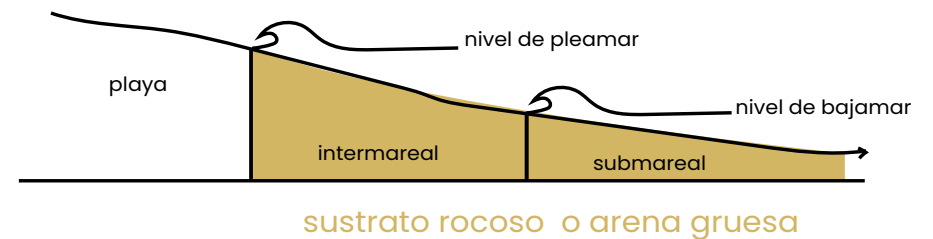
Fig.16 Temperatura de las aguas en Chile



fuentes: elaboración propia en base a IFOP (2019)

El Huiro Flotador se ubica desde la zona intermareal hasta los 30 metros de profundidad, lo que genera que sus frondas superiores, en muchos casos, floten sobre la superficie del mar. Su reproducción se da con mayor frecuencia durante primavera y verano porque el tiempo de captación de luz es más prolongado (fotoperiodo más largo), formando grandes cinturones de bosques, conocidos como huirales o bosques Huiro Flotador (Alveal et al., 1998; Mancilla y Alveal, 2004).

Fig.17 Hábitat del Huiro Flotador



Fuentes: elaboración propia en base a IGM (2008), Aqua (2017) y IFOP (2019).

Partes y Fotosíntesis

La estructura del Huiro Flotador se puede analizar o descomponer en las siguientes cuatro partes:

a. Disco de adhesión o edificación: esta parte comprende la zona más baja del alga. A pesar de que se pueda entender como las raíces del alga, estas, a diferencia de una planta, solo cumplen la función de fijación al sustrato.

b. Frondas: esta parte la comprenden las hojas. Es en las hojas donde ocurre principalmente el proceso de la fotosíntesis. Las hojas inferiores, más cercanas al disco de adhesión, son aquellas encargadas de la reproducción del alga.

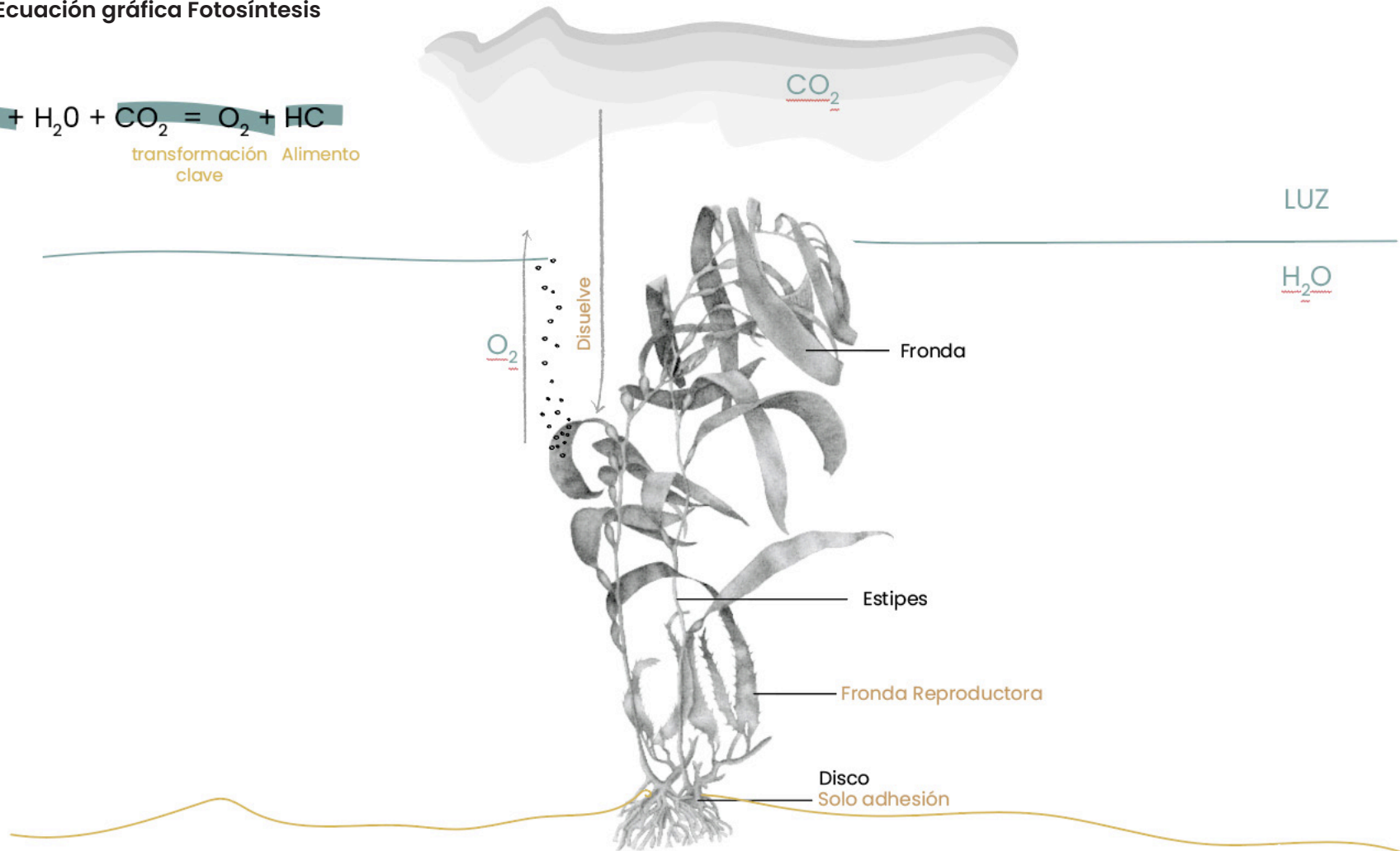
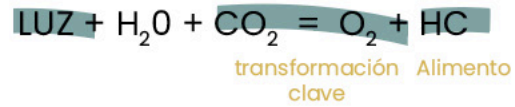
c. Estipes: esta parte comprende los tallos del alga. Estas captan luz para el proceso de fotosíntesis, pero en menor medida.

d. Aerocisto: esta parte constituye el flotador del Huiro. Se ubica entre los estipes y las frondas.

El proceso de la fotosíntesis es el medio por la que el alga produce su alimento y se desarrolla. Es a través de dicho proceso en donde se capta el CO_2 disuelto en el mar, por medio de sus frondas, y ocurre la transformación de energía lumínica a química. Como resultado del proceso, se genera glucosa y se libera O_2 . Este, luego es liberado a la atmósfera. Al igual que las plantas terrestres, en la noche libera CO_2 .

Los rayos UV también están directamente relacionados con la reproducción, por lo que en primavera, debido a que los rayos del sol llegan más directos y la duración del día es mayor.

Fig.18 Ecuación gráfica Fotosíntesis



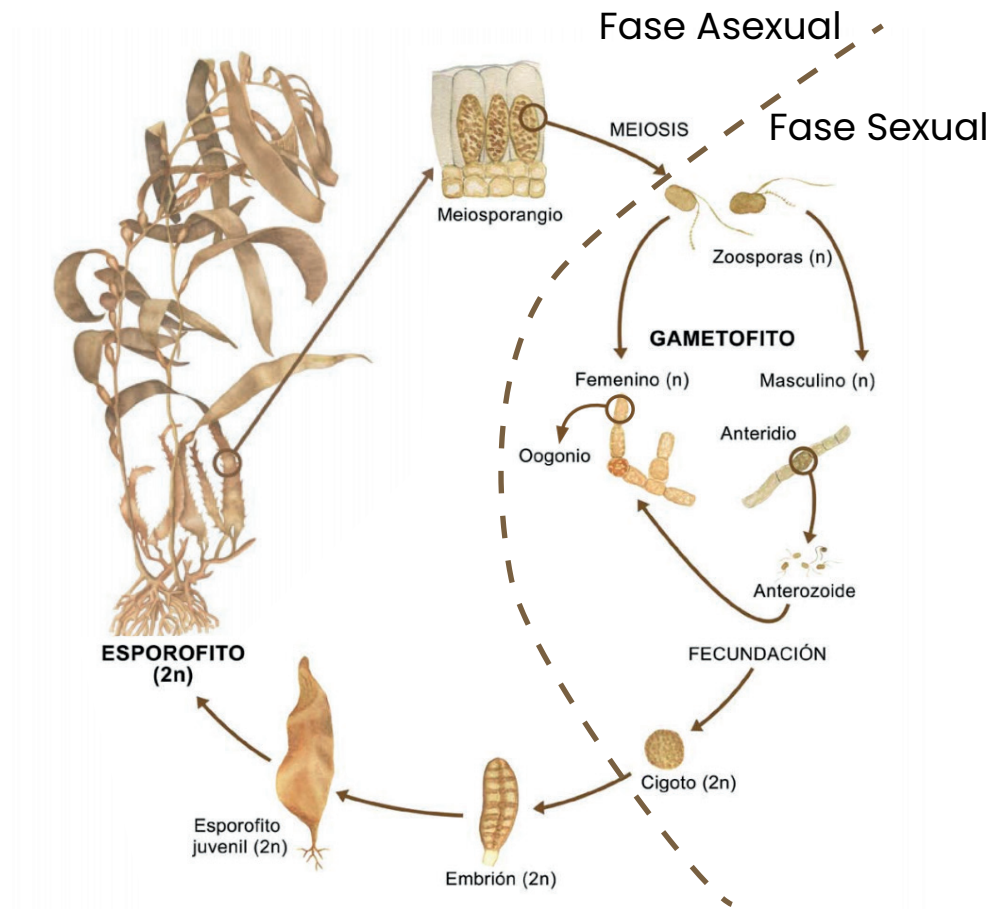
Fuente: Elaboración propia en base a entrevista R. de la Iglesia (2021)

Reproducción

El ciclo de reproducción de la *Macrocystis Pyrifera* consta de dos fases (IFOP, 2019; Alveal, 2001):

- a) Fase asexual: en esta fase se liberan las zoosporas desde las frondas reproductoras, específicamente en los soros (manchas reproductivas).
- b) Fase sexual: esta fase corresponde al ciclo de vida Haplodiplóntico Heteromórfico en donde se alterna una generación de esporofito adulto con la etapa gametofito. Ambas generaciones son independientes una de otra. El esporofito adulto es de mayor tamaño (> 2 m).

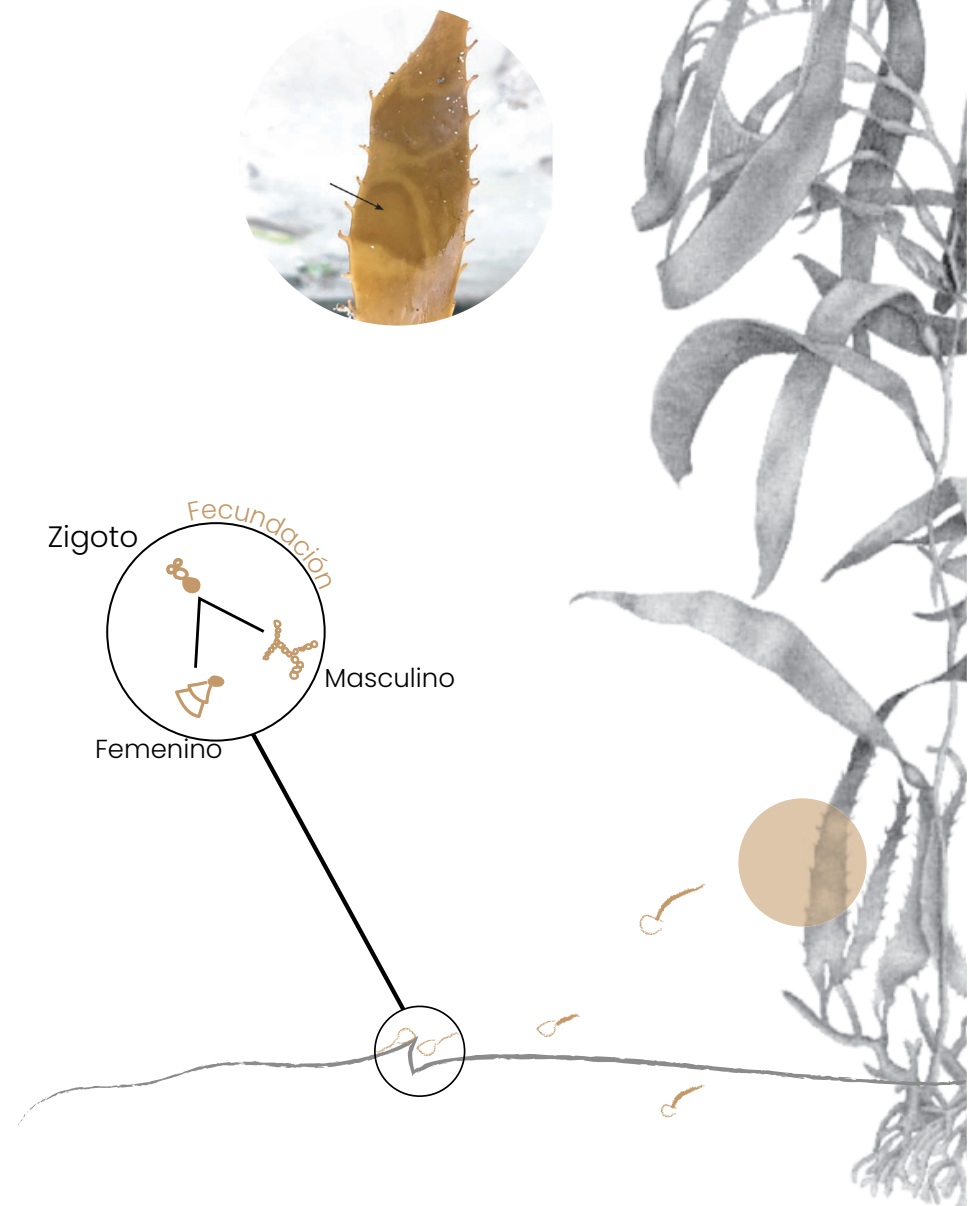
Fig.19 Proceso de reproducción Huiro Flotador



Fuente: IFOP (2019)

Fig.20 Detalle de fecundación

En la época fértil, los esporofitos adultos presentan áreas de coloración oscura, donde se encuentran los soros. Desde esos soros se liberan las esporas (microscópicas y haploides) al medio, que después de asentarse al sustrato, dan origen a gametofitos femeninos y masculinos fértiles (microscópicos y haploides) que mediante el proceso de fecundación originan un esporofito (microscópico y diploide) que posteriormente crece hasta alcanzar el tamaño adulto, completando el ciclo de vida. Para que ocurra la fecundación de los gametofitos deben estar en contacto con un sustrato, de esta manera cuando se transformen en un cigoto, inmediatamente este se adhiere fuertemente al sustrato, donde se fija y no se desprende más a no ser por un episodio de condiciones sumamente adversas.



Fuente: elaboración propia en base a IFOP (2019) y entrevista a K. Alveal (2021).

Cultivo Huiro Flotador

El cultivo es una técnica experimentada y funciona con efectividad en el caso de la *Macrocystis Pyrifera* (IFOP, 2019). Los cultivos de Huiro Flotador, se realizan en zonas cercanas a la costa, ya sea en bahías o en aguas levemente expuestas. Existe evidencia de que los cultivos se desarrollan de una mejor manera en aguas resguardadas (como bahías), logrando una mayor biomasa y altura, además de realizarse en un menor tiempo (Alveal, 2004). El cultivo de Huiro Flotador consta de 3 fases:

a) Fase 1 - Reproducción artificial: esta fase comienza con la recolección de las hojas del alga en fase reproductivo y es realizada por buzos. Luego, las hojas recolectadas son llevadas a un laboratorio en donde son seleccionadas de acuerdo con criterios técnicos. Después de la selección, las hojas (soros) de las algas se limpian y luego son enjuagadas con agua de mar filtrada. Adicionalmente, estas hojas se someten al proceso de desecación por doce horas en oscuridad para luego ser recortadas y rehidratadas con agua de mar filtrada (en adición a ciertos nutrientes) para la liberación de zoosporas. Una vez liberadas las zoosporas se inicia el siguiente proceso de precultivo (IFOP, 2019).

b) Fase 2 - Precultivo: una vez culminada la Fase 1, se juntan las zoosperas y se inicia el proceso de precultivo. Este proceso se puede realizar de dos formas. En primer lugar, se puede realizar el proceso de precultivo en cuerda. De esta manera, se fijan los esporofitos en cuerdas al interior de estanques de agua de mar. Una vez que estos alcanzan el tamaño necesario se trasladan nuevamente al mar. En segundo lugar, se puede realizar el proceso de precultivo en suspensión. De esta manera, los esporofitos en desarrollo se mantienen en probetas dentro de un laboratorio hasta donde alcanzan un tamaño adecuado. Al igual que en el cultivo en cuerdas, luego son amarrados en cuerdas y se llevan al mar (IFOP, 2019).

c) Fase 3 - Traslado al mar: una vez finalizada la fase 2, se realiza el traslado de las cuerdas con esporofitos juveniles, previamente cultivadas en la fase 2, en coolers (en un proceso industrial se realiza a través de estanques de aproximadamente 200 litros) con esponjas humedecidas con agua de mar y a baja temperatura (10-12°C). En esta etapa las cuerdas con las algas inoculadas o encordadas provenientes de laboratorio son adheridas a la línea madre (cuerda de 22 mm de diámetro), por medio de amarra cables o se enrollan bajo un sistema long line de 100 metros de longitud, a aproximadamente ocho metros de la superficie o en la profundidad. Ya instalado el cultivo en el mar se requieren procedimientos de mantención de cuidado y limpieza en etapa inicial de crecimiento (IFOP, 2019).

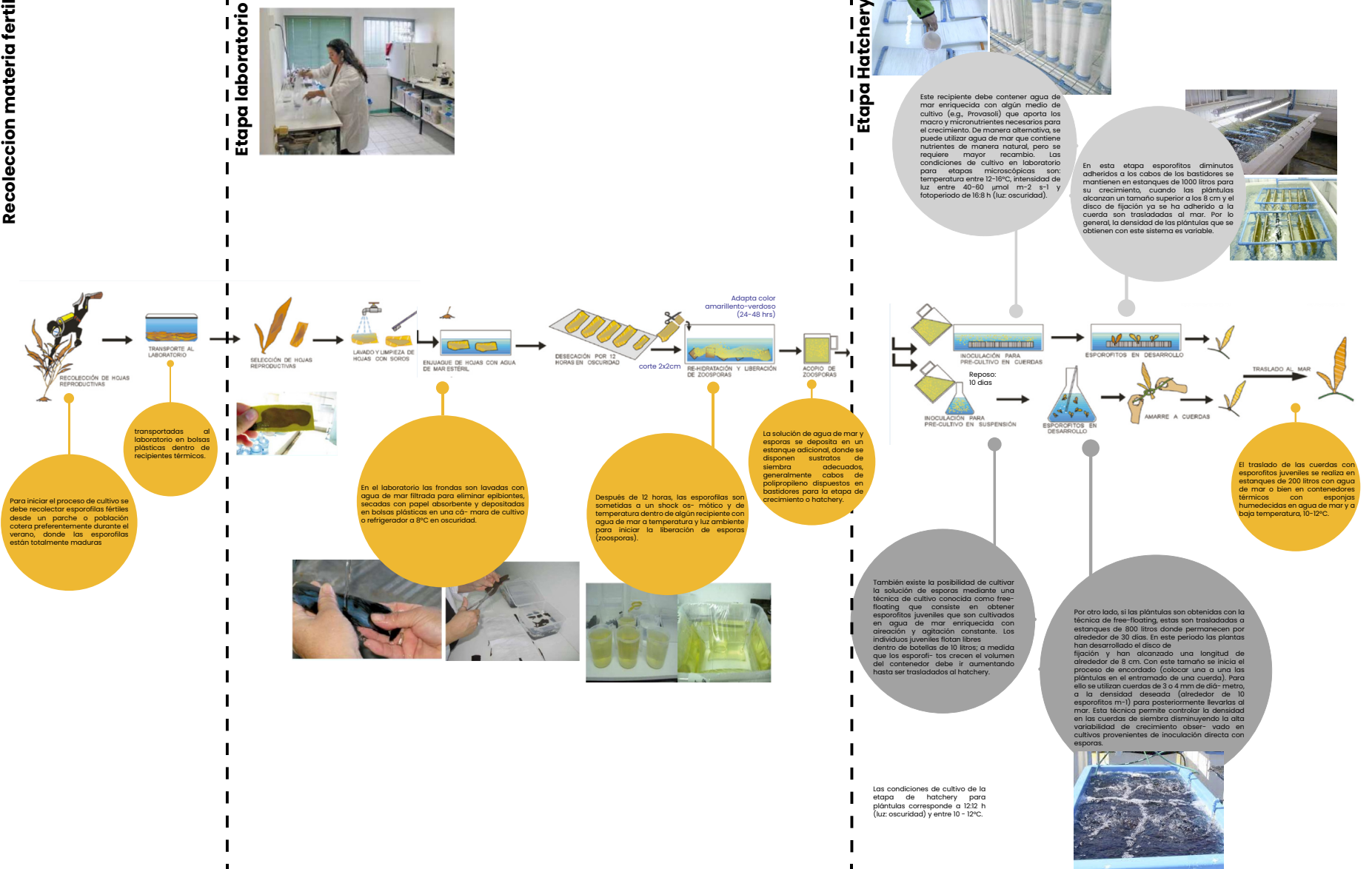
Fig.21 Esquema de Cultivo hasta la comercialización

Recolección materia fértil

Etapa laboratorio

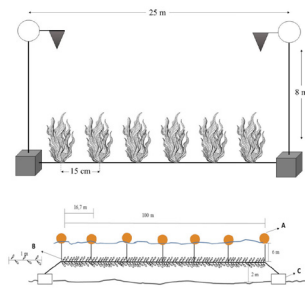
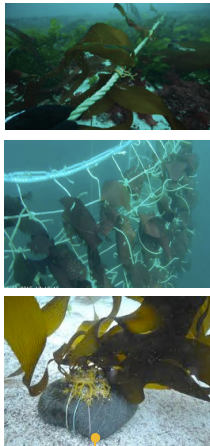
Etapa Hatchery

Traslado a mar



Etapa Mar

Formas de Cultivo



Más biomasa por longline o malla horizontal

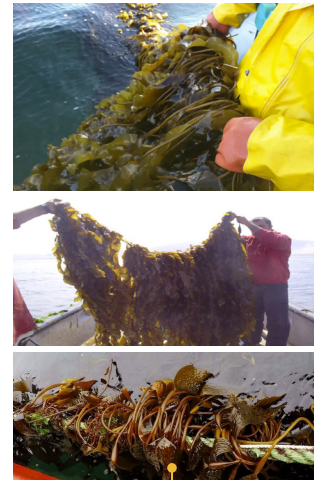
Esta etapa comprende desde la instalación de los cabos con plántulas encordadas sobre la línea madre del long line hasta la cosecha. En el sitio de cultivo, las plántulas inoculadas o encordadas son fijadas mediante amarracables a la línea madre (cuerda de 2.2 mm de diámetro), usualmente de 100 m de longitud.

Limpieza



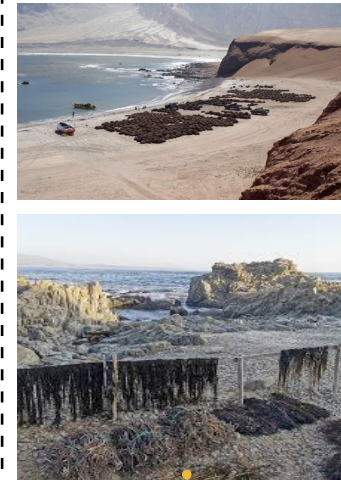
Limpiar cada 3 semanas durante 5 meses

Formas de Cosecha



Pero el más usado es el **BARROTEO**: sin posibilidad de regeneración

Formas de secado



2-3 días, haciendo guardia por robo

Tranporte Producto



Agrupar cada 8 kg a suelta a trituradores para exportar (extracción entre 4 a 10 meses)

Fuente: elaboración propia a base de IFOP (2019)

Huirales

Los bosques de Huiro Flotador son zonas subacuáticas con alta densidad de *Macrocystis Pyrifera* con forma de cinturones costeros - grandes extensiones de bosques de 15 a 20 metros de ancho aproximadamente, que se presentan mayoritariamente en y desde los 10 metros de profundidad - o parches - módulos naturales en portes variados desde media hectárea en adelante- (Henriquez, 2020). Estos son uno de los ecosistemas más productivos y dinámicos del planeta (Mann, 1973). Al igual que las algas pardas, estos bosques de algas están presentes en todo el mundo en las zonas discutidas anteriormente.

Estos bosques tienen diversas características beneficiosas para las consecuencias de la emisión de CO₂ actual.

Los Huirales son relevantes ecológica y económicamente. Se considera un huiral forestado, según muestras de Chile, con un promedio de 3 a 4 huiros por metro cuadrado (Bushman, 2021). Algunos estudios

muestran que en varias regiones el nivel de disminución de los bosques ha llegado a niveles casi totales en los últimos 5 años (Bennett et al., 2015; Ling y Keane, 2018; Rogers-Bennett y Catton, 2019). En el caso de huirales deforestados con los que por metro cuadrado con menos o igual a 2 huiros por metro cuadrado (Bushman, 2021).

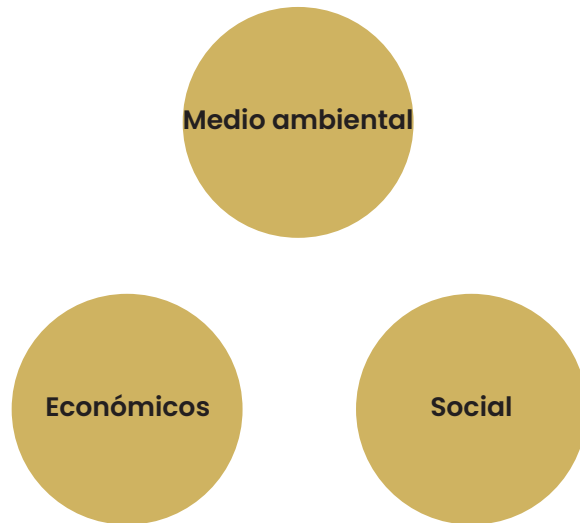
Esta dramática evolución en el nivel de bosques de Huiro, al ser un agente primario en construcción del ecosistema marino, ha provocado fuertes pérdidas de algas marinas (Thibaut et al., 2005; Coleman y Wernberg, 2017) y graves consecuencias socioeconómicas, principalmente para el entorno directo (Kiyomoto et al., 2013; Hinojosa et al., 2014; Rogers-Bennett y Catton, 2019).

Los bosques de huiro han mostrado capacidad de adaptabilidad a cambios por el cambio climático, no obstante para impulsar el desarrollo de los bosques se necesitan esfuerzos adicionales a la recuperación natural (Wernberg et al., 2019; Layton et al., 2020)



Bosque de Huiro Flotador
Fuente: Eduardo Sorensen (2020)

Beneficios



Los Huirales tiene múltiples beneficios que se pueden agrupar en tres categorías: beneficios medioambientales, beneficios económicos y beneficios sociales. Dichos beneficios, se valoran crecientemente ante el creciente problema de cambio climático (Luisetti et al., 2011; Ghofrani et al., 2017; Deely e Hynes, 2020).

Respecto de los beneficios medioambientales, los bosques de Huiro Flotador son uno de los ecosistemas naturales más productivos del planeta que sustenta redes tróficas en las zonas costeras y proporciona alimento, refugio y hábitat para una variedad de invertebrados, peces, mamíferos y aves marinas (Christie et al., 2009; Graham, 2004; Norderhaug et al., 2005; Teagle et al., 2017). Un rol clave de estos bosques es su rol como sumideros de carbono también es actualmente un área activa de investigación (Smale et al., 2016; Filbee-Dexter y Wernberg, 2020).

Adicionalmente, estos bosques brindan una función de biorremediación, algo que a menudo se menciona en relación con el aumento de la producción acuícola (Gundersen et al., 2016). También se ha descubierto que los bosques sustentan otros ecosistemas adyacentes y diversos mediante la exportación de algas (Krumhansl y Scheibling, 2012). Por último, existe evidencia que estos bosques impactan positivamente al control de las marejadas en las zonas costeras vulnerables a la intensidad de las marejadas (Lovas y Tørum, 2001).

Además, los bosques de Huiro Flotador generan beneficios relacionados a la actividad económica. Por ejemplo, estos bosques generan valor de uso directo a través de la recolección de algas, la pesca comercial y recreativa y las actividades turísticas que apoyan (Vasquez et al., 2014; Bennett et al., 2016; Blamey y Bolton, 2018).

Los bosques de estas algas también proporcionan muchos servicios ecosistémicos de apoyo y regulación que benefician a la sociedad indirectamente (Pascual et al., 2010; Pendleton, 2010). La restauración de hábitats costeros a través de los bosques - como marismas, manglares y arrecifes de marisco - se consideran cada vez más como "una opción sin remordimientos que brinda beneficios sociales y ambientales" que pueden mejorar a largo plazo (Esteves y Williams , 2017). De esta manera, restaurar estos bosques no solo mejoraría el ecosistema y la función del ecosistema, sino también los beneficios de los servicios ecosistémicos que reciben las comunidades costeras y la sociedad en general (Hynes et al., 2021).



Bosque de Huiro Flotador

Fuente: Luis Henriquez (2020)

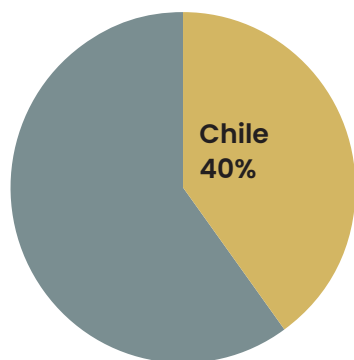
Desvaloración del Huiro en Chile

Los bosques de Huiro Flotador están en declive en muchas regiones del mundo debido a su creciente extracción (Layton et al., 2020). En Australia (Wernberg et al., 2016), Tasmania (Johnson et al., 2011), Victoria (Carnell y Keough, 2019), Nueva Gales del Sur (Vergés et al., 2016) y en Chile (Krumhansl et al., 2016) se han producido descensos significativos de estas algas. Utilizando los datos disponibles en el mayor período de tiempo para cada ecorregión, Krumhansl et al. (2016) estimó una alta probabilidad de disminución en la abundancia de algas marinas en Chile. A modo de ejemplo, en Tasmania se cuantificó una disminución promedio en torno al 50% en el período 1944-2000, en donde algunos lugares (Santa María) presentaron variaciones anuales negativas de hasta 91% (Layton et al., 2004).

Dado lo anterior, países han expandido sus cultivos para promover dichos bosques y porque el cultivo tiene costos relativamente menores para el medio ambiente (no requiere fertilizantes ni agua dulce y produce poco o ningún desperdicio).

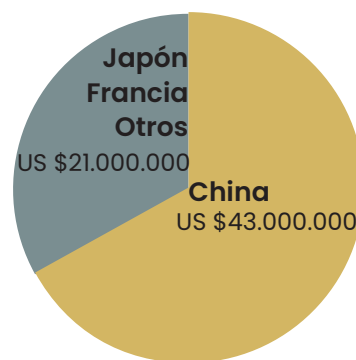


Fig. 22 Cosecha mundial macroalgas



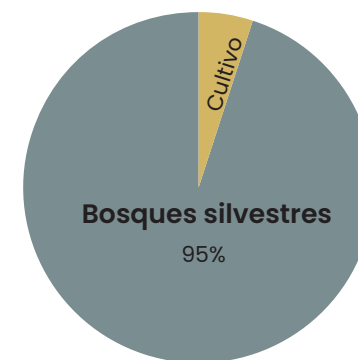
Fuente: elaboración propia a base de SERNAPESCA

Fig. 23 Destino de exportación Huiro , Chile



Fuente: elaboración propia a base de SUBPESCA

Fig. 24 Fuente de extracción Huiro



Fuente: elaboración propia a base de SERNAPESCA



Fuente: SUBPESCA (2017)

Cuando se habla de extracción desde bosques silvestres de huiro, la forma en la que se extrae se le conoce como “barroteo”, esta es una técnica que consiste en desprender el disco de edificación y soltar el alga por completo de su sustrato, sin posibilidad de regeneración.

En Chile, la explotación de las poblaciones de algas marinas - en particular el Huiro Flotador - chilenas en el centro-norte de Chile ha alcanzado niveles máximos (Buschman, 2016) muestra que un aumento en la producción de biomasa parece alcanzable solo si se implementan actividades agrícolas y programas de reproducción.

Adicionalmente, Chile es el mayor extractor de macroalgas, representando el 40% de la cosecha mundial (European Commission, 2019). Para extraer estos recursos, se ha explotado su fuente natural, alcanzando sus límites máximos, sin incentivar

Desvalorización del Huiro Flotador | Objeto de estudio

Fig.25 Representación técnica barroteo



Fuente: Revista REMA (2016)

el cultivo de estas (Buschmann, 2014). Solamente el 5% de la producción total de algas marinas en Chile proviene de los cultivos (SERNAPESCA y FAO, 2020).

La cosecha y recolección de poblaciones de huiro de Chile representan el 10% del suministro mundial; con desembarques de hasta 450.000 toneladas secas por año (Vásquez et al., 2012). Hasta el año 2000, la extracción de huiros en Chile se sustentaba principalmente en la mortalidad natural. Desde entonces, impulsadas por una mayor demanda internacional, se han cosechado de forma intensiva el Huiro Flotador. El principal mercado de exportación es China, seguido por Japón, Noruega y Francia (SUBPESCA, 2020).





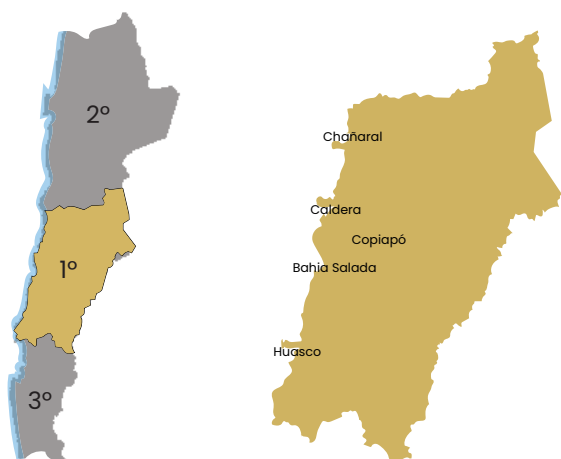
Caso de Estudio

Región de Atacama

AMERB

Problemas ambientales

Región de Atacama



El norte de Chile es donde está el registro del mayor desembarque de huero en el país y la región de Atacama es la que lidera con el 40% del desembarque total de huero en el país (SUBPESCA, 2020).

La Región de Atacama es la IV región de Chile. Esta limita al norte con la Región de Antofagasta, al este con las provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan pertenecientes a Argentina, al sur con la Región de Coquimbo y al oeste con el océano Pacífico. Está compuesta por las provincias de Chañaral, Copiapó y Huasco, y la capital regional es la ciudad de Copiapó.

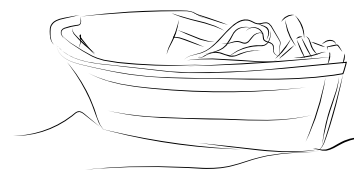
En esta región no hay sector pesquero industrial (SERNAPESCA, 2020). Entonces el sector pesquero artesanal corresponde a 3.613 personas del total inscrito del país (86.828) y se compone de:



Algueros
2.538



Buzos
395



Pescadores y Armaderos
2.214

La sumatoria es mayor que el total ya que la misma persona puede estar inscrito en más disciplinas.

Fuente: Elaboración propia en base SERNAPESCA (2020)



AMERB Región de Atacama

Las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) corresponden a “un régimen de acceso que asigna derechos de explotación exclusiva a organizaciones de pescadores artesanales, mediante un plan de manejo y explotación basado en la conservación de los recursos bentónicos presentes en sectores geográficos previamente delimitados” (SUBPESCA, 2020).

Los objetivos de las AMERB son la conservación y aprovechamiento racional de los recursos bentónicos y de la colaboración de las organizaciones de pescadores artesanales con la administración pesquera.

Según datos entregados por el IFOP (2021), en el año 2020 hay 799 AMERB con un promedio de 159 hectáreas. Además, el desembarque de recursos bentónicos estuvo representado por un 78% algas; 11% moluscos (almejas, huego, otros); 4% crustáceos (jaibas y otros); 6% equinodermos (erizo); 0,6% otras especies (piure y otros).

Simbología mapa R. Atacama

 AMERB

En la región de Atacama existen 43 AMERB en el año 2021, el tamaño promedio es de 132 hectáreas, cuyo rango va de 9 a 826 hectáreas según solicitud y otorgamiento de concesión. Adicionalmente desde el año 2004, en la región de Atacama se establecen cuotas para el huiro flotador.



Cuadro 2. AMERB Región de Atacama:

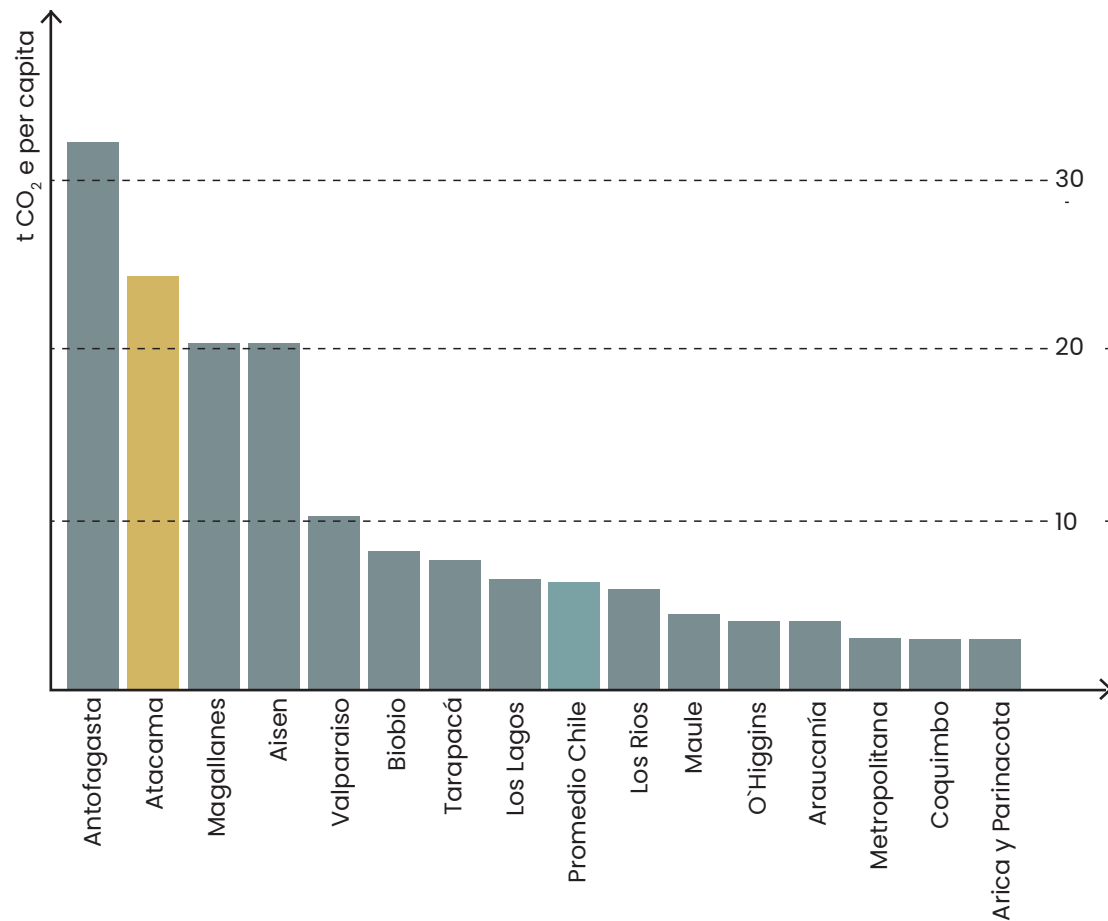
Sector	Superficie (Ha)
Agua de Luna	47,5
Bahía Huasco	9,3
Caldera Sector A	14,71
Caldera Sector B	33,84
Caldera Sector C	30,27
Caleta Angosta	736
Carrizal Bajo	112,5
Chañaral de Aceituno	82
El Cisne Sector A	57,6
El Cisne Sector B	118,4
Los Corrales	45
Los Toyos	17,5
Pajonales	272,16
Pan de Azúcar Sector A	176
Playa Larga	97,8
Puerto Viejo	86,4
Punta Copiapó	121,6
Punta Frodden	92,5
El Bronce Sector C	261,25
El Totoral Sector A	102,5
El Totoral Sector B	12,53
Punta Obispito	45
Punta Flamenco	22,5
Punta Roca Baja	20
Puerto Viejo Sector B	148,04
Puerto Viejo Sector C	68,01
Chañaral de Aceituno Sector B	47,5
Los Corrales Sector B	110
Caleta Pan de Azucar	826,25
Caleta Obispo	162,5
Carrizal Bajo Sector B	276,38
El Caleuche	81,25
Chañaral de Aceituno Sector C	23,63
Caleta Mora	236,5
El Totoral Sector C	137,92
Guanillos	218,42
Torres del Inca	59,73
Punta Churra	77
Los Huirales	71,2
Caleta La Peña	137,06
Los Burros Sur	135,51
Los Burros Sector B	230,73
Barranquilla Norte	30,48

Fuente: elaboración propia a base de
SUBPESCA (2021)



Problemas ambientales Región de Atacama

1. Contaminación por CO₂



Fuente: elaboración propia en base a MMA (2019)

2. Deforestación Huirales silvestres

- “El negocio del alga se ha convertido en uno sumamente rentable en los últimos diez años. Los precios varían entre trescientos y cuatrocientos pesos por kilo de alga. Normalmente el huiro se agrupa en “atados” que pesan entre setenta y ochenta kilos, y en un día bueno, en el que vara mucho huiro, un grupo puede llegar a formar entre ocho y diez atados. O sea, alrededor de media tonelada, equivalentes a entre ciento cincuenta y doscientos mil pesos...”
- “...En dicho sector, una variada gama de productos marinos son recolectados por pescadores artesanales, pero hoy es una especie en particular la que está siendo explotada indiscriminadamente: el huiro” (Ladera Sur, 2017).
- “En términos económicos, hemos estimado pérdidas del orden de los 500 millones de dólares si las praderas de algas pardas de las regiones de Atacama y Coquimbo desaparecieran” (Fadia Tala, académica del Departamento de Biología Marina de la Universidad Católica del Norte e investigadora del Centro CIDTA, Ladera Sur, 2017).

3. Disminución Recursos pesqueros

- “La depredación de los bosques de macroalgas en Atacama se ha presentado como una opción para pescadores y pescadoras frente a la baja que han experimentado otros recursos del mar, lo cual llevaría a una destrucción de hábitats cruciales para muchas especies comerciales” (Mundo acuícola, 2020).
- “De esta manera, La pesca artesanal en el norte de Chile y Atacama está pasando a un segundo plano en los pequeños puertos de Chile, donde sólo en 2016 hay constancia legal del desembarque de 260.000 toneladas de algas, de las que más de 176.000 son pardas, las más preciadas” (El Mostrador, 2017).
- “Ante nuestros ojos se está arrasando con los ecosistemas costeros, peces de roca y especies bentónicas que, sin los bosques de macroalgas, no tienen ninguna posibilidad de sobrevivir, estamos deforestando el mar” (Liesbeth van der Meer, Directora Ejecutiva de Oceana Chile, Mundo Acuicola, 2020).

La Bahía Chasco y Bahía Salada han estado destinada principalmente a la extracción de estas algas entregando trabajo (al menos) a 20 pescadores artesanales al día los cuales extraen 40 toneladas al día. La intensidad de extracción, así como el manejo de este recurso no han sido abordadas en la actualidad. Debido a lo anterior, existe interés en desarrollar técnicas para el desarrollo sostenible del Huiro Flotador por medio del manejo y del repoblamiento – ambos temas pobremente investigados en el norte de Chile

(Westermeir, 2012; Perelló, 2017).

Análisis Bahía Chasco y Bahía Salada

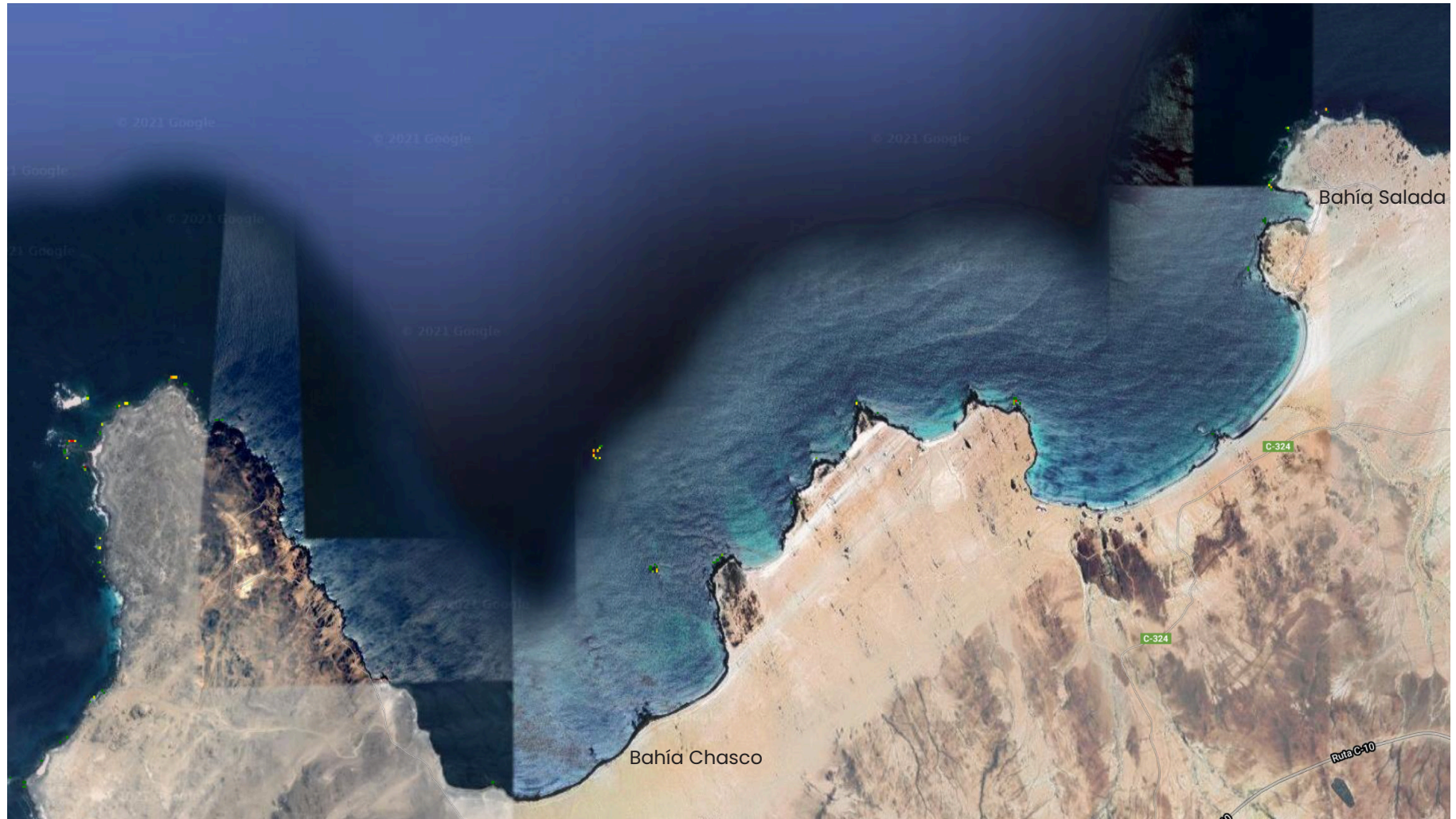


Simbología bosques de huiro

■ denso (>4HF por m²)

■ Mediana densidad (3HF por m²)

■ Baja Densidad (<2HF por m²)



Fuente: Kelp Forest, Oxford University (2021)





Variable de estudio

Luz Solar

Luz solar bajo el mar

Luz solar y Huiro Flotador

Luz solar

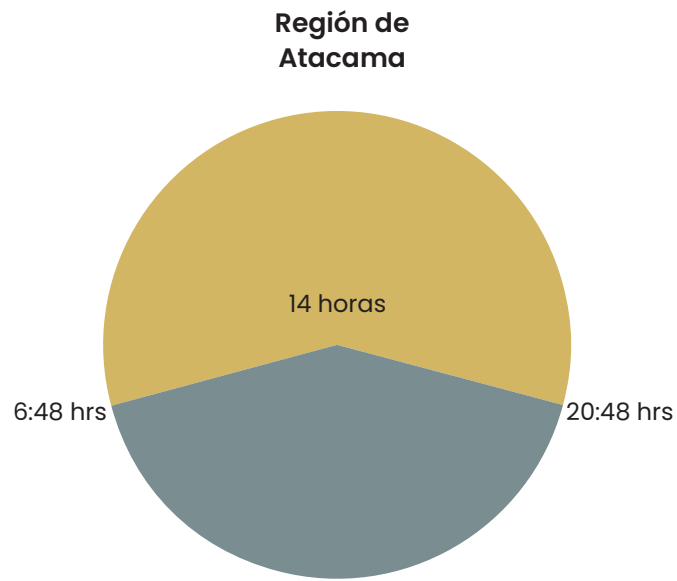
La luz solar es el espectro completo de radiaciones electromagnéticas provenientes del sol. En el caso de Chile, el sol sale por el Este y se esconde por el Oeste, teniendo una duración del día promedio de 12 horas y 58 minutos.

Sin embargo, existe un período de desfase, entre la puesta de sol y el momento en el que ya no llegan directamente los rayos sobre la superficie por su elevación solar (hasta los 12 grados bajo la línea del horizonte – crepúsculo náutico). Pasado dicho momento, la visión solo podría ser por medio de luz artificial. (Mi Sistema Solar, 2017)

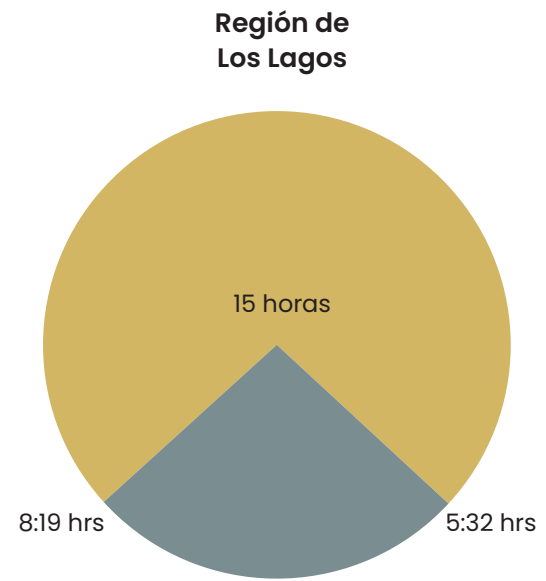
Debido a características propias de Chile – por ejemplo, longitud, posición y morfología – la salida y puesta del sol en las costas ocurre a distintas horas. De esta manera, también existe heterogeneidad en la proporción de horas de día y noche. A modo de ejemplo, costas posicionadas al norte es varía entre 10 a 14 horas de luz natural, mientras que en costas ubicadas al sur las horas de luz son muy breves en invierno mientras que en el verano son más largas en proporción al promedio de Chile.

A modo de ejemplo, es útil caracterizar lo que ocurre en las zonas en donde existe una mayor proliferación de esta alga. Así en la región de Atacama los días de verano se caracterizan por tener 14:10 (horas de luz: horas de oscuridad) mientras que el invierno se caracteriza por ser 10:14. Por otro lado, en la Región de los Lagos, el verano es de 15:9 y en el invierno justamente inverso.

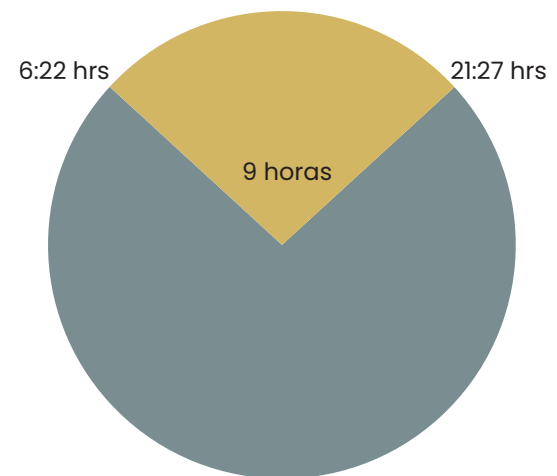
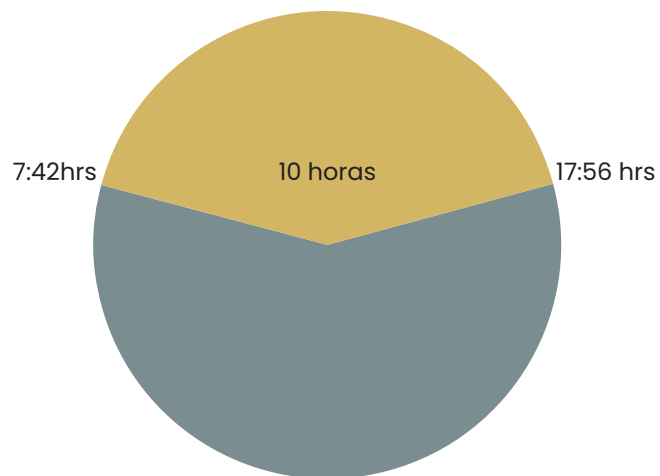
Fig. 27 Esquema duración día y noche



1 ENERO



1 JULIO



Fuente: elaboración propia en base a Accuweather (2021)

Luz solar bajo el mar

Los espectros de luz al ingresar al mar sufren cambios debido a la densidad del área que atraviesan. De esta manera, ocurren tres fenómenos con respecto a la luz "visible" en el océano:

1. Reflexión: una parte de la radiación en la superficie se devuelve por la reflexión
2. Refracción: los rayos que atraviesa la superficie cambian de dirección y se dispersan hasta extinguirse
3. "Aguaje": variación de la visibilidad bajo el mar, puede variar entre 2 a 15 metros dependiendo de aguas turbias o claras

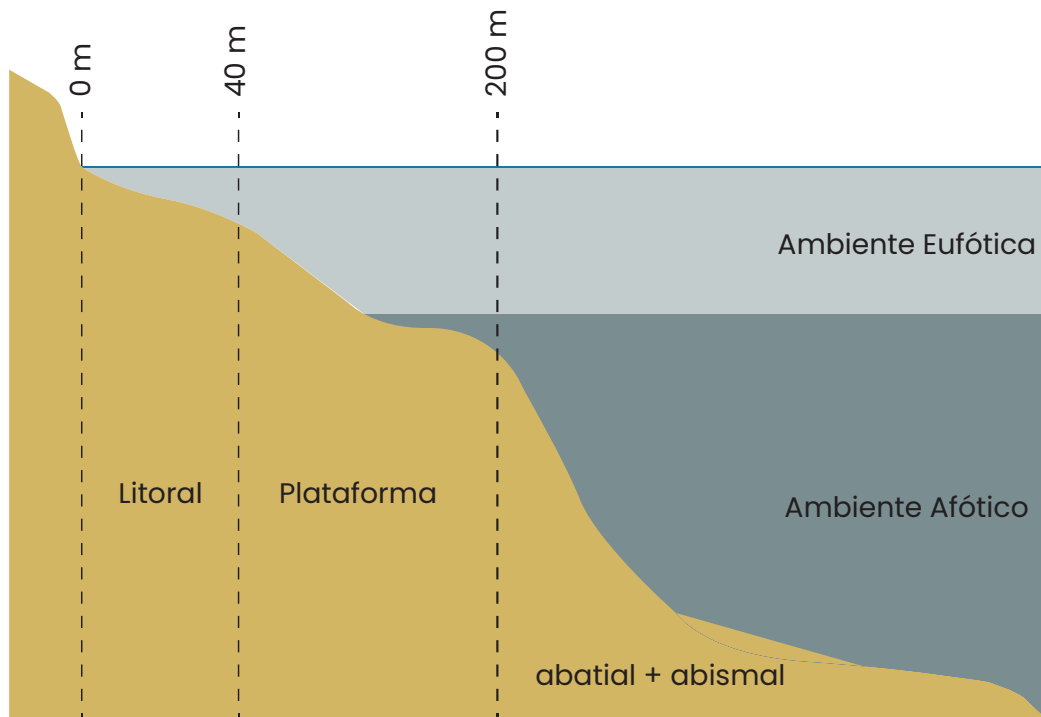
Adicionalmente, la luz "visible" - según la agitación, temperatura, transparencia y las partículas que se encuentren "flotando" en el mar - se percibe distinto.



Luz solar y Huiro Flotador

Fuente: Luis Henriquez (2020)

Fig.28 Zona eufótica y Afótica



Fuente: elaboración propia en base a Ministerio del Medio Ambiente (2016)

La zona del mar en la que ingresa la luz en Chile es llamada zona Eufótica. Esta zona corresponde a la capa superficial del agua – entre los 0 y 200 m – es donde habitan los organismos fotosintéticos debido a que en esta zona penetra la radiación solar.

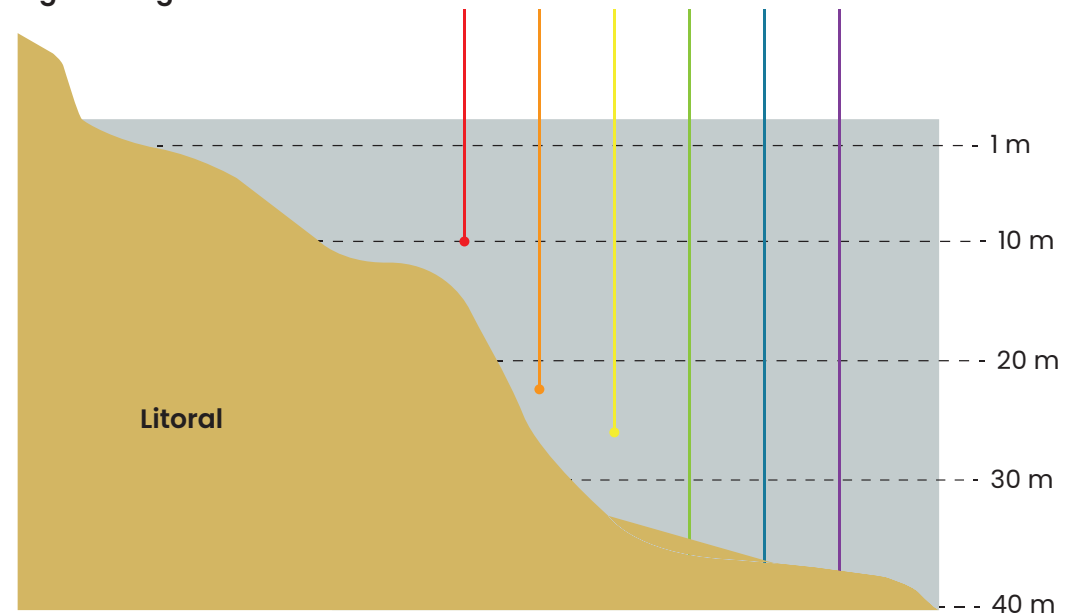
Adicionalmente, mientras más cerca de la costa los agentes fotosintéticos son menos sensibles a la luz – como las algas – mientras que en zonas más profundas son más sensibles a la luz. De esta manera, la zona litoral es donde abunda mayor variabilidad de especies marinas.

Dentro de este ambiente eufótico, los distintos espectros de la luz solar, su longitud de onda llega a distintas profundidades del mar. La onda de luz roja es la primera en desaparecer. De esta manera es que pasado 6 metros de profundidad aproximadamente, los colores como uno los conoce afuera del mar comienzan a desaparecer y tornan en colores azul. Por ejemplo, estando en el fondo, si uno se corta, la sangre - al no haber onda infrarroja - se ve azul (Bushmann, 2021).

Penetración de la luz en el mar

La luz solar se conforma de una mezcla de longitudes de onda, estas son absorbidas a diferentes profundidades, en el mar. Por ejemplo, casi toda la luz roja se absorbe en los primeros 10 m de profundidad, y el naranja y el amarillo no suelen llegar a los 30 m. Esto quiere decir que, por ejemplo, los organismos rojos parecen negros por debajo de los 10 m. La luz verde puede penetrar hasta más de 50 m, aproximadamente; y la luz azul, hasta unos 200 m (CSIC, 2018).

Fig. 29 Longitud de onda



Fuente: elaboración propia en base a CSIC (2018)

Luz solar y Huiro Flotador

Debido al rango de sensibilidad del Huiro Flotador, la luz relevante para desarrollar el proceso de fotosíntesis se da entre los 0 a 30 metros de profundidad. Existe evidencia que podría darse incluso a una profundidad máxima de 40 metros, sin embargo, la biomasa principal se encuentra principalmente entre los 10 a 20 metros de profundidad (Henriquez, 2021).

Por otro lado, existe evidencia, que en el caso de la luz necesaria para la reproducción puede ser menor ya que la reproducción. La reproducción puede ser activada por un gen que detecta la alteración del tiempo de exposición de luz. A modo de ejemplo y reflejo de lo dicho, queda plasmado en lo que ocurre frecuentemente en la noche, cuando la luna proyecta luz a partir de la reflexión del sol. En dicho caso, el alga interpreta esta señal - de muy baja intensidad relativa a la luz directamente percibida del sol - generando un desorden en su gen cronológico y de esta manera reacciona activando su reproducción por medio de liberación de esporas (Bushman, 2021)

Fig.30 Situación plántulas pequeñas en superficie marina



Fuente: Elaboración propia en base a entrevista Bushmann (2021)

Como se había mencionado anteriormente, el Huiro Flotador capta la luz principalmente a través de sus frondas, tanto por las ubicadas en la superficie o las que están mar adentro. Sin embargo, las algas de mayor tamaño (i.e., es decir las adultas) frecuentemente interrumpen la luz solar que les debería llegar a las plántulas más pequeñas, interviniendo en su capacidad de generar alimento y de desarrollarse. Esto ocurre a pesar de que, cuando son muy pequeñas, es menor la necesidad de luz debido a la menor necesidad de alimento. Por otro lado, cuando son mayores y necesitan producir más, es equivalente a un proceso de "selección natural" (Bushmann, 2021).

Otro aspecto relevante es la inclinación que adopta el Huiro Flotador. Debido al comportamiento de las mareas, los huiros adoptan la inclinación de 45° hasta los 90° la mayoría del tiempo. Ahora bien, al ocurrir cambios de marea, podrían estar totalmente rectas a la superficie por su flotabilidad (Bushmann, 2021).





Formulación Proyecto

Problema

Objetivos de diseño

Usuario directo

Usuario indirecto

Interesados

Estado del arte

Problema

A pesar de sus beneficios ambientales , los bosques de huiro están en una situación crítica en donde se requieren esfuerzos adicionales a su reposición natural. El nivel de sobreexplotación y disminución de los bosques silvestres de huiro a llegado a una cantidad insuficiente tal que su capacidad de regeneración no es suficiente para la reconstrucción de su entorno. Limitando con ello sus beneficios ambientales y su propia sobrevivencia.

Objetivos

Objetivo general

Reforestar huirales en situación de deforestación a través de impulsar y acelerar su capacidad de regeneración - crecimiento y reproducción - por medio de la implementación de luz artificial

Objetivos específicos

- Implementación y estudio luz artificial para aceleración de repoblamiento
- Tasa de aumento de biomasa por prolongación del fotoperiodo
- Estudio de embarcación, estructura y materialidad
- Principio de flotabilidad
- Incorporación de energía renovable: Solar
- Requerimientos formales y normativa (DIRECTEMAR)

Usuario Directo

Comunidades artesanales pesqueras:

Conjunto de personas que tiene en común depender económicamente de la obtención de recursos pesqueros del mar territorial dentro de las primeras 5 millas.

Es decir, trabajadores y trabajadoras independientes, buzos mariscadores y pescadores artesanales.



Usuario Indirecto

Centros de investigación y universidades:

Permite registrar la población de Huiro y tener un seguimiento de esta.

Además permite testear empíricamente, a través del uso del fotoperiodo en un entorno natural con respecto a la hipótesis de laboratorio .

Mapa global de Huiro Flotador Universidad de Oxford



Fuente: Centro ideal (2020).

Interesados: Organizaciones y Fundaciones



Ministerio del medio ambiente

Promueve, busca y financia proyectos para la adopción al cambio climático. Por ejemplo, el programa de “Fortalecimiento de la capacidad de adaptación del sector pesquero y acuícola al cambio climático”, en conjunto con SUBPESCA, promueve el cultivo de algas.



Fundación NOAH

promueve el emprendimiento social y las iniciativas para salvar nuestros océanos a lo largo del mundo.

Dependiendo del proyecto – se financian hasta 15.000 euros y se promueven los resultados.

www.thenoahfoundations.org



Kelp Forest Foundation

Es una organización con la visión de aprovechar el poder de las algas gigantes para ayudar a restaurar la salud del planeta

www.kelpforestfoundation.org



Kelp Blue

Es una organización que vela, promoviendo proyectos a nivel local e internacional, por la forestación de bosques de huiro para aumentar la salud de los océanos y bloquear las emisiones de CO2.

<https://kelp.blue/>

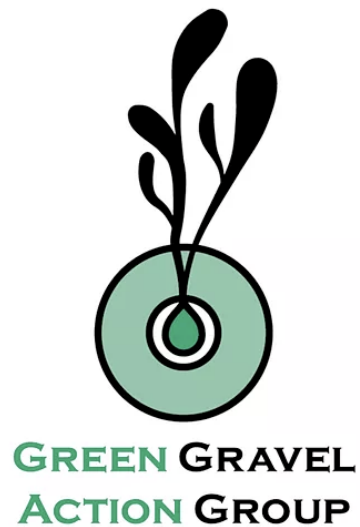


The David and Lucile Packard Foundation

Busca ayudar a Estados Unidos, México, Chile, Indonesia, China y Japón a garantizar que la pesca y la acuicultura marina sean sostenibles y a proteger lugares que son vitales para mantener la biodiversidad y las poblaciones de peces silvestres.

www.packard.org

Estado del arte

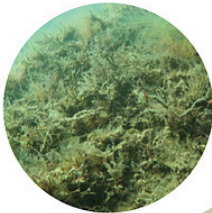


Green Gravel es una técnica para restaurar bosques de algas. Implica sembrar rocas pequeñas o sembrar con propágulos de algas marinas, criarlas en el laboratorio y luego plantarlas en el campo.

Green Gravel también representa una avenida emocionante para los esfuerzos de restauración "a prueba de futuro". Al sembrar grava con especies o conjuntos resilientes, es posible que podamos mejorar la resiliencia de los bosques de algas marinas a futuras perturbaciones o cambios climáticos.

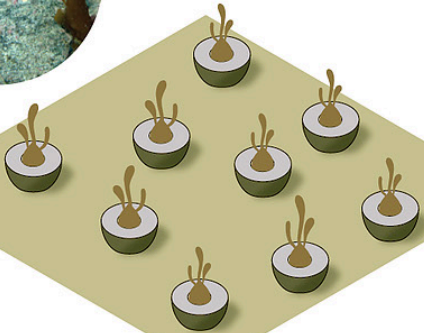
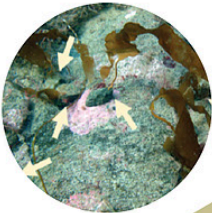


Problem

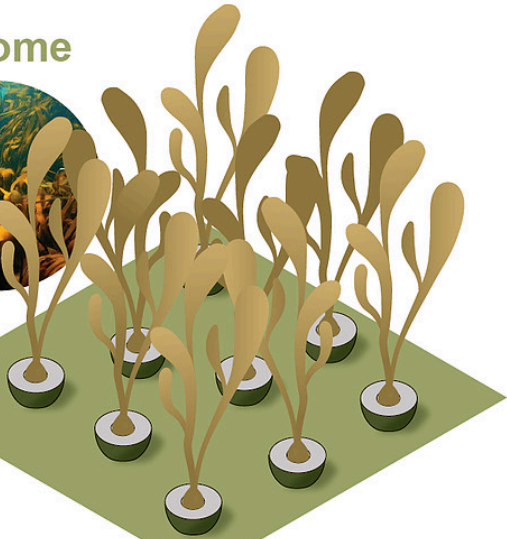


Degraded seascape

Solution

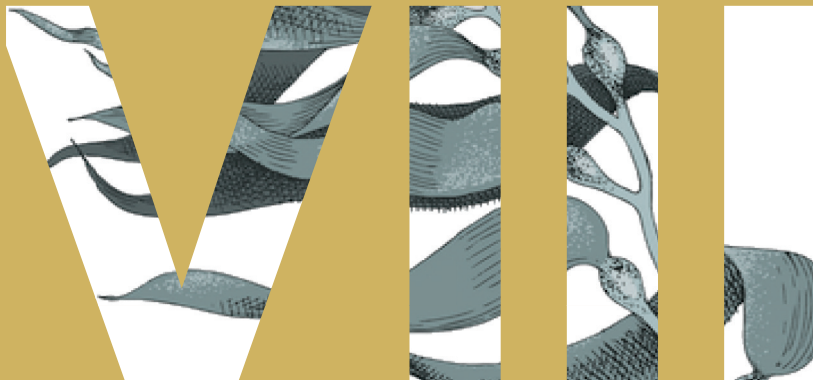


Outcome



Fuente: Green Gravel (2020)





Desarrollo de Proyecto

Implementación luz artificial

Flotabilidad

Construcción balsa flotante

Cuidados de embarcación

Flotabilidad

Permisos Marítimos

Normas Marítimas

Energía renovable: solar

Implementación luz artificial

El rol de la luz, en particular del fotoperíodo – el número de horas luz que está expuesto el agente – con respecto a procesos biológicos de las algas ha sido ampliamente investigado (Han y Kain, 1996, Wahidin et al., 2013; Fala et al., 2016; Marques et al., 2020). En particular, la evidencia se ha centrado en dos aspectos : el rol en el crecimiento de las macroalgas y el rol en la reproducción de estas.

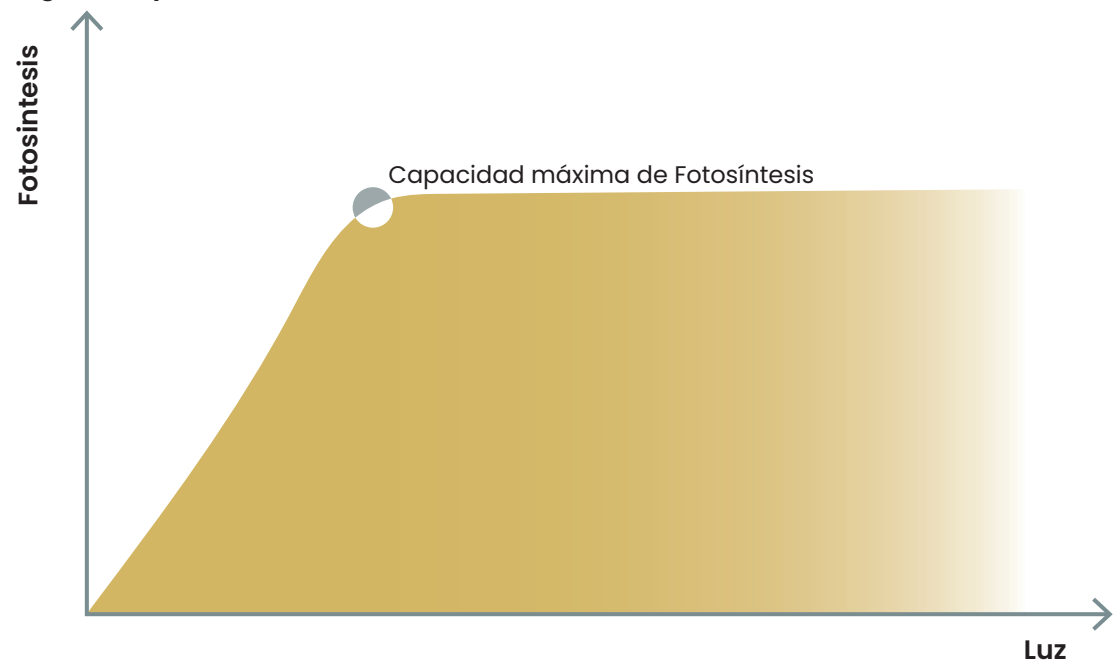
a) Relación con la alimentación:

Otro aspecto relevante es el hecho de que la sobreintensificación de la luz no tiene efectos en la fotosíntesis. Esto es, si se pudiera aumentar la intensidad de luz, sobre su intervalo de sensibilidad, que recibe el Huiro Flotador durante el día, al poseer el alga tiene un tope de aprovechamiento de la luz, esta no va a aumentar su capacidad de fotosíntesis (Bushmann, 2021).

b) Relación con la reproducción:

Un aspecto característico de las algas es que la luz necesaria para reproducirse es menor que la que necesita para generar alimento (PAR). Esto se debe a que la reproducción se basa principalmente por un gen cronológico que se activa al percibir luz (Bushmann, 2021)

Fig.33 Luz y fotosíntesis



La mayoría de los estudios analiza contrafactuales de fotoperíodos más largos relativos a fotoperíodos más cortos. La evidencia muestra que mayor exposición a la luz – fotoperíodos más largos – estimula el crecimiento y reproducción en las macroalgas en un 9% mayor al día y aproximadamente un 50% más en una semana (Han y Kain, 1996; Krause-Jensen et al., 2016). Estos resultados se pueden notar a partir de los 7 a 14 días (Fala et al., 2016; Marques et al., 2020). Adicionalmente, la evidencia muestra que los efectos son mayores en fotoperíodos más largos, sin embargo no son mayores cuando se limitan a 0 horas luz de oscuridad (i.e., fotoperíodo de 24:0).

Respecto al tipo de luz, Marques et al. (2020) analiza los efectos de fotoperíodo más largos (16:8 relativo a 8:16) y también el espectro de luz (blanco a través de OSRAM Fluora T8 fluorescent lamps; azul a través de blue Lee Filter y rojo, a través de red Lee Filter, todos con la misma irradiación de 120 $\mu\text{mol photons}$) en el crecimiento y reproducción de las macroalga. El estudio muestra que crecimiento fue 2 veces mayor y se tuvo mayor reproducción en un período por semana. Respecto del tipo de luz, los efectos fueron mayores con luz roja, intermedio en la blanca y menor en la azul.

Para aplicar la prolongación de fotoperíodo se consideró adquirir luces submarinas de fotoperíodo que provee AQUA SERVICE, una empresa relacionada con la aplicación de luz para la industria acuícola y necesidades relacionadas para intervenir el fotoperíodo bajo la superficie marina, aplicado en la Región de los Lagos. Esta es una luz blanca Led que responde a las condiciones del entorno y a las investigaciones previas para simular la luz que reciben los organismos submarinos.

Según lo que aclaró en la asesoría telefónica del producto, esta luz abarca una zona de luz visible con 200 cm de diámetro desde su fuente en el caso de aguas turbias como lo son en la Región de los Lagos.

Esta fuente de luz tiene las siguientes especificaciones:

Aquaservice Underwater Lights



Cable eléctrico aislado y resistente al agua para trabajo submarino.

Resistente cuerpo de polietileno inyectado de alta densidad. Fabricado a la medida para evitar filtraciones y lograr gran resistencia a la presión del agua y golpes.

Acople hermetico entre componentes que permite el cambio de paneles LED.

Paneles LED de alta calidad que permite una luminosidad de excelencia para el trabajo submarino.

Aletas protectoras fabricadas en policarbonato, para proteger el vidrio y luminaria LED.

SPECIFICATIONS	LED-200
Operating voltage	110 / 240VAC / 50 Hz
Power consumption	10 W. (0,5 Amp)
Service life with even colour	appr. 70.000 hours
Light source	252 super bright LED
Colour temperature (Kelvin)	6.500 K
Light color	White light
Luminosity	16.800 Lm
Weight, with cable	8,5 Kg.
Cable, standard lenght	25 m. (other lengths available)
Glass cover bulb lamp	Pyro Bor Silicate
Visual Angle	360°
Size, length + Ø	610 mm + 110 mm
Recommended use	Tanks /smaller cages

Hasta un 80% de ahorro de energía.

Fuente: AquaService, (2020)

Construcción balsa flotante

Dentro de las opciones se consideró inicialmente dos materialidades para hacer las balsas flotantes, madera o con algún metal.

Después de un análisis se optó en hacerlas de algún metal, principalmente por que obtener piezas de maderas idénticas para la construcción es muy difícil y según afirmó el ingeniero estructural, eso es aun más difícil en Chile, además de que la madera, a pesar que también se trate para la implementación de embarcación, se deteriora con mayor facilidad y en el caso que esta se moje aumenta considerablemente su peso. Dicho esto, se hizo un estudio dentro de las opciones más indicadas para hacer una balsa: acero inoxidable, acero galvanizado o aluminio.

A pesar que las tres opciones con adecuadas con respecto a lo estructural, se definió por usar acero galvanizado.

La opción de aluminio, a pesar de tener el beneficio de que es una estructura más liviana, y por ende, al considerar la flotabilidad simplificaba el uso de flotadores y la elección de anclaje, sin embargo el precio es mayor. Por otro lado la opción de acero inoxidable se descartó en un inicio por el costo que implicaba.

En el caso de los flotadores, se evaluó bidones ya producidos, sin embargo se plantea hacer medidas específicas de flotador y realizarlos por rotomoldeo con plástico reciclado.

Para el caso la cuerda a ocupar, tanto para uniones estructurales, fondeo y remolque, se hizo un estudio de cuerdas en el uso de marítimo y se determinó por una cuerda ventajosa en costo/resistencia/duración a base de polipropileno monofilamento de alta tenacidad de 16 mm ya que considera una carga de ruptura de 4.500 kg con excelente resistencia a la abstracción y a los rayos ultravioleta.



Fuente: Nicolás Ibaceta (2012)

Cuidados de embarcación

Las embarcaciones deben varar para ciertos cuidados y mantenimiento.

En el caso de una embarcación de acero, está establecido que se deben sacar dos veces cada cinco años pero con condición de plazos para restringir que las dos mantenciones sean distribuidas de manera equitativa (Paúl, 2021).

Esta mantención consiste principalmente en:

1. Proceso de Arenado Granallado :

Este proceso, a través de piedra molida a alta presión eliminar las partículas de óxido y pintura. El granallado se utiliza para limpiar, fortalecer y pulir el metal, en este caso acero.

2. Pintar

Aplicar anticorrosivo y antinrustable. En el caso de aplicar color debe ser con pintura Epóxica.



Proceso de Arenado
Fuente: Galvanlacados

Flotabilidad

Principio de Arquímedes

“Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido recibe un empuje hacia arriba (ascendente) igual al peso del fluido que desaloja”.

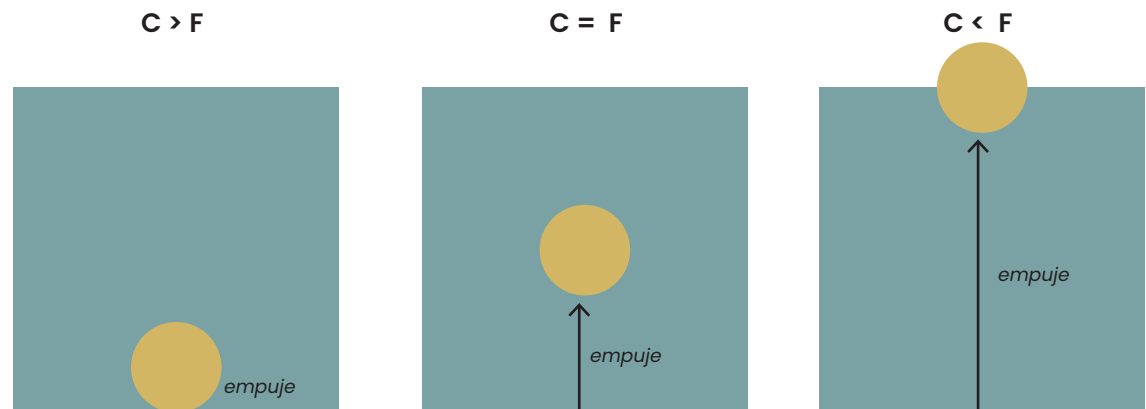
El principio de Arquímedes se formula así:

$$\text{Cuerpo} = mg$$

$$\text{Flotabilidad} = p_f gV$$

Donde p_f es la densidad del fluido, V el volumen de fluido desplazado por algún cuerpo sumergido parcial o totalmente en el mismo, g la aceleración de la gravedad y m la masa, de este modo, **el empuje depende de la densidad del fluido, del volumen del cuerpo y de la gravedad existente en ese lugar.**

Fig.34 Esquema principio de Arquímedes



Fuente: elaboración propia en base a entrevista Esteban Paúl (2021)

Permiso concesión marítima

1. Matrícula de embarcaciones y Artefacto Navales. Directiva DGTM y MM O-71/010

De acuerdo al artículo 4° de la Ley de Navegación, toda aquella de cincuenta o menos toneladas de registro es una nave menor. De esta manera, se requiere un registro de matrícula en alguna Capitanía de Puerto de la República, a cargo del Capitán de Puerto respectivo, a quien corresponde autorizar todas las inscripciones que en él se practiquen. Esta inscripción de matrícula perdurará durante toda la vida útil de la nave, cualquiera fuere su lugar de operación. (Art.52°).

2. Cert. Navegabilidad para Artefactos Navales (sólo los matriculados). Directiva DGTM y MM O-71/010.

Adicionalmente se requiere un certificado de navegabilidad en donde Autoridad Marítima que acredite que se han dado cumplimiento a las exigencias legales y reglamentarias sobre construcción y seguridad de la nave menor (exigencias referidas por los artículos 279° y siguientes del Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República)

3. Cálculo de fondeo. D.S. N° 1.340/41. Art. 251°

Se requiere solicitar el cálculo de fondeo es para diseñar un Sistema de Fondeo para un Artefacto Naval. Así, se analizan las Fuerzas que ejercerían sobre el Artefacto Naval y los agentes ambientales como corrientes, olas y viento.

Fuente : DIRECTEMAR (2008)

Normas señalización marítima diurna y nocturna

SEÑALIZACIÓN MARÍTIMA DIURNA Y NOCTURNA .

A.- Las características que deberá reunir la señalización son las que se establecen en la publicación S.H.O.A. N° 3007, pág. XVIII correspondiente a Señales Especiales que se indican a continuación:

COLOR DE LUZ ALCANCE MÍNIMO RITMO DE LUZ:

: AMARILLA

: 2 MILLAS NÁUTICAS (360°)

: CÓDIGO MORSE LETRA "N" EN 9 SEGUNDOS O LA ALTERNATIVA DE 3 + 1 DESTELLO EN 20 SEGUNDOS.

CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS:

RITMO

TIEMPOS DE LUZ

0.5 1.5 0.5 1.5 0.5

TOTAL = 9seg = 20 seg

ALTURA MÍNIMA DE LA LUZ SOBRE NIVEL DEL AGUA

FORMA ESTRUCTURA COLOR DE LA ESTRUCTURA MARCA DE TOPE

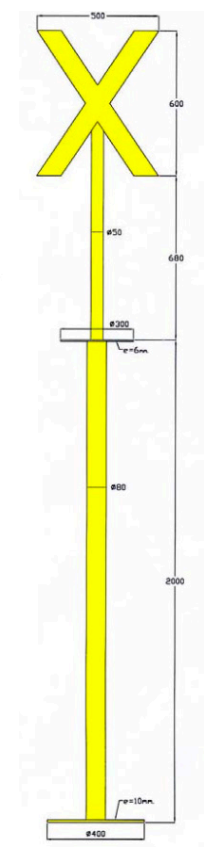
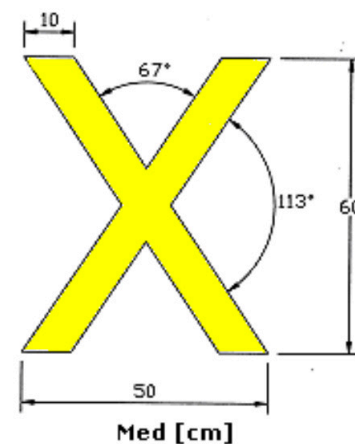
FORMA Y DIMENSIONES:

2.0 METROS EN BALSAS SEGÚN DETALLE

UNA "X" DE COLOR AMARILLO.

Fuente : DIRECTEMAR (2008)

Fig.36 Señalización peligro aislado

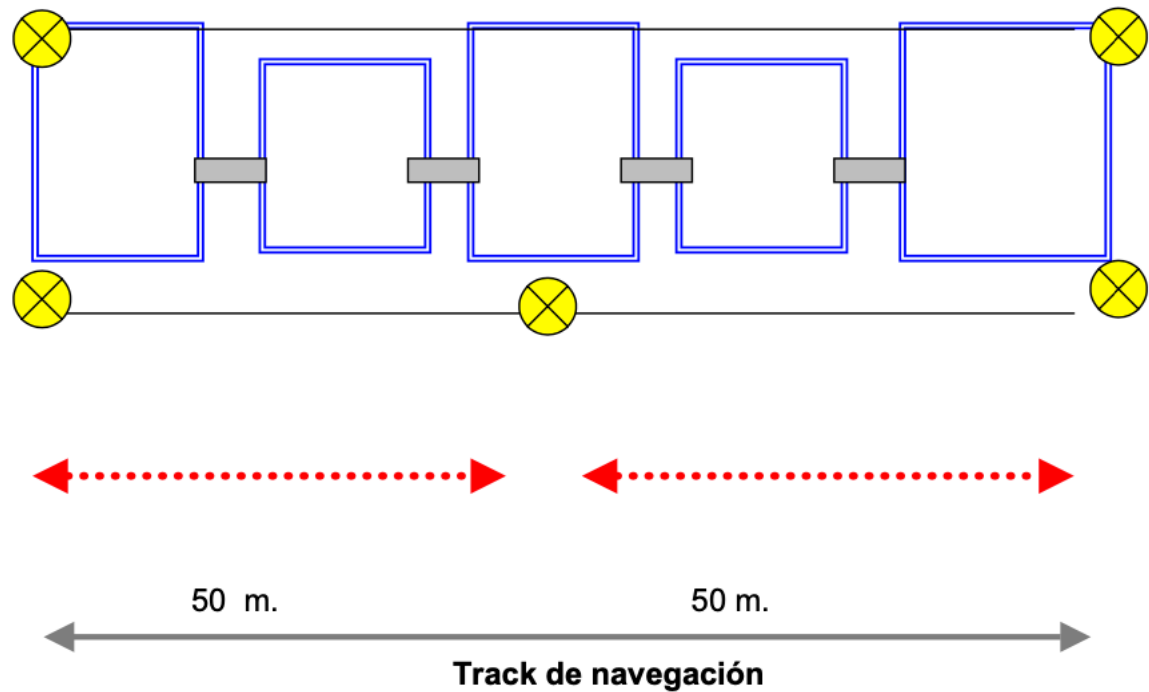


Med: mm.

Fuente: DIRECTEMAR (2008)

Fig.37 Posición señalización balsas cuadradas

En el caso de balsas jaulas rectangulares, éstas serán señalizadas en los extremos hacia el track de navegación, de acuerdo con la orientación que éstas tengan respecto al canal de navegación utilizado, en el caso que se encuentren unidas formando trenes de unidad compacta, la señalización será en su extremo y entre ellas cada 50 metros



Fuente: DIRECTEMAR (2008)

Normas de seguridad

SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES:

1. Todas las superficies de trabajo, sean estas balsas jaulas o plataformas flotantes, deben poseer superficies con material antideslizante y barandas metálicas o cualquier otro material en el perímetro exterior, que evite la caída a desnivel.

2. Toda balsa jaula y bodega flotante debe poseer un punto de embarque, el que debe reunir las siguientes características:

- a. Superficies cubiertas de material antideslizante.
- b. Barandas de apoyo.
- c. Defensas contra el impacto de embarcaciones.
- d. Considerando las condiciones del trabajo de buceo, sólo se ejecutarán faenas de buceo acuícola en horario diurno o hasta que las horas luz lo permitan, salvo situaciones de emergencia que evaluará el Jefe de Centro y solicitará la Autorización al Sr. Capitán de Puerto.
- e. Bitas y/o cornamusas como elemento de amarre para las embarcaciones.
- f. Escalas de Acceso o portalones, en caso que la altura entre la embarcación y la superficie del punto de embarque exceda a 50 cm.

Fuente : DIRECTEMAR (2008)

Energía renovable: Solar

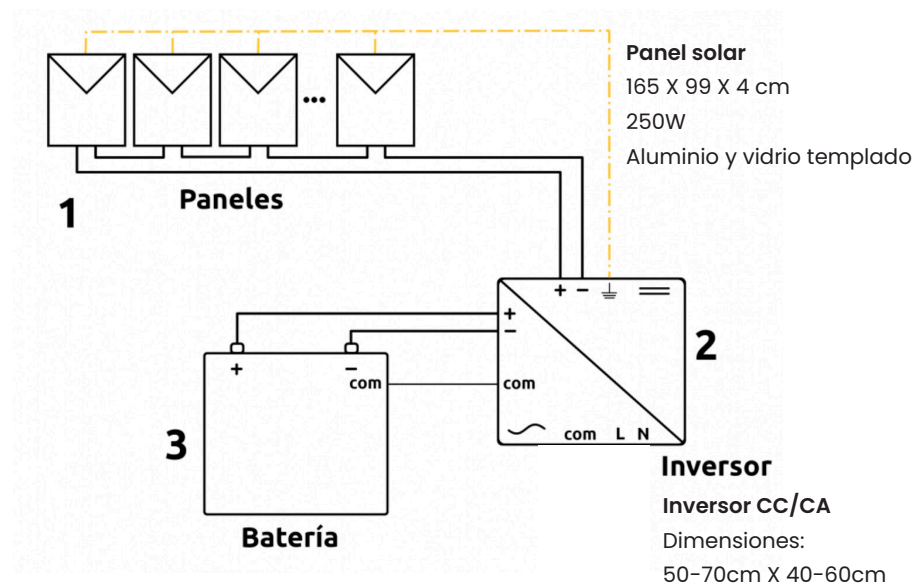
Para fines de este proyecto, existen dos tipos de energías renovables que se pueden utilizar:

Eólica y Solar

Si bien ambos tipos de energía tienen beneficios, la energía solar presenta una alta fiabilidad, seguridad, gran persistencia, bajos costos de mantenimiento, autosupervisión fotovoltaica, baja contaminación acústica, independencia en la producción de energía (Sungzu, 2018).

Además, comparando con la energía eólica, los sistemas de energía solar presentan una mayor estabilidad de voltaje que los sistemas eólicos (Liang y Qi, 2012).

Fig.35 Partes energía fotovoltaica



Fuente: HelioEsfera (2020)





Propuesta de diseño

Oportunidad de diseño

Recystis

Referentes

Registro desarrollo formal

“El diseño debe trabajar con la ciencia y transmitir el mensaje correcto y la cantidad adecuada de complejidad... el diseño interpreta la ciencia y transforma la interpretación en una forma concreta... Hace el progreso científico más visible y usable...”

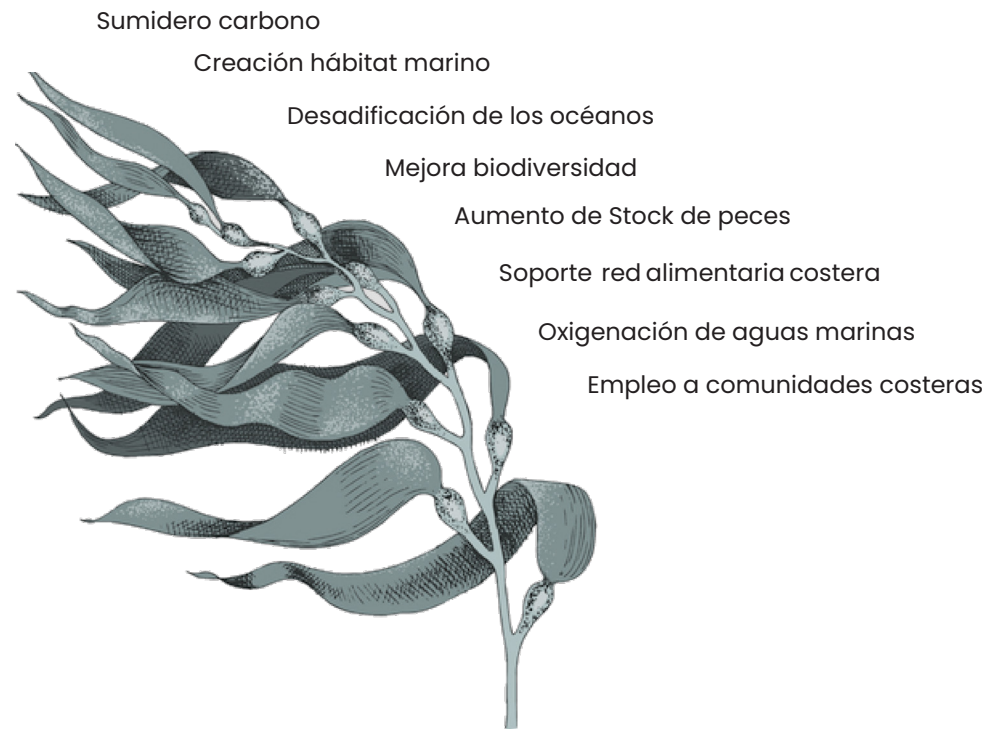
Diseñador Müller (2017)

“Respecto al cambio climático, las soluciones no surgirán
sin la fusión del conocimiento científico con el diseño”

Museo Cooper Hewitt (2020)

Oportunidad de diseño

Relevancia Huiro Flotador



Problemática

Deforestación

Disparidad entre
deforestación y
reforestación natural

Disminución resiliencia

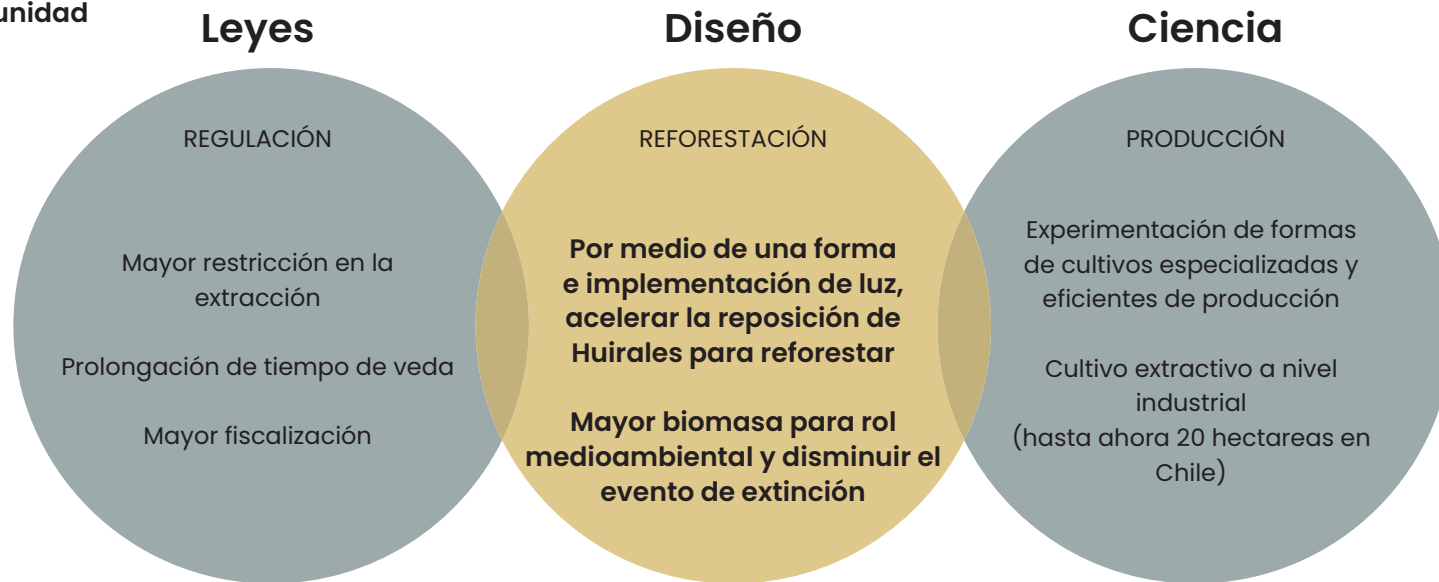
Principales Soluciones actuales

Limitar extracción a
través de leyes, vedas
y fomento de cultivo

Limitaciones

1. No apuntan directamente a
impulsar la reposición

Oportunidad



Utilizando una ecuación de flujo de stocks para los huiros:

$$\text{Huiros}_{t+1} = \text{Huiros}_t (1 - \text{extracción} + g(\text{Huiros}_t, \text{luz}))$$

- Dado el bajo stock de huiro (desforestado) "g" pequeña → nula o baja reposición
- Las soluciones actuales buscan disminuir "extracción"
- Oportunidad: aumentar "g" a través de la luz

$$\uparrow \text{Huiros}_{t+1} = \text{Huiros}_t (1 - \text{extracción} + \uparrow g(\text{Huiros}_t, \uparrow \text{luz}))$$

Fuente: Carrasco (2021)

Recystis

La reforestación rápida y contextual al problema ambiental es de lo que trata Recystis.

Recystis es un módulo flotante que genera un área lumínica para acelerar la reforestación. Esta balsa no tripulada, combina la experiencia y el conocimiento de expertos sobre *Macrocystis Pyrifera* (huairo Flotador) y los beneficios que genera; con conocimientos estructurales y lumínicos. Todo este conocimiento se condensa en una idea: embarcación transportable entre huirales deforestados que a través de luz artificial duplican la tasa de crecimiento y reproducción cada semana.

El recorrido de este módulo sigue el camino trazado por tecnología de la universidad de Oxford que detectó las zonas de huirales con problemas de déficit de biomasa (menor a 3 huirales por metro²) el cual están a lo largo de Chile y ubicadas dentro de el mar territorial, por lo tanto en áreas de manejo, áreas protegidas y áreas de libre acceso. Ubicándose entre los 10 y 20 metros de profundidad, el modulo proyectará luz blanca LED para alargar y estandarizar el fotoperíodo con un total de 16:8 horas al día.

Con esta implementación, la tasa de crecimiento y reproducción será 2 veces más eficiente que la tasa normal y más barato que la implementación de cultivo por cada localidad a repoblar - dado que la balsa es transportable y los cultivos son una instalación fija. Además, se enfoca en reponer este tipo de alga que tiene altas tasas de secuestro de carbono, influencia en reconstrucción de hábitat y reclutamiento de distintas especies marinas.

El diseño de Recystis y la forma de abarcar el problema está realmente impulsado por las necesidades de los ecosistemas desabastecidos y por ende en las comunidades directamente ligadas a esto, comunidades costeras.

El enfoque inicial fue el cambio climático, tratando de contribuir a extraer mayor cantidad de carbono de la atmósfera y así tratar de mitigar el impacto y la velocidad del cambio climático. Luego es la conservación y abundancia de biodiversidad. Para finalmente enfocarnos en cómo esto incide en las distintas comunidades pesqueras a lo largo de Chile. Los 3 son enfoques clave de Recystis.

Referentes Directos

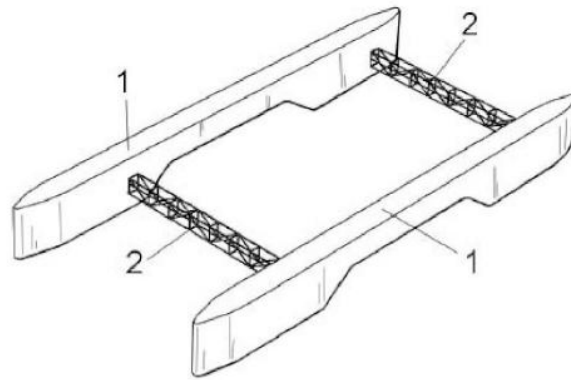


FIG. 1

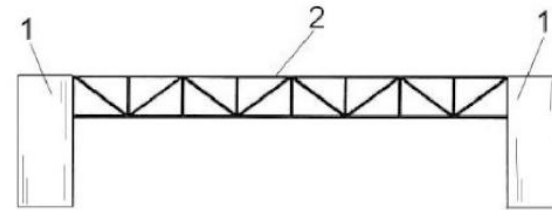


FIG. 2

Fuente: Patente España (2015)

Inventor: RIAL ZUECO, Joaquín Eduardo

Catamarán modular adaptable

Comprende dos cascos laterales en funciones de flotadores unidos entre sí mediante unas estructuras transversales, caracterizado porque los cascos son simétricos respecto del plano de crujía y respecto del plano transversal central de cada uno de ellos, mientras que las estructuras de unión entre ambos cascos tipo celosía, con medios de anclaje fijos o desmontables que posibilitan la independización de los propios cascos respecto de la estructura que los une, con la particularidad de incluir una parte central de estructura tipo "cama" como medio de soporte para el artilugio o artefacto a construir, instalar o transportar.



Fotoperiodo en Cultivo Salmónidos

El uso de luz artificial –técnica conocida como fotoperiodo– se utiliza desde hace bastantes años en la producción de salmónidos. Partió siendo utilizada en la producción de agua dulce, con el uso, por ejemplo, de luces aéreas fluorescentes o de haluro metal. No obstante, con paso del tiempo, esta herramienta comenzó a ser utilizada también en agua mar, sobre todo los últimos cuatro a cinco años gracias al impulso que ha significado el advenimiento de la tecnología LED, que ha permitido contar con productos más amigables y eficientes.



Balsa jaula

Una balsa jaula es una instalación donde los peces son confinados para su engorda y son estas estructuras las que deben soportar diversos manejos y los embates del clima

Referentes Indirectos



Catamarán

Un catamarán es una embarcación o buque multicasco con dos cascos paralelos de igual tamaño. Es una embarcación de geometría estabilizada, derivando su estabilidad de sus dos quillas, en lugar de una quilla con bulbo de los veleros monocasco.



Avior Sentinel

La materialidad de variadas boyas inteligentes están conformada por una parte flotante por medio de plástico por rotomoldeo y en algunos casos de fibra de vidrio; y otra parte estructural de acero , como estructura resistente al medio y por un lado más económica que acero inoxidable. Además de la incorporación de fuentes de energía renovable solar o eólica.



FarmDroid

FarmDroid FD20 es el primer robot completamente automatizado del mundo que siembra y proporciona control mecánico de malezas. Impulsado por la potencia de cuatro paneles solares, no solo hace 24 horas de agricultura respetuosa con el medio ambiente a la vez, sino que también es neutral en emisiones de CO₂. Con su tecnología GPS de alta precisión, el FarmDroid FD20 hace su trabajo diario sin la necesidad de monitoreo y reduce los costos para los agricultores y productores por igual.



Depilación Laser

Durante la depilación láser, un láser emite una luz que es absorbida por el pigmento (melanina) del vello. La energía lumínica se convierte en calor, que daña los sacos en forma de tubo dentro de la piel (folículos pilosos) que producen vellos. Este daño inhibe o retrasa el crecimiento futuro del vello.



La fórmula permite disminuir el tiempo de crecimiento y aumentar la calidad de las plantas.

Doce bombillas de luces LED se encienden en el pequeño vivero de la organización científica Ciencia Pura.

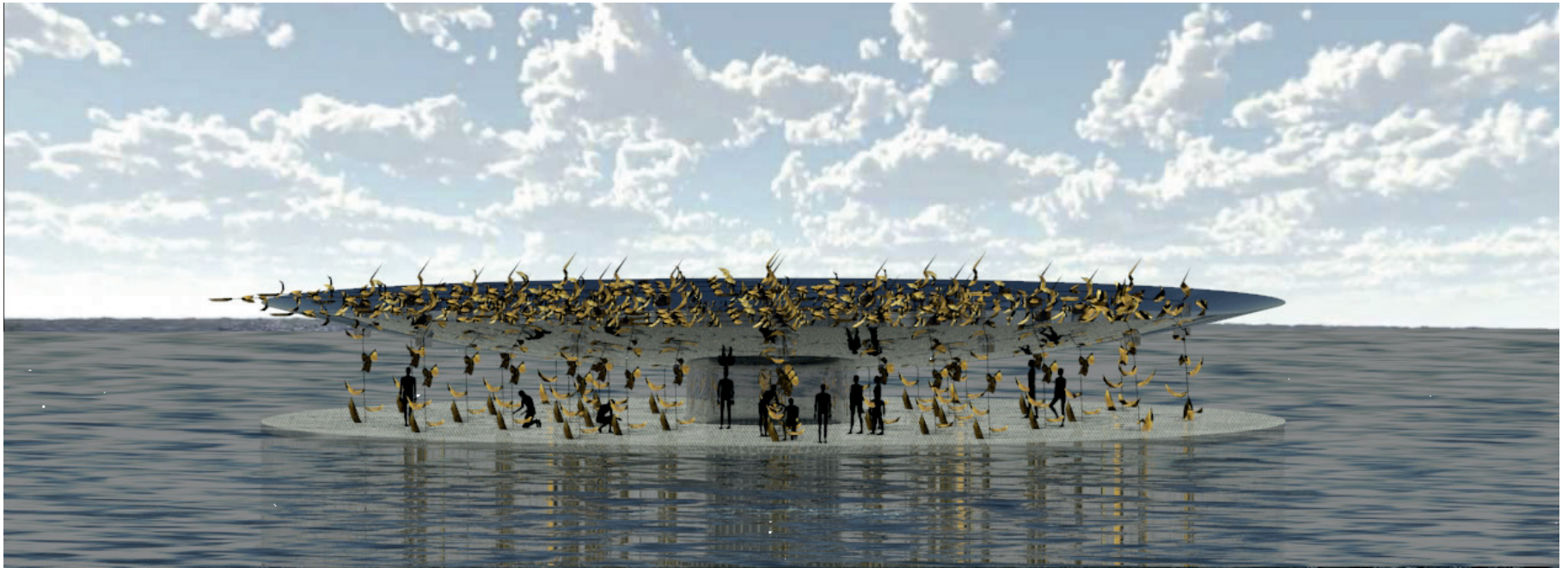
Después de 10 años de estudio, un grupo de científicos chilenos y australianos logró demostrar que este sistema permite acelerar hasta en un 25% en promedio el proceso de crecimiento de las plantas desde su primera etapa de desarrollo. Durante los últimos 12 meses, la investigación se ha logrado validar en Chile y el mundo.



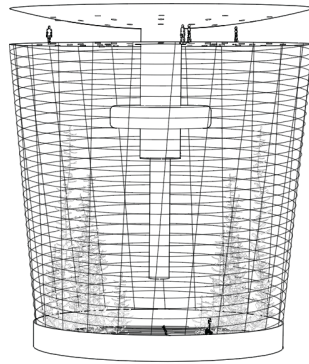
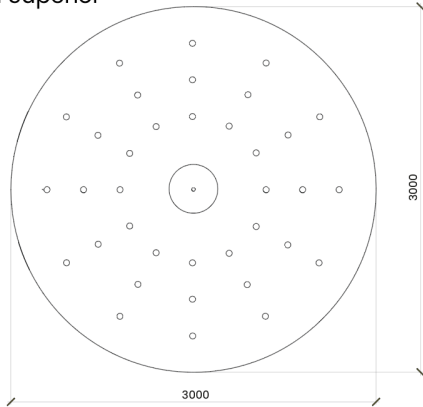
Flash Forest

Flash Forest es una empresa emergente canadiense que utiliza una variedad de métodos para acelerar la reforestación. Los vehículos aéreos, el software de cartografía aérea y la tecnología de vainas de semillas biológicas se combinan con la experiencia y el conocimiento locales sobre especies de árboles y vida silvestre de áreas específicas. Todo este conocimiento y competencia se condensa en una idea simple: drones voladores que plantan 100.000 semillas por día.

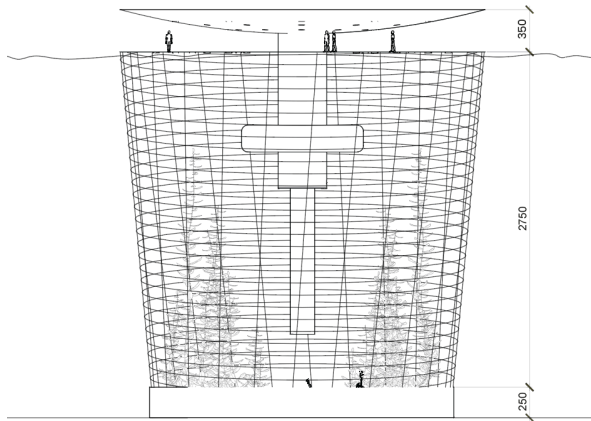
Anteproyecto



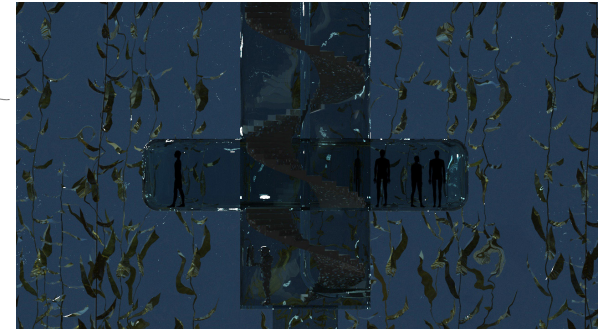
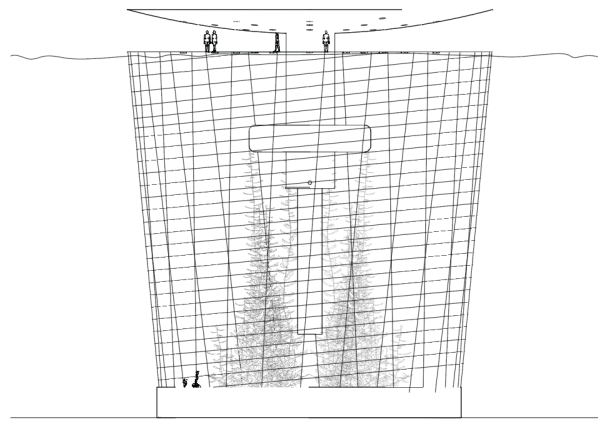
Vista Superior



Vista Frontal

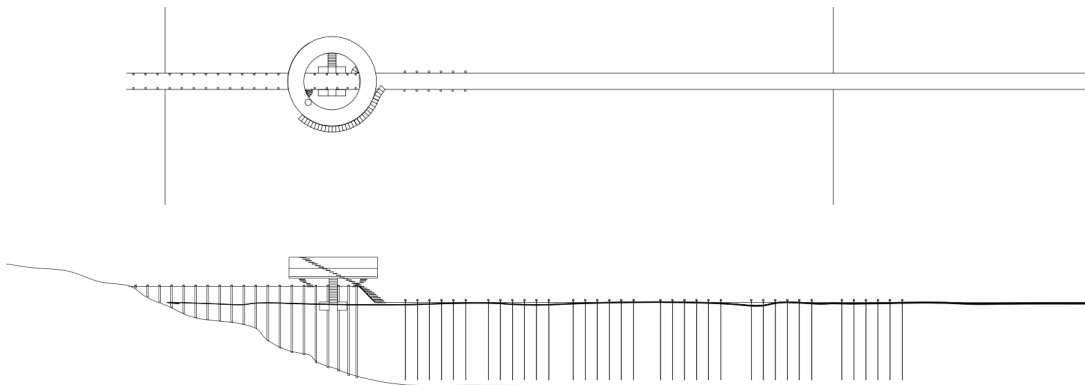


Vista Lateral

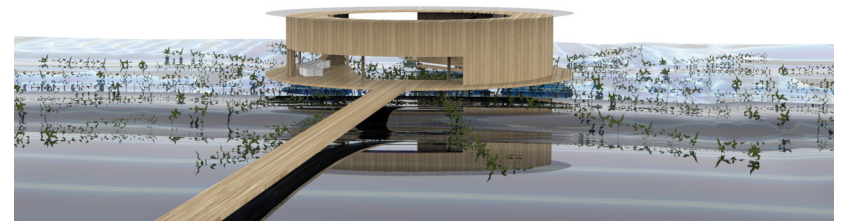
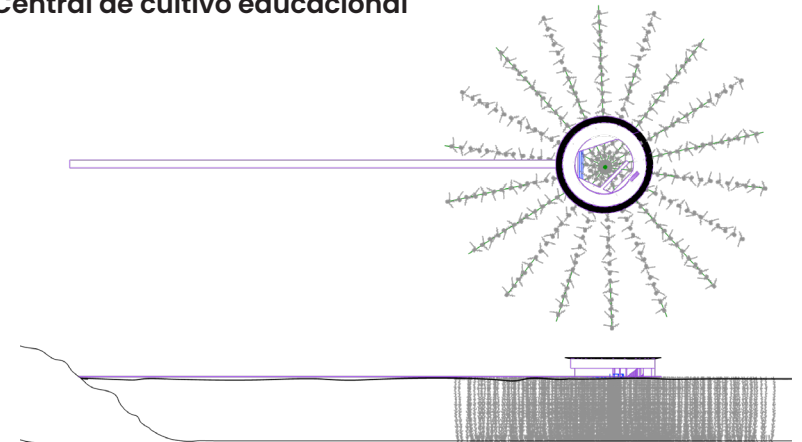


Desarrollo formal

Central de cultivo productivo

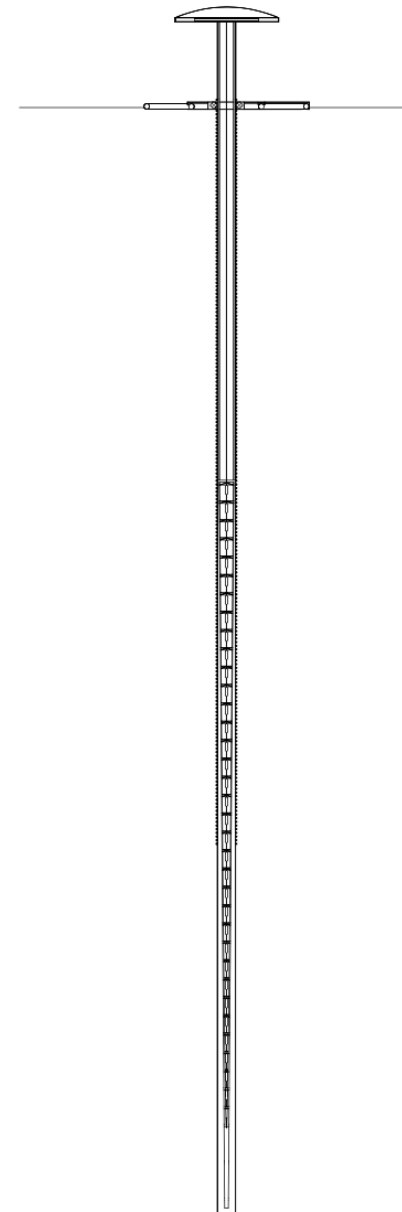
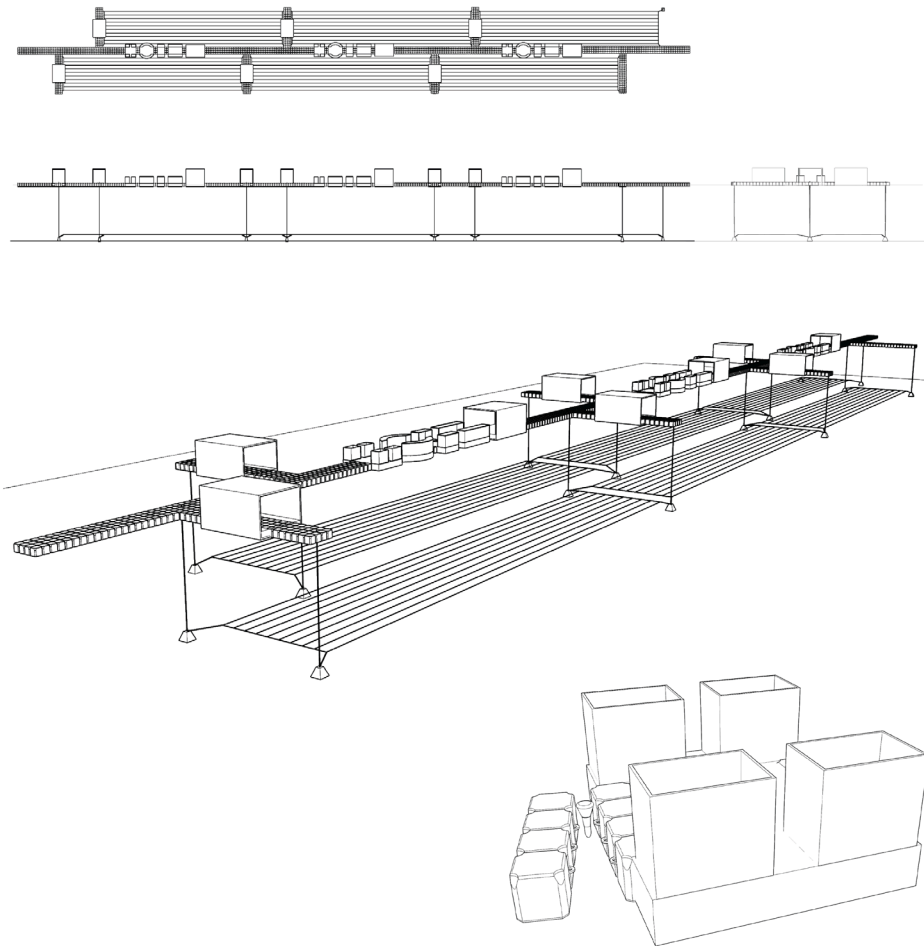


Central de cultivo educacional

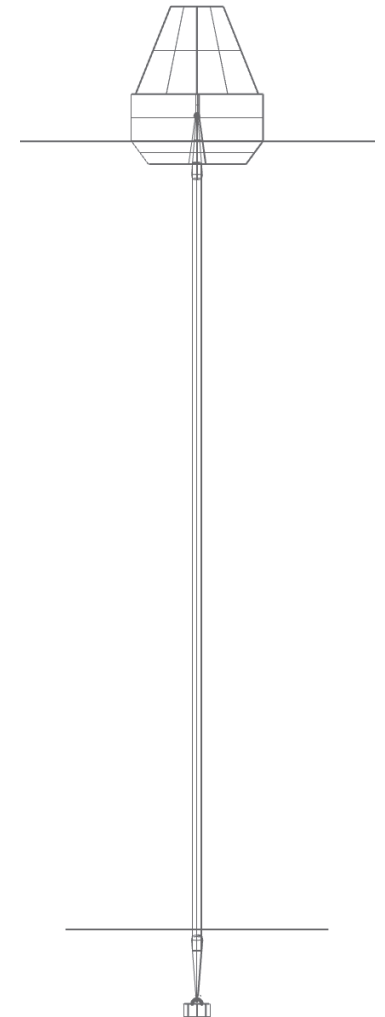


Objeto de inyección de luz

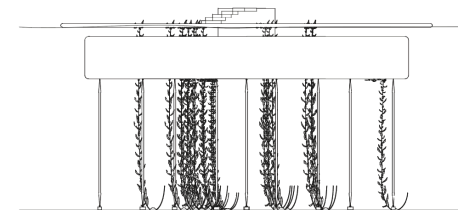
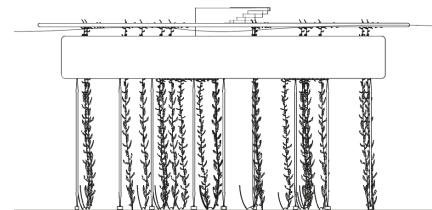
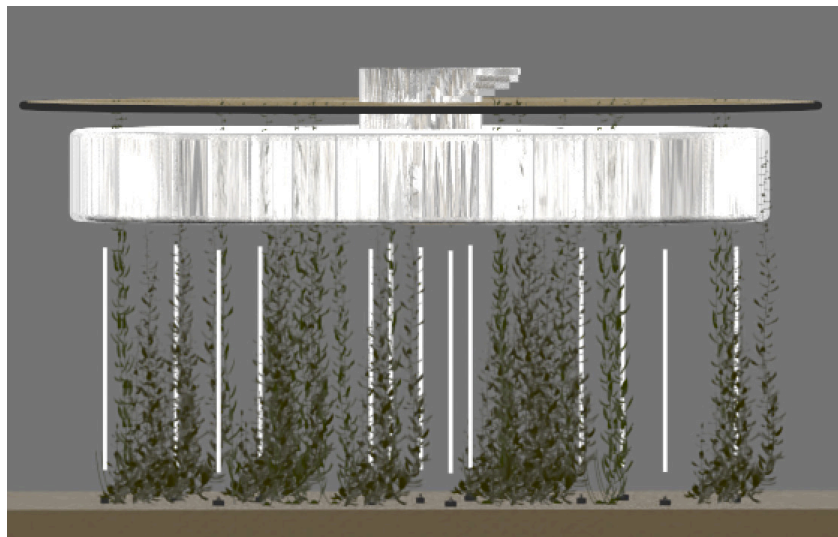
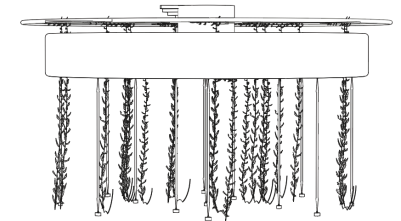
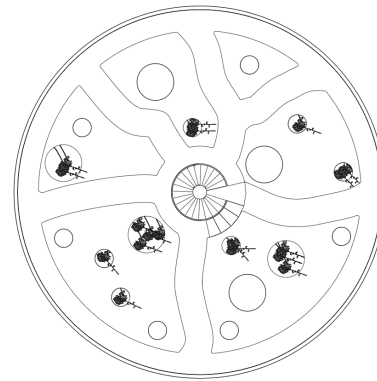
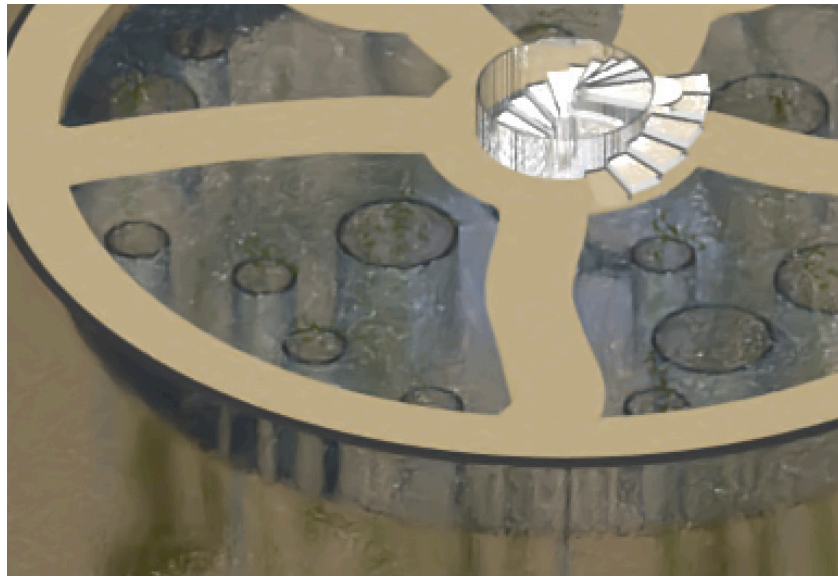
Central de cultivo e investigación



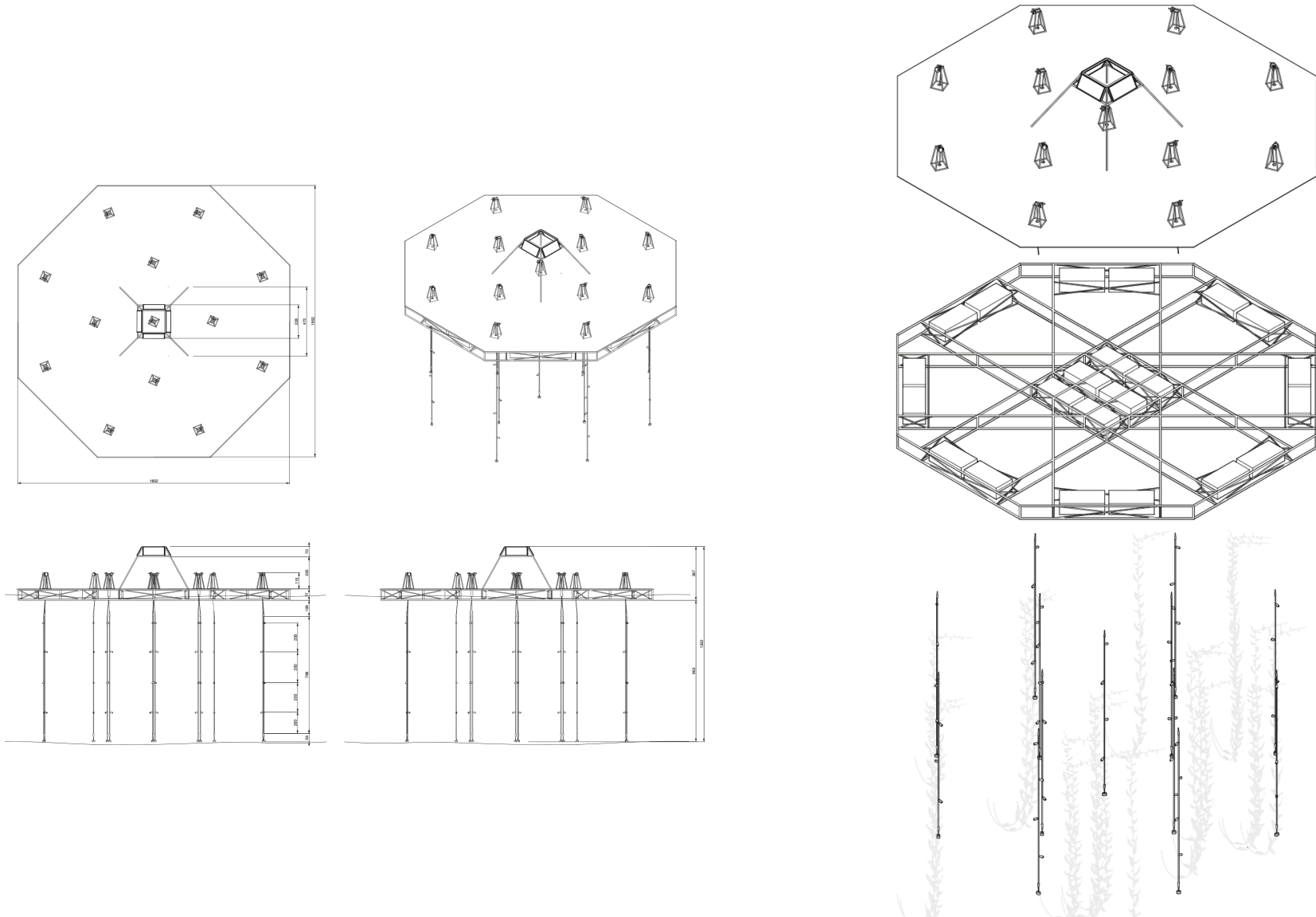
Boya lumínica focalizada



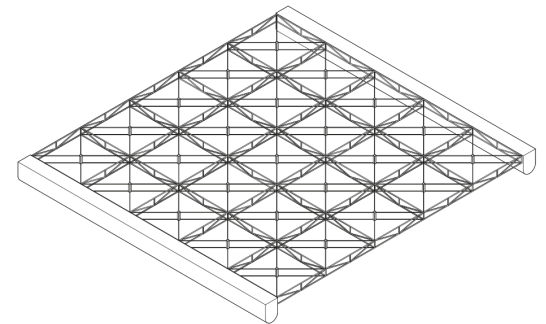
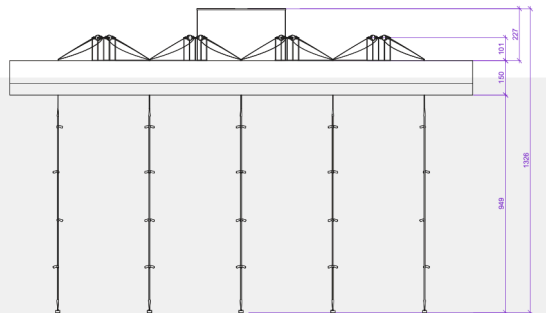
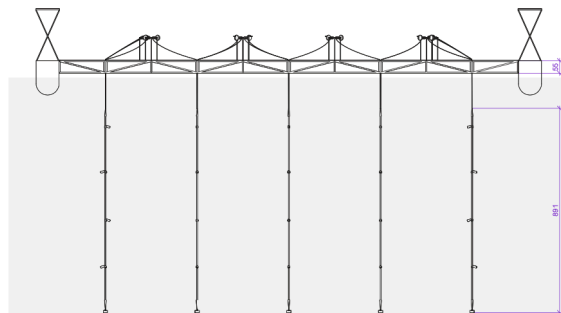
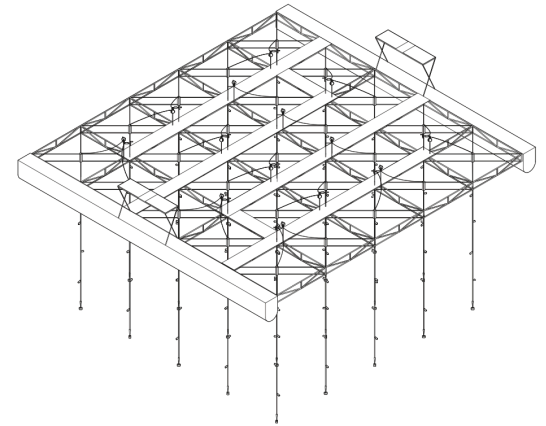
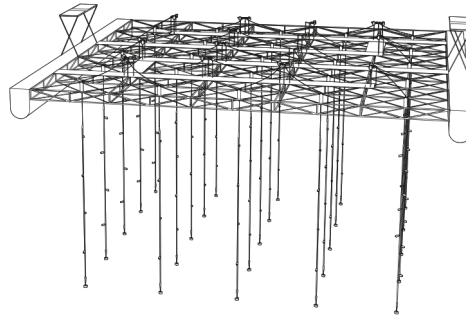
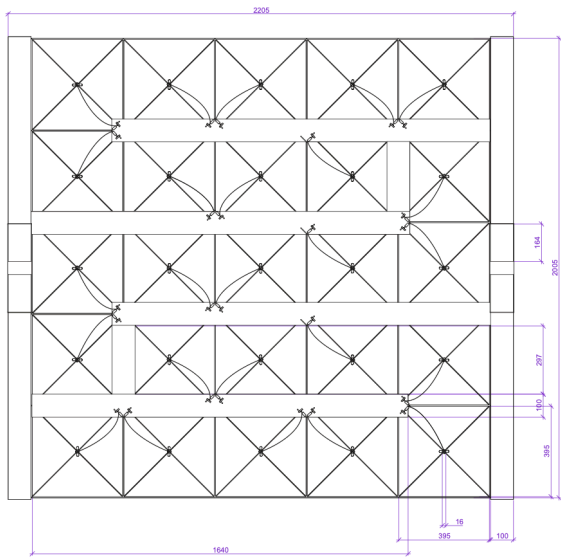
Centro de aceleramiento de reproducción y acercamiento popular al Huiro

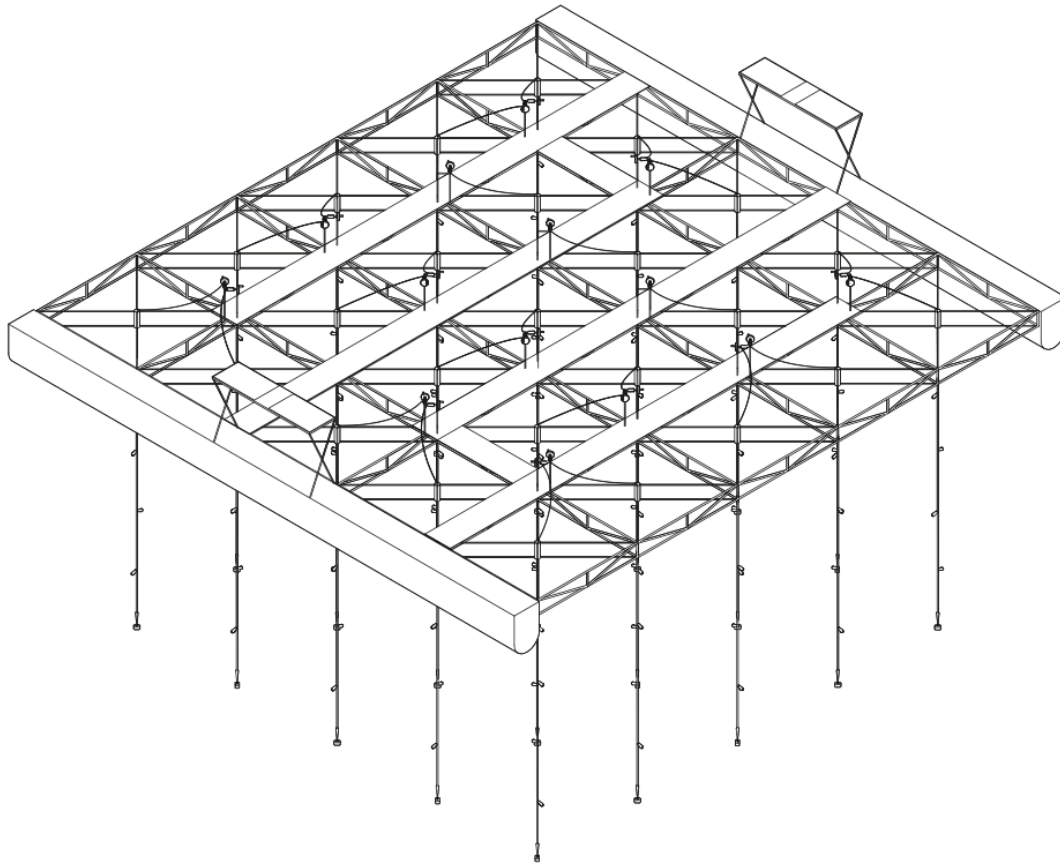


Embarcación de área lumínica para aceleración de reproducción



Última iteración





Subdividir estructura en cuatro con flotación independiente por posibilidad de ruptura ante oleaje

Evaluar un sistema de unión de módulos que permita desplazamiento en dos direcciones

Alivianar estructura

Cambiar forma de flotador por flotador circular, más estable para este caso

Considerando que esto pesa 4,5 toneladas, necesita más flotadores y mejor distribuidos equivalente a 24 bidones (100x60)

Cambiar estructura de perfil tubular cilíndrico de acero galvanizado a estructura rectangular





Propuesta Formal

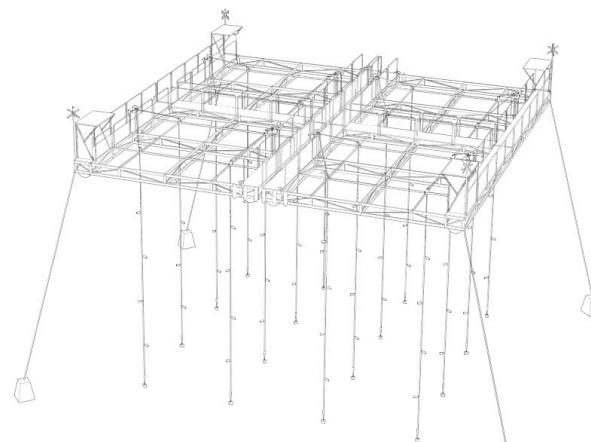
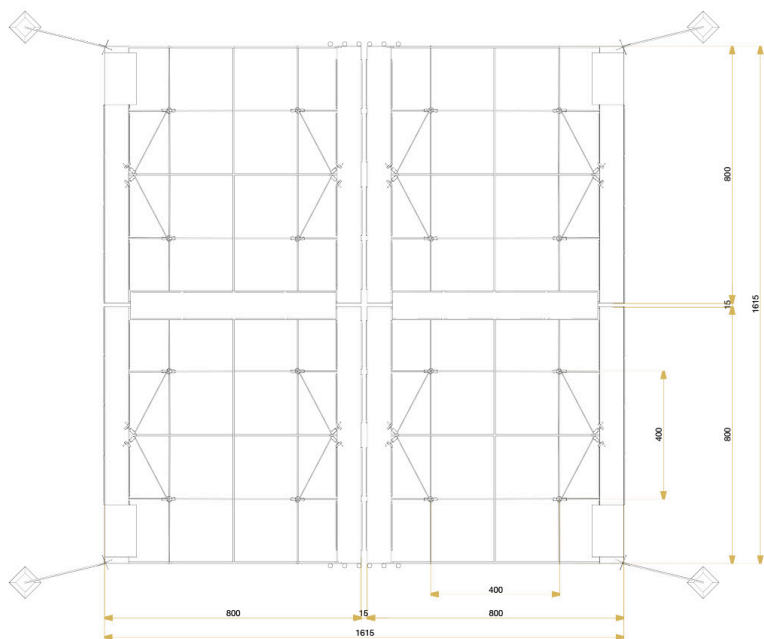
Planimetría

Render

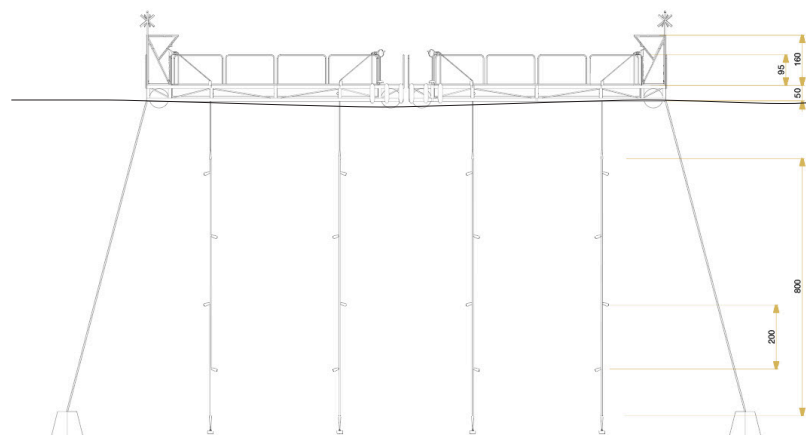
Funcionamiento

Planimetría

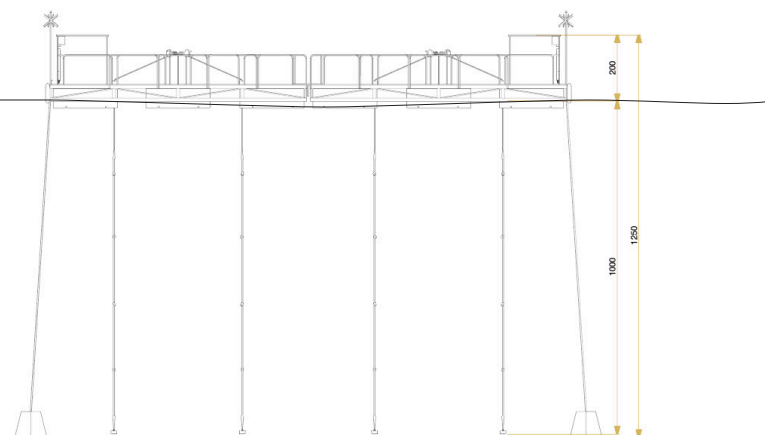
Vista Superior

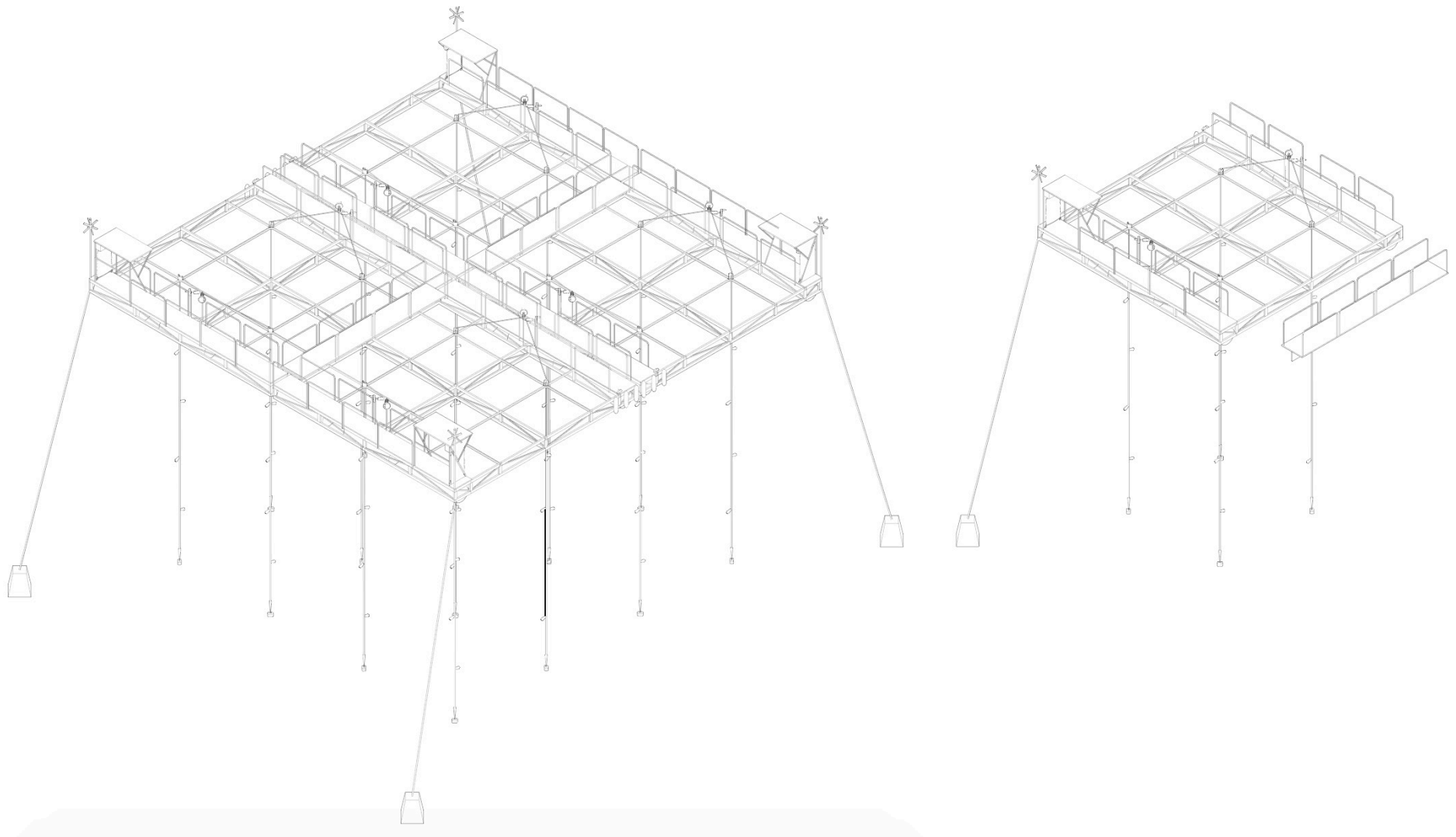


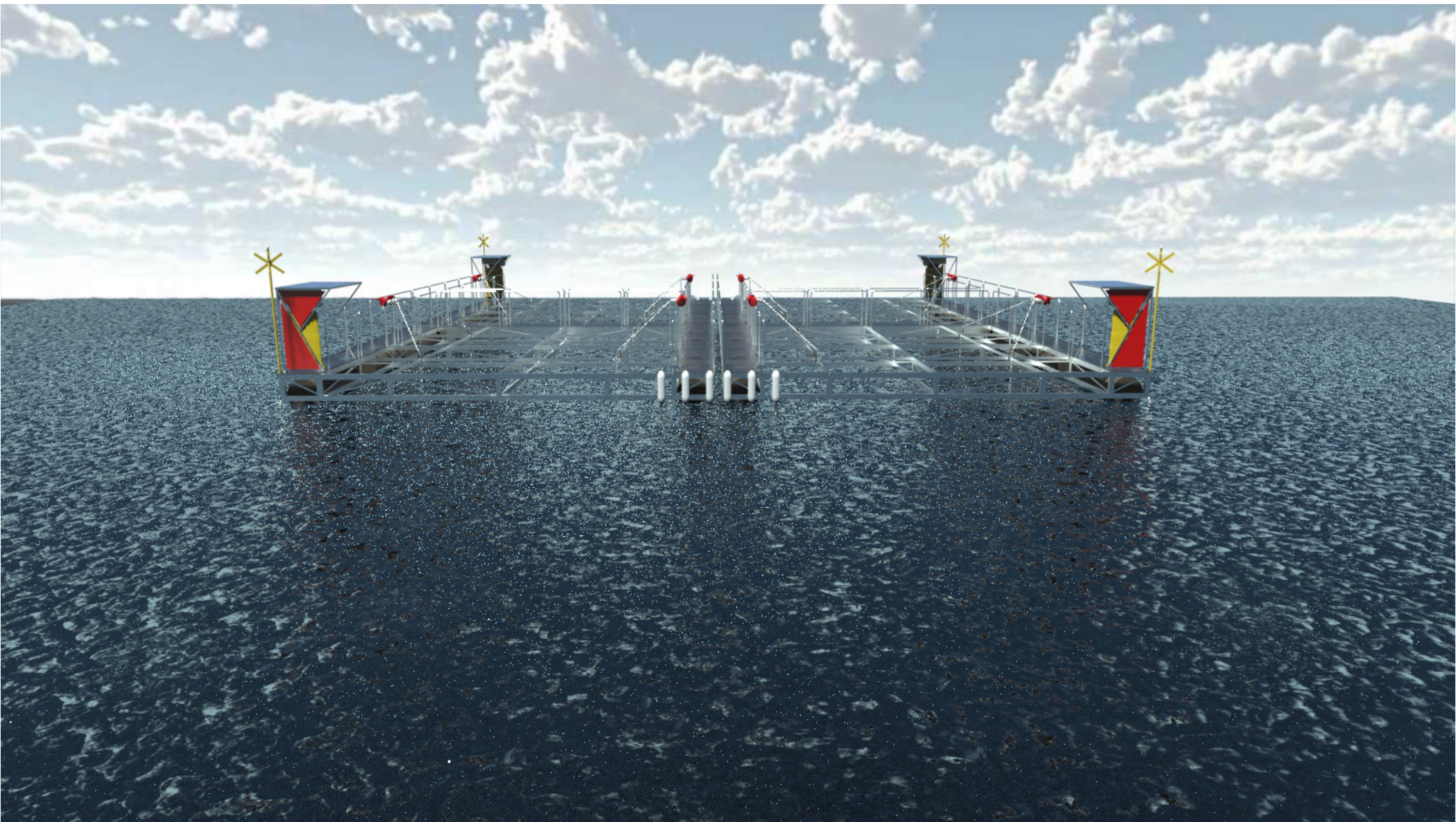
Vista Frontal

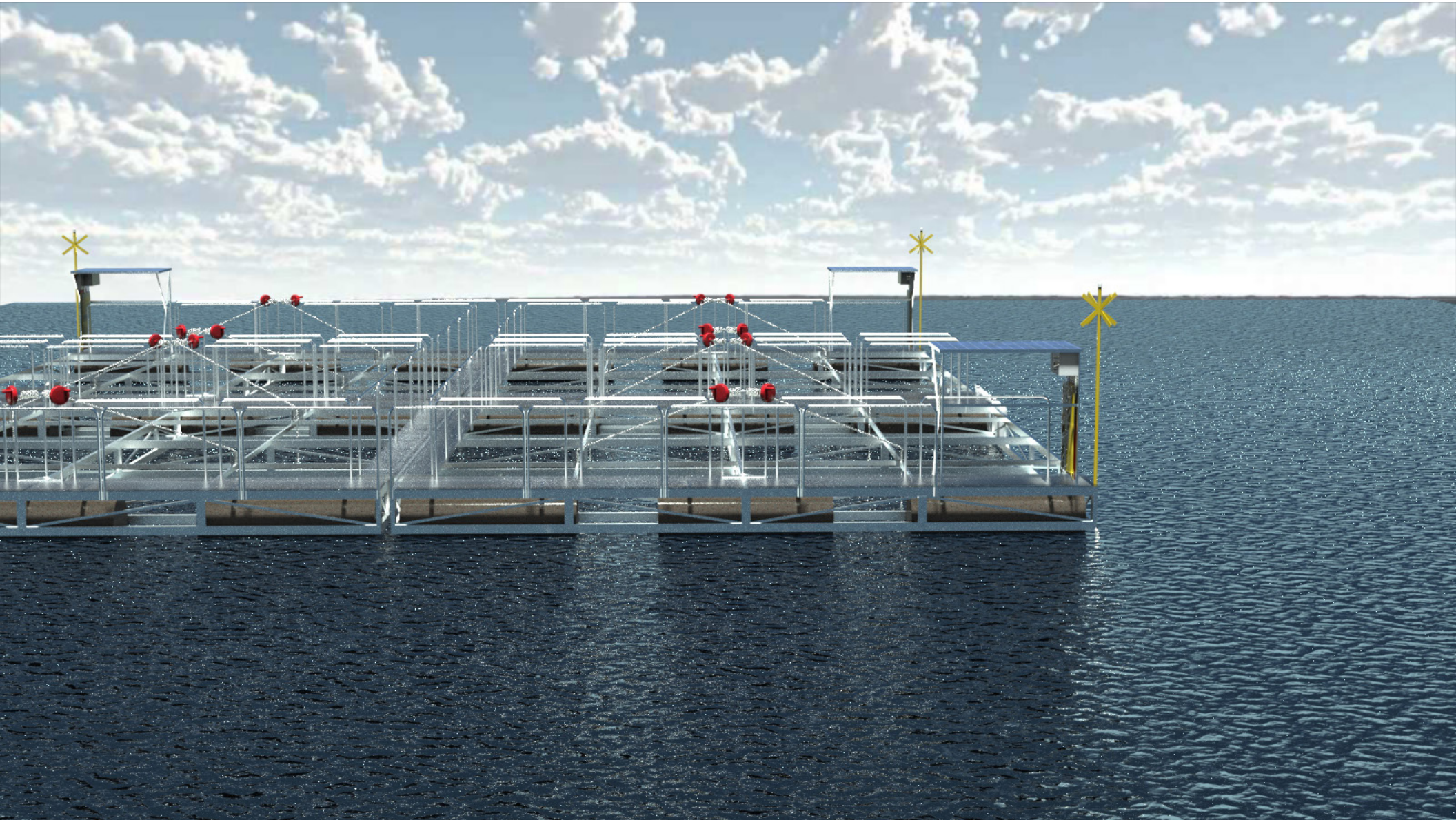


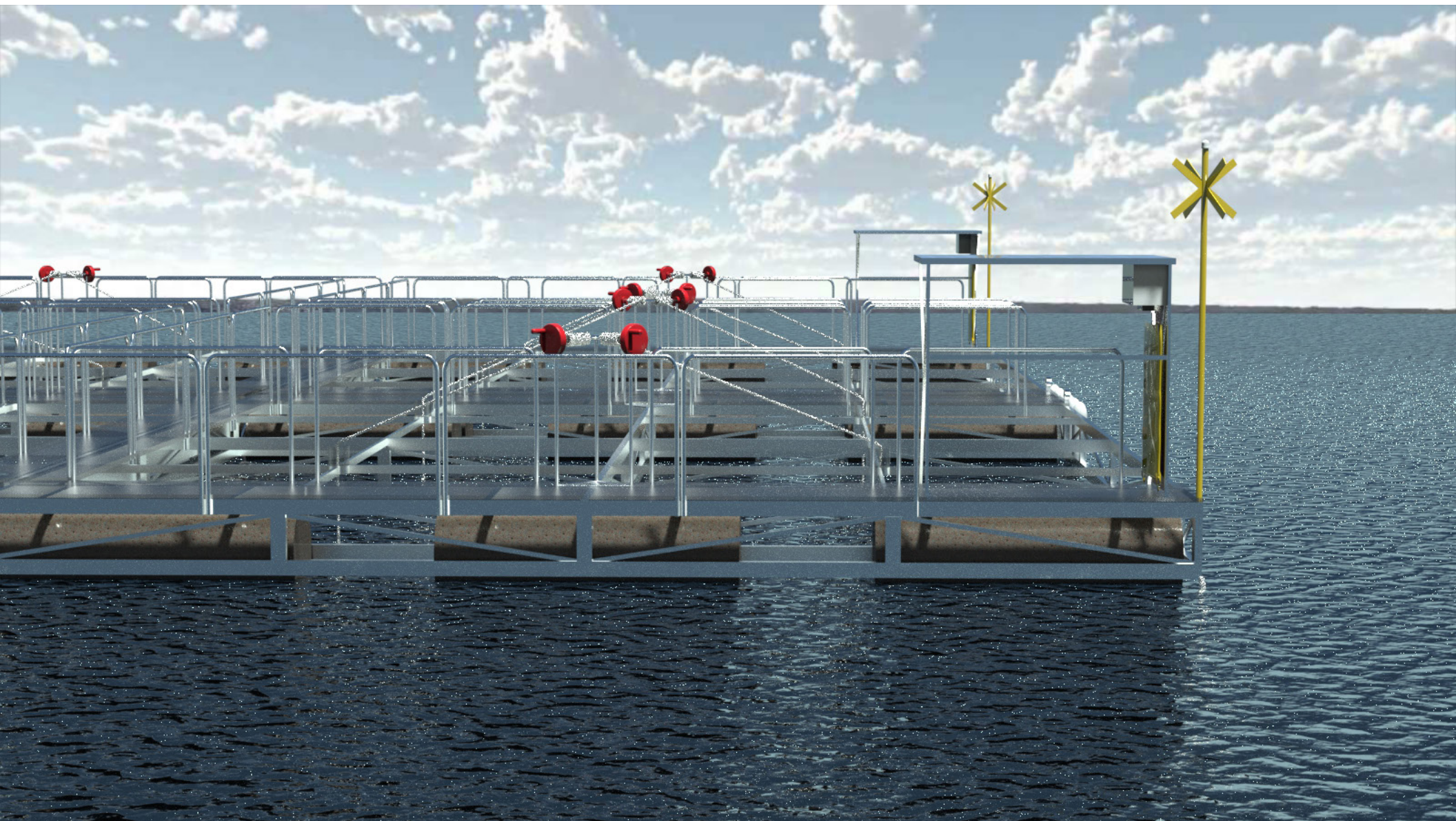
Vista Lateral

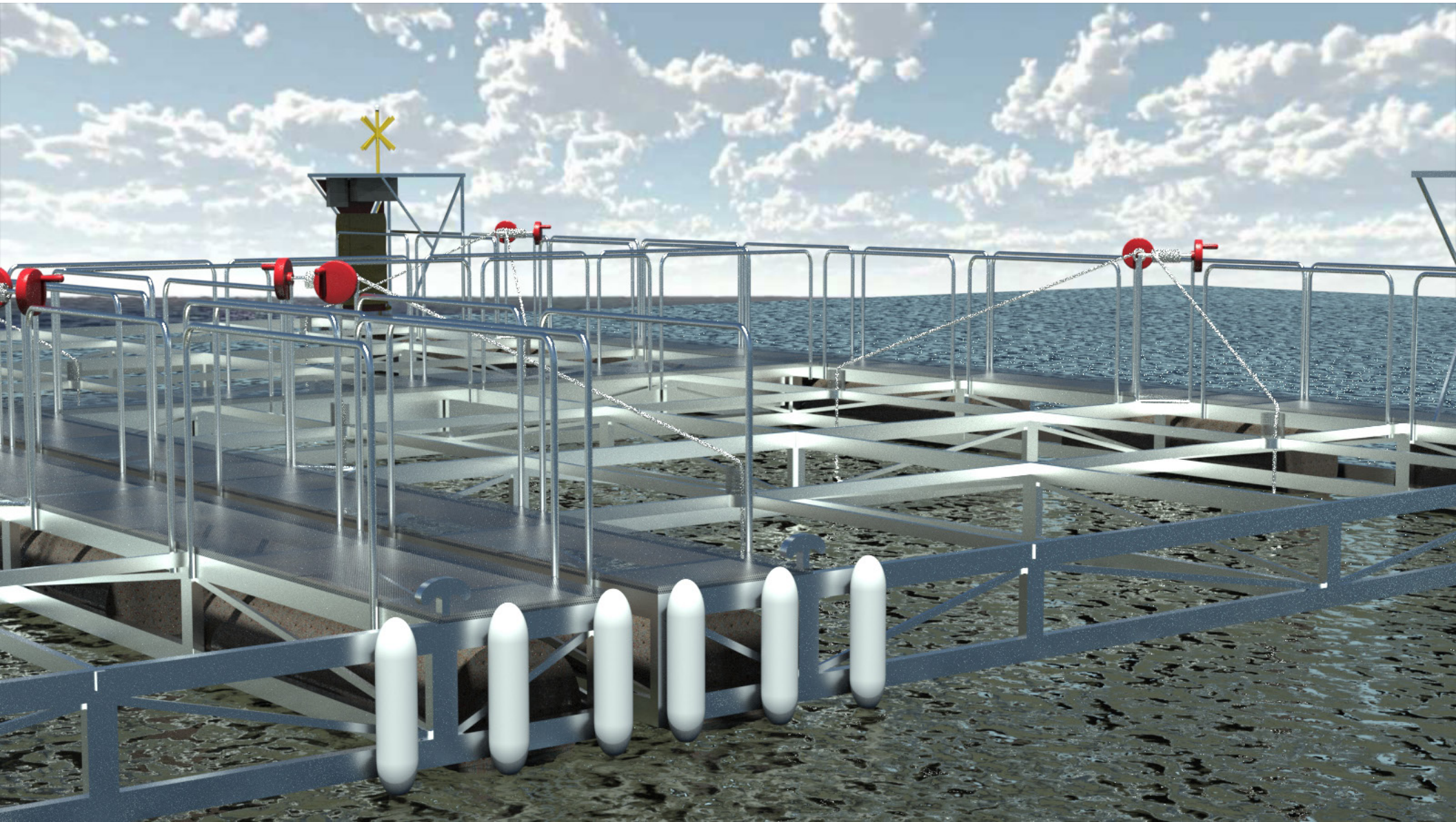




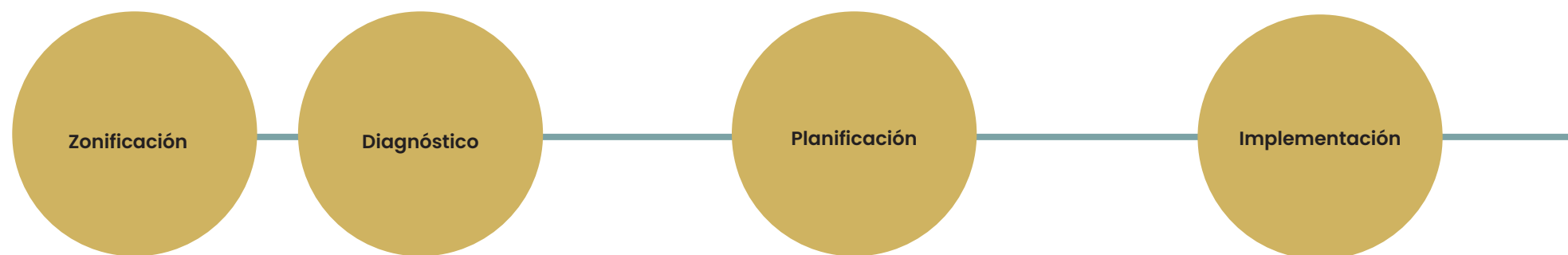








Funcionamiento General

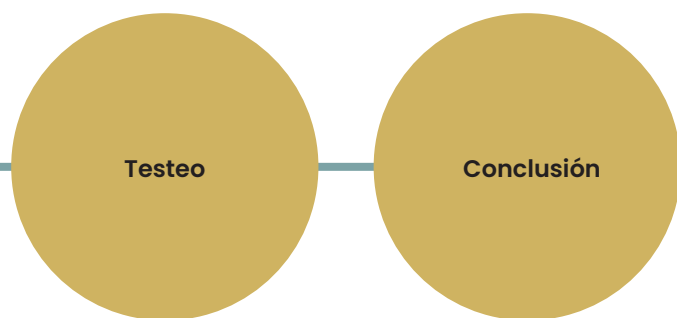


Definir una zona a restaurar en base al mapa de Oxford que señala los lugares en donde hay situaciones de Huiro desforestado.

Análisis georreferenciados in situ. Este muestreo nos permite caracterizar la situación inicial de la zona a reforestar. A modo de ejemplo, como muestra Westermeir (2019) se pueden medir el tamaño promedio de la población – por categorías – cuantificar los individuos reproductivos, la densidad promedio, la tasa de mortalidad y la tasa de crecimiento relativo.

Utilizando simulaciones, se puede estimar el tiempo promedio que el módulo lumínico debe estar funcionado. A modo de ejemplo, si el caso es muy reforestado (2 huiros por m^2 con un tamaño promedio menor a un metro) las simulaciones muestran que al cabo de 8 semanas de funcionamiento, la situación cambia a un escenario reforestado (de 4 huiros por m^2 y un tamaño promedio de 2.7 metros). En otro caso de una situación algo reforestada (3 huiros por metro cuadrado y un tamaño promedio menor a 1 metro), se tiene que al cabo de 4 semanas (1 mes) de funcionamiento del módulo la situación cambia a un escenario reforestado (de 4.5 huiros por metro cuadrado y un tamaño promedio de 1.7 metros). En base a la estimación del tiempo de funcionamiento, se solicitan permisos de concesión mencionados anteriormente para poder realizar la instalación del módulo en el sector correspondiente.

Trasladar a zonas previamente establecidas e iniciar su funcionamiento



En un periodo de una a dos semana , realizar un registro de la evolución de la reforestación. En caso de que se requiera se deben ajustar ciertos parámetros del piloto sobre la estimación.

Una vez alcanzados los objetivos, proceder al traslado a la siguiente zona del sector definida con ayuda de la comunidad costera

Cuadro 3. Cálculo de tiempo estimado según caso

Descripción del caso	Situación inicial		Situación final sin intervención		Situación final con intervención		Tiempo para alcanzar el objetivo (semanas)
	Densidad (h/m ²)	Tamaño promedio (m)	Densidad (h/m ²)	Tamaño promedio (m)	Densidad (h/m ²)	Tamaño promedio (m)	
2 huiros / metro²	2.0	0.8	1.7	1.8	4.0	2.7	8
3 huiros / metro²	3.0	0.8	2.7	1.3	4.5	1.7	6

Fuente: elaboración conjunta a Carrasco (2021)





Modelo de negocio y presupuesto

Lean Canvas

Presupuesto

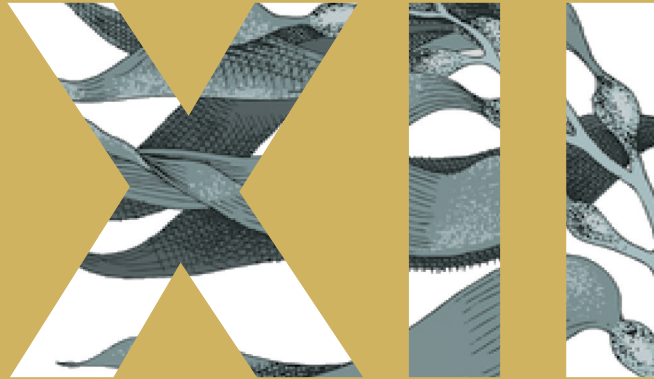
Lean Canvas

Problema	Solución	Propuesta de valor	Ventaja Competitiva	Segmento Clientes
<p>Sobreextracción de Huiro Flotador silvestre en el norte de Chile, sin embargo también se extrae a lo largo de todo Chile, donde solo el 5% del desembarque en la costa corresponde a cultivo.</p> <p>Se han tomado medidas desde el área legislativa y fiscalizadora para regular y por otro lado, desde el área científica, se enfoca en implementar el cultivo a nivel industrial para la extracción, sin embargo es necesaria la reposición acelerada de los huirales.</p>	<p>Acercar reforestación natural del huiro por medio de aumento del fotoperiodo.</p>	<p>Balsa de área lumínica submarina de "aceleradora de germinación móvil" que se desplazará por los cinturones de Huirales costeros, acelerando el proceso de reproducción y crecimiento para la reposición.</p>	<p>Técnica eficiente del uso de fotoperiodo de luz blanca como catalizador</p>	<p>1. Organizaciones medioambientales, Fundaciones y Ministerio del Medio Ambiente interesados en usar el Huiro Flotador como recurso natural para contribuir a mitigar problemas ambientales acentuados por el cambio Climático, además de protegerlo de este mismo.</p> <p>2. Usuario: sindicato de pescadores</p>
	<p>Métricas Clave</p> <p>Mayor biomasa de los bosques de huiro por la duplicación de tasa de crecimiento y de liberación de material reproductivo</p>		<p>Canales</p> <p>Por medio de concursos a fundaciones y postulaciones de fondos</p>	
<p>Estructura de Costos</p> <p>Costos de producción, gastos operacionales y sueldos administrativos.</p>			<p>Flujo de Ingresos</p> <p>Fondos concursables o Financiamiento estatal</p>	

Presupuesto

Item	Componente	Material	Dimensiones	Cantidad	Proveedor	Precio unitario (sin IVA)	Precio total (sin IVA)
A. Estructura	Principal	Perfil rectangular galvanizado	100x 50x3mm 6mts	100	Galvamaster	\$ 102.392	\$ 10.239.200
	Diagonal	Perfil rectangular galvanizado	50x30x2mm 6mts	60	Galvamaster	\$ 35.838	\$ 2.150.280
	Baranda	Perfil circular galvanizado	1 1/2"x38.1x1 6mts	24	Galvamaster	\$ 6.716	\$ 161.184
	Piso industrial	Acero galvanizado	970cm x6mts	12	Acero reseller	\$ 305.042	\$ 3.660.504
	Flotadores	Flotador rotomoldeo	200x100x60	24	Wencosur	\$ 199.000	\$ 4.776.000
B. Unión Módulos	Piso industrial	Acero galvanizado	970cm x6mts	2	Acero reseller	\$ 305.042	\$ 610.084
	Estructura soporte	Perfil rectangular galvanizado	50x30x2mm 6mts	6	Galvamaster	\$ 35.838	\$ 215.028
	Viga vertical	Perfil rectangular galvanizado	300x150x4	1	Galvamaster	\$ 192.372	\$ 192.372
	Baranda	Perfil circular galvanizado	1 1/2"x38.1x1 6mts	16	Galvamaster	\$ 6.716	\$ 107.456
C. Sistema de luz	Luces fotoperiodo	Led White Underwater Light	6500k	32	Aqua service	\$ 58.815	\$ 1.882.084
	Cuerda	Polipropileno trenzado	15mmx50mts	8	Plasticord	\$ 49.370	\$ 394.960
	Panel solar	Panel, inversor y bateria	162x99x4	4	Diacon	\$ 277.311	\$ 1.109.244
	Soporte bobinador	Tubo balvanizado	1"x25.4x1.5	4	Galvamaster	\$ 6.389	\$ 25.556
D. Anclaje	Muerto	Hormigón	400x200mm	4	Facoro	\$ 2.941	\$ 11.764
	Cadena	Acero zincado	10mmx metro	40	Fixser	\$ 9.445	\$ 377.800
	Cuerda	Polipropileno trenzado	15mmx50mts	2	Plasticord	\$ 49.370	\$ 98.740
E. Accesorios	Soporte panel	Perfil rectangular galvanizado	60x20mmx6mts	8	Galvamaster	\$ 45.540	\$ 364.320
	Cornamusa	Aluminio 12"	30x3.5x6.5cm	4	RTI	\$ 6.218	\$ 24.872
	Union modulos	Cable de acero galvanizado 6x19	1/2" x metro	5	Mamut	\$ 2.513	\$ 12.563
	Gráficas	Lienzo lateral	160x96cm	4	Harry Plotter	\$ 12.605	\$ 50.420
F. Desarrollo	Creador	Diseñador		1	Micaela Dazzarola	\$ 336.134	\$ 336.134
G. Mano de obra	F1. Fabricación	Armador soldador		1	Arnoldo Correa	\$ 378.151	\$ 378.151
						Total (sin IVA)	\$ 27.178.716
						Total (con IVA)	\$ 32.342.672





Conclusión

El problema ambiental que enfrenta el mundo es un problema tan dramático como científicamente indesmentible. Este problema se ha acelerado en los últimos años a causa de las emisiones de CO₂. Esto ha traído enormes consecuencias ambientales como la acidificación de los océanos, la pérdida de biodiversidad, entre otros.

Para enfrentar este problema, se han optado por estrategias que disminuyan la huella de carbono y aumenten los sumideros de carbono – como los acordados recientemente en la COP26. A pesar de estos esfuerzos, las emisiones globales de carbono no han disminuido y los principales sumideros de carbono han disminuido.

El rol de los sumideros de carbono es y será clave para enfrentar el problema ambiental. Los principales sumideros de carbono son los terrestres y marinos, los cuales mitigan en la misma proporción. Dentro terrestres, los bosques de árboles son los principales, mientras que en los marinos son los océanos. Una de las diferencias entre ambos sumideros está en que los terrestres secuestran CO₂ y liberan O₂ a través del proceso de la fotosíntesis, mientras que los marinos secuestran el CO₂ de la atmósfera, lo disuelven en el agua y, por medio de distintas especies del ecosistema que realizan fotosíntesis, mitigan el CO₂. Esta diferencia permite estudiar las distintas especies que realizan fotosíntesis en el ecosistema marino, pudiendo identificar agentes que podrían mitigar de una manera más eficiente. Considerando los principales agentes de mitigación, existe una macroalga – el Huiro Flotador – que una unidad de sus bosques mitiga lo mismo en un año que siete unidades de bosques de árboles en diez años. Adicionalmente, el Huiro Flotador posee múltiples beneficios medioambientales – sumidero de carbono, control de la acidificación de océanos, sustento de redes tróficas – sociales – regeneración de hábitat costero, aumento de la producción acuícola, recuperación de la pesca, – y económicos – generan valor de uso directo a través de la recolección de algas, la pesca comercial y recreativa y las actividades turísticas que apoyan .

A pesar de lo anterior, los gobiernos (como el gobierno de Chile) han basado su estrategia para enfrentar el calentamiento global a través de formas de producción más sustentables, y en aumentar los sumideros a través de la reforestación de bosques, sin considerar en su estrategia el rol de este tipo de agentes como el Huiro Flotador. A pesar de ser un gran agente natural mitigador de efectos del cambio climático, no se considera su importancia medioambiental.

Actualmente existe una gran preocupación por la desaparición de los bosques de huiro producto de la creciente deforestación – hasta ser considerado especie en sobrexplotación – por parte de los

humanos. La evidencia presentada en esta memoria muestra que en varias regiones del mundo, el nivel de disminución de los bosques de huiro ha llegado a niveles casi totales en los últimos 5 años. Por su parte, Chile se presenta como el mayor cosechador de macroalgas, representando el 40% de la cosecha mundial. Además, se sigue explotando de su fuente natural, sin incentivar el cultivo de estas. Esta dramática deforestación ha provocado fuertes consecuencias ambientales, sociales y económicas, principalmente para el entorno directo.

Ahora bien, para enfrentar el problema de deforestación han existido esfuerzos para regular la extracción - a través de leyes de extracción, periodos de veda y fiscalización. Por otro lado, en el área de biología marina se han enfocado en perfeccionar métodos de cultivos para la extracción - creciente - a través de fuentes de cultivo.

Sin embargo, el problema que aborda el proyecto Recystis es que, a pesar de los beneficios ambientales, los bosques de huiro están en una situación crítica en donde se requieren esfuerzos adicionales a su reposición natural. El nivel de sobreexplotación de los bosques silvestres de huiro ha llegado a una cantidad insuficiente tal que su capacidad de regeneración no es suficiente para la reconstrucción de su entorno. En particular, no existen medidas directas para enfrentar su forestación/reposición.

Formalmente, Recystis es un módulo flotante que genera un área lumínica para acelerar la reforestación de los bosques de huiro. Esta balsa no tripulada, combina la experiencia y el conocimiento de expertos sobre el Huiro Flotador con conocimientos estructurales lumínicos. Todo dicho conocimiento se sintetiza en una idea simple: una embarcación transportable entre huirales deforestados que a través de la luz artificial se impulsa la tasa de crecimiento y reproducción.

La estructura de Recystis, ciertamente se basa en ciertos referentes (que trazaron algunas ideas de la forma) directos del proyecto - en su estructura - como el catamarán modular adaptable y las balsas jaula - y en su aplicación - la experiencia del fotoperíodo en el cultivo de salmónidos.

Un aspecto central en la investigación del proyecto, fue el rol de la luz - en particular del fotoperíodo - en el Huiro Flotador. La evidencia presentada - de diversas publicaciones científicas - muestra que la alteración (i.e. incremento) del fotoperíodo de estas macroalgas permite, en promedio, duplicar su tasa de reproducción, así como de su tasa de crecimiento. De esta manera, la implementación de la luz artificial en el entorno natural - de manera focalizada - permitirá acelerar su forestación o reposición. De esta manera, el objetivo general que pretende el proyecto es reforestar los huirales en situación

de deforestación a través de impulsar y acelerar su capacidad de regeneración – crecimiento y reproducción – por medio de un módulo lumínico flotante que permita de la alteración del fotoperiodo cuyo elemento base es la iluminación. En base a este problema, se presentó y definió la oportunidad de diseño.

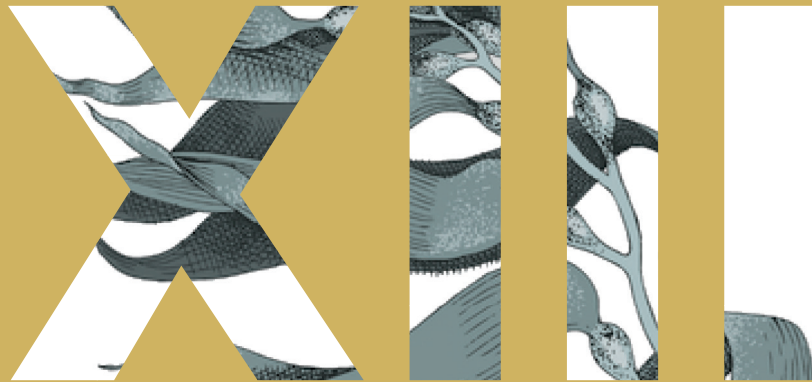
Este proyecto además cuenta con ciertos objetivos específicos. En particular, los objetivos específicos abordados en la memoria se focalizaron en dos pilares: la implementación de la luz y la implementación del módulo lumínico. De esta manera, se definieron como objetivos específicos – los cuales fueron abordados a lo largo de la memoria – la implementación y estudio de la luz artificial para la aceleración de repoblamiento de los hueros; el análisis de la tasa de aumento de la biomasa debido a la prolongación del fotoperíodo; y aspectos prácticos para el diseño de la forma – estudio de embarcación, flotabilidad, requerimientos formales establecidos, entre otros.

La función de este proyecto – basada en la problemática anterior – radica en el hecho de cómo a través del diseño impulsar y acelerar la reforestación de los bosques de huero. Actualmente, dado que las soluciones actuales (i.e. cultivos y leyes de veda) apuntan a enfrentar la extracción de huero, este proyecto permite complementar dichas soluciones abarcando un aspecto que no se ha impulsado – acelerar la reposición de los hueros.

Dentro de los usuarios directos del proyecto se determinaron las comunidades artesanales pesqueras debido a que dependen de manera económica, social y medioambiental de los recursos pesqueros. De esta manera, una reforestación acelerada de los bosques de huero afecta directamente a dichos usuarios. Adicionalmente, el desarrollo de este proyecto permite – como usuario indirecto – que centros de investigación, así como universidades, puedan registrar la población de hueros y tener un seguimiento de estas (i.e. o la realización de experimentos empíricos naturales del rol del fotoperíodo). Por último, se detallaron posibles interesados (organizaciones y fundaciones) que participan activamente en el estudio y desarrollo de los bosques de huero.

Por último, la investigación y desarrollo de esta memoria fue basada en aspectos cuantitativos – artículos científicos y entrevistas con biólogos marinos – para analizar el rol de la luz en la reforestación de estos, así como en aspectos cualitativos para la estructura del módulo. Los resultados de esta investigación – basados en simulaciones cuantitativas – muestran que a través del módulo lumínico – Recystis – permiten (dependiendo del nivel de deforestación) acelerar e impulsar la deforestación del Huero Flotador entre 3 a 8 semanas de aplicación.





Referencias Bibliográficas

- Alveal, K., Romo, H. y M. Avila. (1982). Estudio del Ciclo de Vida de *Macrocystis Pyrifera* de Isla Navarino. *Gayana Botánica* 39 (2): 1-12.
- Alveal, K. (1998). Manejo de Algas Marinas. En Alveal, K., Ferrario, M., Oliveira, E. y E. Sar (Eds.): *Manual de Métodos Ficológicos*. Ediciones Universidad de Concepción.
- Alveal, K. y T. Antezana. (2001). Sustentabilidad de la biodiversidad: un problema actual, bases científico-técnicas, teorizaciones y proyecciones. Universidad de Concepción.
- Alveal, K. (2004). *Biología Marina y oceanografía: conceptos y procesos*. Consejo Nacional del Libro y la Lectura, 2004.
- Alveal, K. (2021). Entrevista a K. Alveal acerca del Huiro Flotador, vía Zoom, septiembre 2021.
- Aqua (2017). Llegó la hora de aprovechar las algas. <https://www.aqua.cl/reportajes/cultivos-llego-la-hora-aprovechar-las-algas/>
- Banco Mundial. (2021). *PROBLUE: Healthy Oceans, Healthy Economies, and Healthy Communities*, World Bank Annual Report.
- Bennett, S., T. Wernberg, S. Connell, C. Johnson y E. Poloczanska (2015). The 'Great Southern Reef': social, ecological and economic value of Australia's neglected kelp forests. *Marine and Freshwater Research*, 67 (1): 47-56.
- Bindoff, N. (2014). Detection and attribution of climate change: from global to regional ed TF Stocker et al *Climate Change 2013. The Physical Science Basis*, 1 (3): 867-952.
- Blamey, J. y J. Bolton (2018). The economic value of South African kelp forests and temperate reefs: Past, present and future. *Journal of Marine Systems*, 18 (1): 132-64.
- Brienen, R., Phillips, O. y R. Zagt. (2015). Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, 519 (1): 344-348.
- Buschmann, A. (2021). Entrevista con A. Buschmann acerca del Huiro Flotador (vía Zoom), septiembre 2021.
- Celis, P. y K. Alveal. (2012). Development of *Macrocystis Pyrifera* from Spores and Gametes on Artificial Substrate. *Algal Production In a Sufrace Culture*. *Latin American Journal Aquat. Res*, 40 (2): 292-299.
- Centro Ideal (agosto de 2018). *Bosques de huiro, bastiones de resistencia marina en el fin del mundo*. <https://www.centroideal.cl/2019/bosques-de-huiro-bastiones-de-resistencia-marina-en-el-fin-del-mundo/>
- Christie, H., K. Norderhaug y S. Fredriksen. (2009). Macrophytes as habitat for fauna. *Marine Ecology Progress*, 396 (2): 221-33.
- Climate Watch Data. (julio de 2021). *Greenhouse Gas Emissions*. <https://www.climatewatchdata.org/>.
- Coleman, M. y T. Wernberg. (2017). Forgotten underwater forests: The key role of fucoids on Australia temperate reefs.. *Ecology and Evolution* 7 (2): 8406-8418
- Cooper Hewitt. (enero de 2020). *Nature-Cooper Hewitt Design Triennial with Cube Design Museum*. <https://www.cooperhewitt.org/channel/nature/>.
- Deely, J. y S. Hynes. (2020). Blue-green or grey, how much is the public willing to pay?. *Landsc. Urban Plan.*, 203 (2020): 103-19.
- DIRECTEMAR. (2020). *Reglamento sobre concesiones marinas*. Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.
- Eger, A., E. Marzinelli, P. Gribben y C. Johnson. (2020). Playing to the Positives: Using Synergies to Enhance Kelp Forest Restoration. *Frontiers in Marine Science*, 7 (544): 2- 16.
- EPA. (2017). *Research Impacts Report 2017*. Environmental Protection Agency.
- European Commission. (2019). *Un Pacto Verde Europeo*, Comisión Europea.
- Esteves, L. y J. Williams (2017). Managed realignment in Europe: a synthesis of methods, achievements and challenges. En M. Bilkovic, M. Mitchell, J. Toft y M. La Peyre (Eds.): *Living*

- Shorelines: The Science and Management of Nature-based Coastal Protection, CRC Press/Taylor & Francis Group (2017).
- Fala, F., M. Velásquez, A. Mansilla y E. Macaya. (2016). Latitudinal and seasonal effects on short-term acclimation of floating kelp species from the South-East Pacific. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 483 (2016): 31-41
- Filbee, K. y T. Wernberg. (2019). Missing the marine forest for the trees. *Marine Ecology Progress*, 612 (2): 209-15
- Filbee, K. y T. Wernberg. (2020). Substantial blue carbon in overlooked Australian kelp forests. *Sci. Rep*, 10 (2): 123-41.
- Galen, A., Fray, R., Eddebbbar, Y., Gloege, L. y N. Lovenduski. (2020). External Forcing Explains Recent Decadal Variability of the Ocean Carbon Sink. *AGU Advances*, 1 (2): 1-10.
- Gática, J. (2021). Entrevista a J. Gática acerca de la estructura y señalización marítima, vía Zoom. Noviembre 2021.
- Ghofrani, Z., V. Sposito y R. Faggian. A comprehensive review of blue-green infrastructure concepts. *International Journal of Environmental Sustainability*, 6 (1): 15-36.
- Gillett, N., Arora, V., Flato, G., Scinocca, J. y K. von Salzen. (2012). Improved Constraints on 21st-Century Warming derived using 160 years of Temperature Observations. *Geophysical Research Letters*, 39 (1): 1-5.
- Graham, M. (2004). Effects of local deforestation on the diversity and structure of southern California giant kelp forest food webs. *Ecosystems*, 7 (3): 341-57.
- Gonzalez, C., M. Edding, F. Tala, R. Torres y P. Manríquez (2021). Exposure time modulates the effects of climate change-related stressors on fertile sporophytes and early-life stage performance of a habitat-forming kelp species. *Environmental Pollution*, 281 (1): 117 – 224.
- Gundersen, H., T. Bryan y W. Chen. (2016). Ecosystem Services in the Coastal Zone of the Nordic Countries. Report for Nordic Council of Ministers.
- Han, T. y J. Kain. (1996) Effect of photon irradiance and photoperiod on young sporophytes of four species of the Laminariales. *European Journal of Phycology*, 31(3): 233-240.
- Hegeri, C. (2019). Causes of Climate Over the Historical Record. *Environmental Research Letters*, 14(1): 1-25.
- Henríquez, L. (2021). Entrevista con L. Henríquez acerca del Huiro Flotador (vía Zoom), septiembre 2021.
- Hinojosa, I., E. Rothausler, I. Gómez y U. Karsten. (2014). Physiological performance of floating giant kelp *Macrocystis pyrifera* (phaeophyceae): Latitudinal variability in the effects of temperature and grazing. *Journal of Phycology*, 47 (2): 269-81.
- Hynes, S., W. Chen., K. Vondolia, C. Armstrong y E. Connor. (2021). Valuing the ecosystem service benefits from kelp forest restoration: A choice experiment from Norway. *Ecological Economics*, 179 (2019): 106833.
- Krumhansl, K. y R. Scheibling. (2012). Production and fate of kelp detritus. *Marine Ecology Progress*, 467 (2): 281-302
- IFOP. (2019). Cultivo de macroalgas: diversificación de la acuicultura de pequeña escala en Chile. Instituto de Fomento Pesquero.
- IPCC. (2020). Special Report on Climate Change and Land. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2021). Sixth Assessment Report (Nr. 6). Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Johnson, C. y P. Stort. (2011). Climate change cascades: Shifts in oceanography, species' ranges and subtidal marine community dynamics in eastern Tasmania. *Journal Experimental Marine Biology*, 400(1):17-32.
- Jones, G., Stott, P. y N. Christidis. (2013). Attribution of observed historical near-surface temperature variations to anthropogenic and natural causes using CMIP5 simulations. *Journal of Geophysical*

Research, 1 (5): 711-733.

Kiyomoto, S., Tagawa, M., Nakamura, Y., Horii, T., Watanabe y S., Tozawa .(2013). Decrease of abalone resources with disappearance of macroalgal beds around the Ojika Islands, Nagasaki, southwestern Japan. *J. Shellfish, Res.* 32 (1), 51-59.

Krause-Jensen, D. y C. Duarte. (2016). Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nature Geosci*, 9 (1): 737 - 742.

Krumhansl, K., K. Daniel, L. Okamoto, A. Rassweiler y M. Novak. (2016). Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *PNAS*, 113 (48): 13785-90.

Ladera Sur .(2017). Deforestación submarina: el problemático negocio del huiro en Atacama. www.laderasur.com/articulo/desforestacion-submarina-el-problematico-negocio-del-huiro-en-atacama/

Layton, C., A. Coleman, E. Marzinelli, P. Steinberg, S. Swearer, A. Vergés, T. Wernberg y C. Johnson. (2020). Kelp forest restoration in Australia. *Frontier Marine Science*, 19 (2): 143-56.

Le Quéré, C., Korsbakken, J., Wilson, C., Tosun, J., Andrew, R., Andres, R., Canadell, J., Jordan, A., Peters, G. y D. van Vuuren. (2019). Drivers of declining CO2 emissions in 18 developed economies. *Nature Climate Change*, 9 (2): 213-217.

Le Quéré, C., Peters, G., Friedlingstein, P., Andrew, R., Canadell, J., Davis, S., Jackson, R. y M. Jones. (2020). Fossil CO2 emissions in the post-COVID-19 era. *Nature Climate Change*, 11 (2): 197-199.

Ling, S. y J. Keane .(2018). Resurvey of the longspined sea urchin (*Centrostephanus rodgersii*) and associated barren reef in Tasmania. En: *Institute for Marine and Antarctic Studies*, Hobart: University of Tasmania.

Lovas, S. y A. Torum. (2001). Effect of the kelp *Laminaria hyperborea* upon sand dune erosion and water particle velocities. *Coast. Eng.*, 44 (2): 37-63.

Luisetti, T., R. Turner, I. Bateman, S. Morse, C. Adams y L. Fonseca. (2011). Coastal and marine ecosystem services valuation for policy and management: managed realignment case studies in England. *Ocean Coastal Management*, 54 (3): 212-24.

Mancilla, A. y K. Alveal (2004). Generalidades sobre las macroalgas. En Mancilla, A. y K. Alveal (Eds.): *Manual de Macroalgas*. Ediciones Universidad de Concepción.

Mann, K. (1973). Seaweeds: their productivity and strategy for growth. *Science*, 182 (4116): 975-81.

Marques, R., S. Cruz, R. Calado y H. Abreu. (2020). Effects of photoperiod and light spectra on growth and pigment composition of the green macroalga. *Journal of Applied Phycology*, 33 (1):

471-80.

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Resumen del Estado del Medio Ambiente para la Ciudadanía. Gobierno de Chile.

Mundo acuícola .(2020). Alerta por dramática deforestación de bosques de macroalgas en el norte y centro de Chile. www.mundoacuicola.cl/new/alerta-por-dramatica-deforestacion-de-bosques-de-macroalgas-en-el-norte-y-centro-de-chile/

Norderhaug, K., H. Christie, J. Fosså y S. Fredriksen. (2005). Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. *Journal of Marine Biology*, 85 (3): 1279-86.

National Geographic. (2020). Carbon Sources and Sinks. Encyclopedic, Resource Library, National Geographic.

Pascual, U., R. Muradian, L. Brander, E. Gómez-Baggethun y M. Martín-López. (2020). The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. En P. Kumar (Ed.), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) Ecological and Economic Foundations*, Earthscan, London and Washington (2010).

Pendleton, L. (2010). Measuring and monitoring the economic effects of habitat restoration: a summary of a NOAA blue ribbon panel. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Restore America's Estuaries, and National

- Oceanic and Atmospheric Administration, 2010.
- Paúl, A. (2021). Entrevista a A. Paúl acerca de la flotabilidad, vía Zoom y presencial. Septiembre 2021.
- Sala, E., Boudouresque, C. F., y M. Harmelin. (1998). Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos*, 82 (1): 425–439.
- SERNAPESCA. (2020). Informe Estado Annual Cuotas Sector Artesanal e Industria. Servicio Nacional de Pesca.
- SUBPESCA. (2020). Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura. Subsecretaría de Pesca.
- Smale, D., M. Burrows, A. Evans, N. King, A. Yunnice y P. Moore. (2016). Linking environmental variables with regional-scale variability in ecological structure and standing stock of carbon within kelp forests in the United Kingdom. *Marine Ecology Progress, 542* (3): 79–95.
- Teagle, H., S. Hawkins, P. Moore y D. Smale (2017). The role of kelp species as biogenic habitat formers in coastal marine ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology*, 492 (3): 81–98.
- Our World in Data. (2021). Emissions by sector. <https://ourworldindata.org/>
- United Nations. (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations.
- Rogers-Bennet, L. y C. Catton. (2019). Marine heat wave and multiple stressors tip bull kelp forest to sea urchin barrens. *Scientific Reports*, 9 (15): 12–25.
- Schmidt-Hebbel, K. (2020). La transición energética de Chile. *Columnas de Puño y Letra, El Mercurio* 2020.
- Steffen, W., K. Richardson, S. Cornell, I. Fetzer, R. Biggs y S. Carpentter. (2020). Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347 (6223): 1–11.
- Thibout, T., X. Torres, S. Pinedo y E. Ballesteros. (2005). Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Alberes coast (France, North-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 50 (12): 1472–89.
- Vásquez, J., S. Zuñiga, F. Tala, N. Piaget, D. Rodríguez y J. Vega (2014). "Economic evaluation of kelp forest in northern Chile: values of good and service of the ecosystem," *Journal of Applied Phycology*, 26 (2): 1081–88.
- Wahidin, S., A. Idris y S. Raehana. (2013). The influence of light intensity and photoperiod on the growth and lipid content of microalgae *Nannochloropsis* sp. *Bioresour Technology*, 7 (3): 7–11.
- WEF. (2018). The Global Competitiveness Report 2018. World Economic Forum.
- Westermeir, R. (2012). Repoblamiento de *Macrocystis* en la Región de Atacama. Gobierno Regional de Atacama (FIC) y Universidad Austral de Chile, Informe final del proyecto Convocatoria FIC.
- Wernberg, T., Krumhansl, K., Filbee-Dexter, K., y M. Pedersen. Status and Trends for the World's Kelp Forest. En C. Sheppard (Ed.), *World Seas: An Environmental Evaluation: Ecological Issues and Environmental Impacts* (2 ed., Vol. 3, pp. 57 – 78). Academic Press.
- Wiencke, C. y K. Bischof. (2012). *Seaweed Biology: Novel Insights into Ecophysiology, Ecology and Utilization*. Springer Link.
- World Bank. (2021). PROBLUE Annual Report on Healthy Oceans, Economies and Communities. The World Bank.
- WRI. (2021). Annual Report – Reckoning and Recovery: Working Toward a More Equitable and Sustainable Future. World Resources Institute.
- WWF. (2020). The Living Planet Report 2020. World Wildlife Fund.
- WWF. (2021). *Clima, Naturaleza, y un futuro con 1.5°: Una síntesis de los informes del IPCC e IPBES*. WWF International.





Anexos

Entrevista Alejandro Bushmann

La fotosíntesis, tiene un máximo de aprovechamiento de la luz (al aumentar la luz, no la van a tomar todo)

Aumentar El fotoperiodo (aumentar el día) induciría la reproducción y la macrocystis esta productiva todo el año pero aumenta en Primavera- verano

Dos tipos de crecimiento según norte y sur:

Sur: el alga se va reproduciendo según liberación de esporas: acá si es un problema limitante la luz Norte: el alga se extiende por su disco de edificación, produciendo otra alga.

La luz es difusa (llega por todos lados) y tiene poca tramitancia (escasa penetración en distancia) bajo el mar, sin embargo para aspectos de la reproducción no es necesaria , porque tiene que ver con el reloj.

La luz "PAR"(radiación fotosinteticamente radiactiva) es una forma de medir luz, mide cuanta energía esta llegando con respecto a todo el espectro de luz con distintas longitudes de onda y cual es usado para la fotosíntesis (asociado a la fotosíntesis). Dicho de otra manera y más precisa PAR: son la cantidad de votones que están llegando y pueden activar y producir un micromol de oxígeno (resultado o desecho de mediación de fotosíntesis)

La luz incandecente por ejemplo produce mucho infrarojo (poca luz y mucho calor) poco espectro electromagnético del azul y eso por lo tanto solo cubre un espectro menos energético que puede ser utilizado para fotosíntesis, le falta la luces verdes y azul . Por tanto es mucho mejor tubos fluorescentes de luz blanca, porque tiene todo el espectro (todos los colores) entonces es más semejante a la radiación solar y así los azules tienen mayor energía en la profundidad para hacer fotosíntesis, porque alcanzan mayor longitud de onda.

Es difícil llevar tubos fluorescentes, pero los LED es perfecta solución. Porque son pequeñitos y posible de colocar en una barra y ponerlos de forma submarina y tiene que, ojalá, llevar el espectro lumínico de luz blanca para mayor efecto.

Hay estudios de fotoperiodo de laboratorio, sin embargo no en el mar para inducir la reproducción. Hay otros métodos no probados en Huiro flotador pero si en otros, que es hacer un corte/orificio/sacabocado en las frondas no fértiles en la zona de crecimiento de la laminas , para transformalas en reproductivos (inducir fertilidad) porque la zona de crecimiento manda una señal química que esta creciendo muy fuerte y no me hago fértil entonces me tengo que estar dividiendo y el hoyito ayuda a ese proceso en otras plantas. (son estudios de laboratorio).

Alargar los días de invierno así ya para primavera, tener plántulas para crecer más y ser reproductivas antes , lo que además aceleraría el crecimiento. El otro factor para que sea efectivo depende de la densidad de los adultos , si a la macrocystis se le corta el dosel que está en la parte de la superficie

(cubierta) para mayor reclutamiento. Esto también aumentaría la probabilidad que las plántulas chicas que se acentarían , llegarían a ser adultas.

Hay datos que las macrocystis, casi el 25% de lo que producen por fotosíntesis lo exudan en materia orgánica (polisacarido, azúcar) que quedan disueltos en el agua y eso es comida para bacterias y hongos que tiene fuente nutritiva y también la parte de la punta de la lámina se empieza a oradar , que es la parte mas vieja de la lámina (porque crecen desde la parte de atrás y se alargan como cinta). Al oradarse , al tirar partículas, son importantes para una serie de organismos bentónicos como erizos, pepinos de mar, cholgas, cualquier filtrador; así que ese montón de algas son un exportador neto de carbono y por lo tanto son una fuente de energía/nutritiva a un espacio mucho más grande por corrientes, es decir va a ser alimento en un radio mucho mayor que es espacio físico para otras especies (problema de las corrientes marinas es que habría que estudiar muy bien las corrientes para saber a donde va)

Las corrientes a diferencia del viento : no hay una dirección predominante por la gravedad de la tierra y luna. Cada 6 horas cambia la marea, por ende de las corrientes. También influye la morfología de la marea y los vientos horas después van a meter un ruido en el mar que va a cambiar las corrientes.

Las frondas reproductivas empiezan a soltar después de 4/5 meses, después del metro de altura.

Porque el fotoperiodo altera en especial la reproducción ?? porque el fotoperiodo puede ser una señal de baja intensidad de luz (por ejemplo, puede recibir luz de la luna y eso lo puede detectar y no es una energía para crecer y hacer fotosíntesis, pero si capta la señal los "genes de reloj" , lo que gatilla una señal chiquitita para reproducirse (ciertos metabolismos empiecen a andar , pasar de día corto a día largo , desencadena que sean reproductiva. Yo le puedo dar 24/7 luz y no hay problema (no conoce que lo hayan hecho eso con la macrocystis en el mar) pero en laboratorio si.

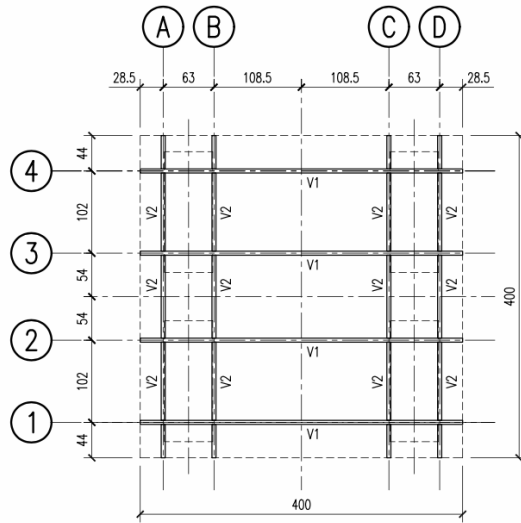
Estrategia de reproducción : liberar mucho material reproductivo , pero llegan poco a su maduración adulta.

Datos : se esporas producidas por metro cuadrado de algas (de 3-5 de algas) entre $2,4 \cdot 10^9$ (miles de millones)....los que crecían esas 2.7 a $15 \cdot 10^5$ (osea 1 de cada 10.000).... de esas plantulitas chicas de milímetros , del 100% logran llegar a tamaño adulto el 16% (pasan de 150 a 25 a 30)

Lo otro investigado, para que se asienten las plantulitas es limpiando el fondo, dejando solo los animales, es decir limpiar algas.

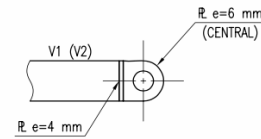
En Chile son 3 a 4 hueros flotadores en metro cuadrado y son de mayor densidad pero máximo 10 metros de altura (excepción canal Beagle)

Propuesta estructural módulos por Pedro Palominos

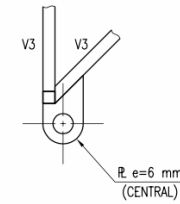


CUADRO DE PERFILES

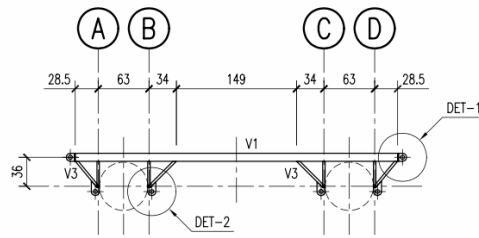
V1	□ 100x100x3
V2	□ 100x 50x3
V3	□ 30x 30x3



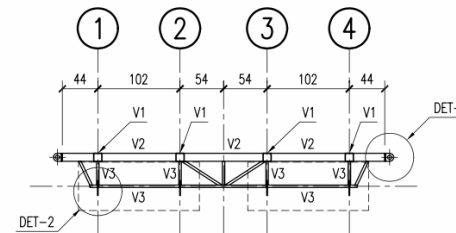
DETALLE 1
ESC. 1:10



DETALLE 2
ESC. 1:10



ELEVACION EJE 1
ESC. 1:50



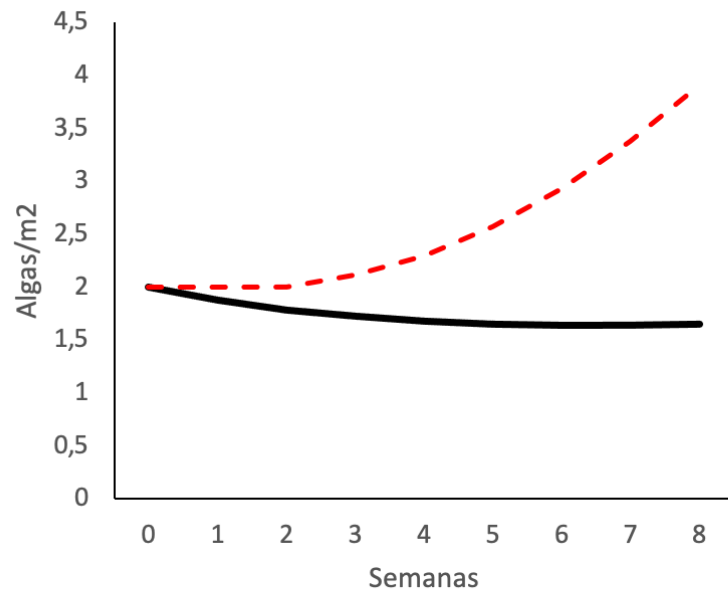
ELEVACION EJE A
ESC. 1:50

Gráficos de Proyección de crecimiento y reproducción (fotoperíodo 16:8) por Martín Carrasco

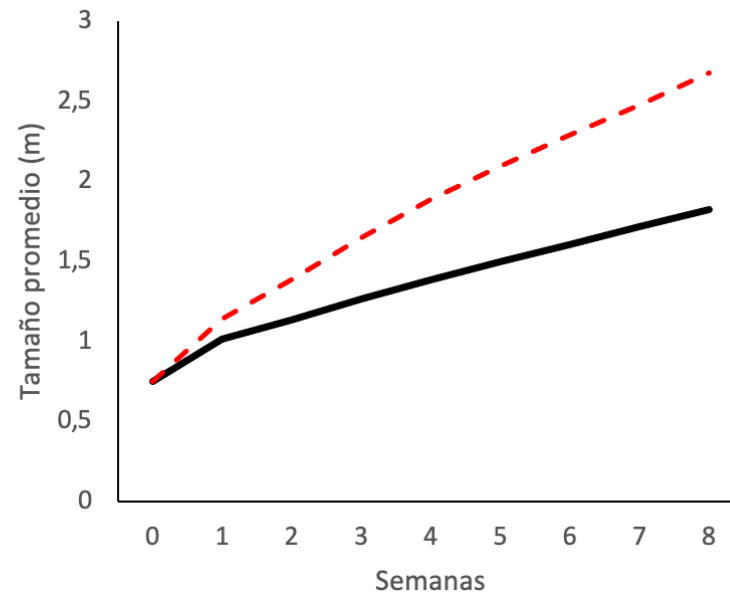
Para la realización de la simulación por medio de MATLAB, se realizaron los siguientes pasos:

- Recopilación de información histórica acerca de la composición de bosques de huiro – tamaño promedio, proporción de tamaños, tasa de crecimiento y tasa de reproducción – para el caso de estudio en base a Westermeir (2019).
- Se realizó un emparejamiento de dichos momentos (características) en el programa de simulación.
- Se realizó un análisis contrafactual entre un caso con intervención. Dichos análisis están basados en la evidencia empírica acerca del efecto de la luz en la tasa de crecimiento y reproducción de las algas (Westermeir, 2019; Marques et al., 2020)..
- Se plantearon dos escenarios críticos en base a Buschmann (2021): situación “desforestada” y “situación algo forestada”.
- Utilizando ecuaciones de crecimiento, acumulación de stocks para el caso de reforestación vegetal se procedió a simular el efecto de la intervención.

Caso 1 : Crítico (Periodo de implementación: 6 semanas)

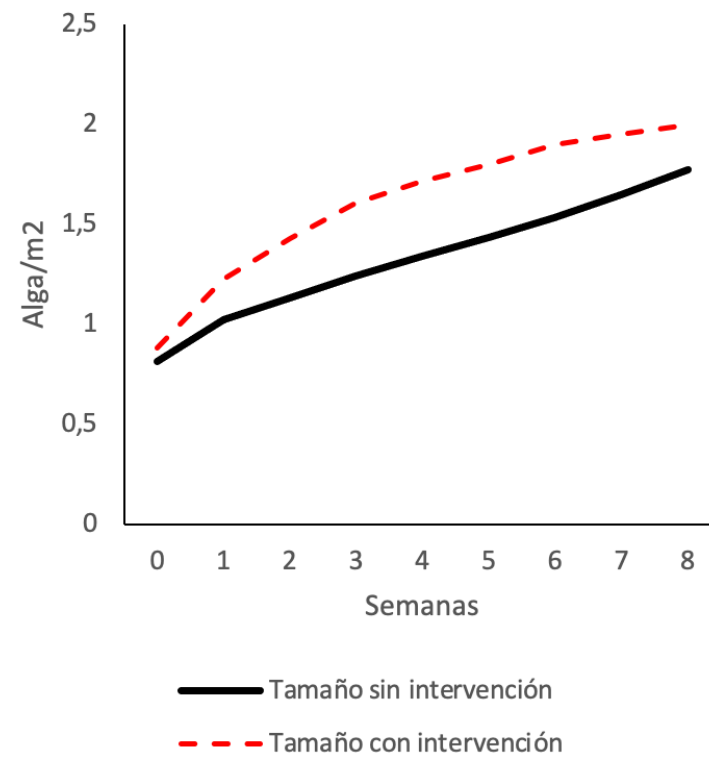
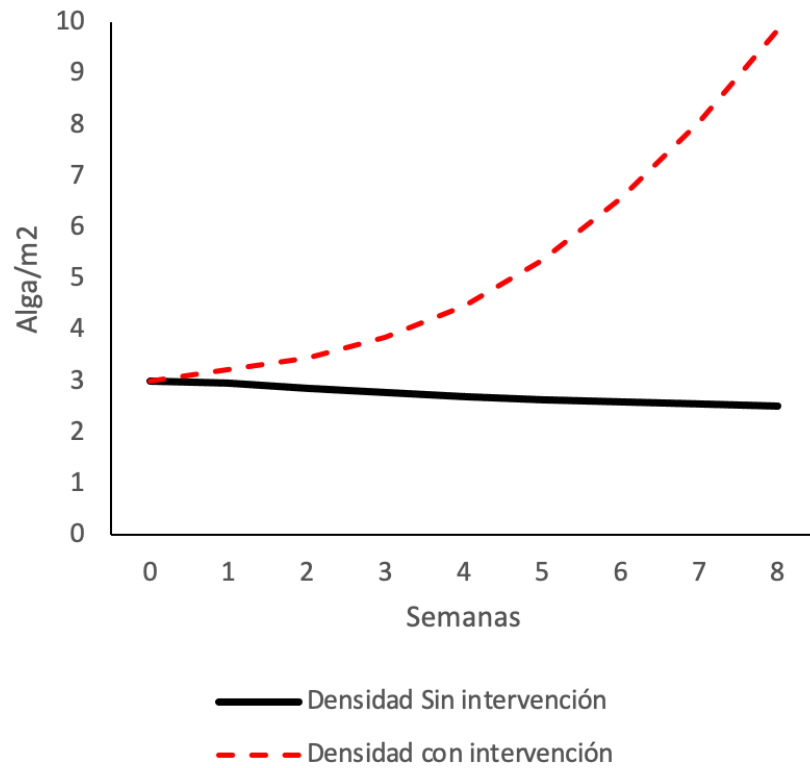


— Densidad Sin intervención
- - - Densidad con intervención

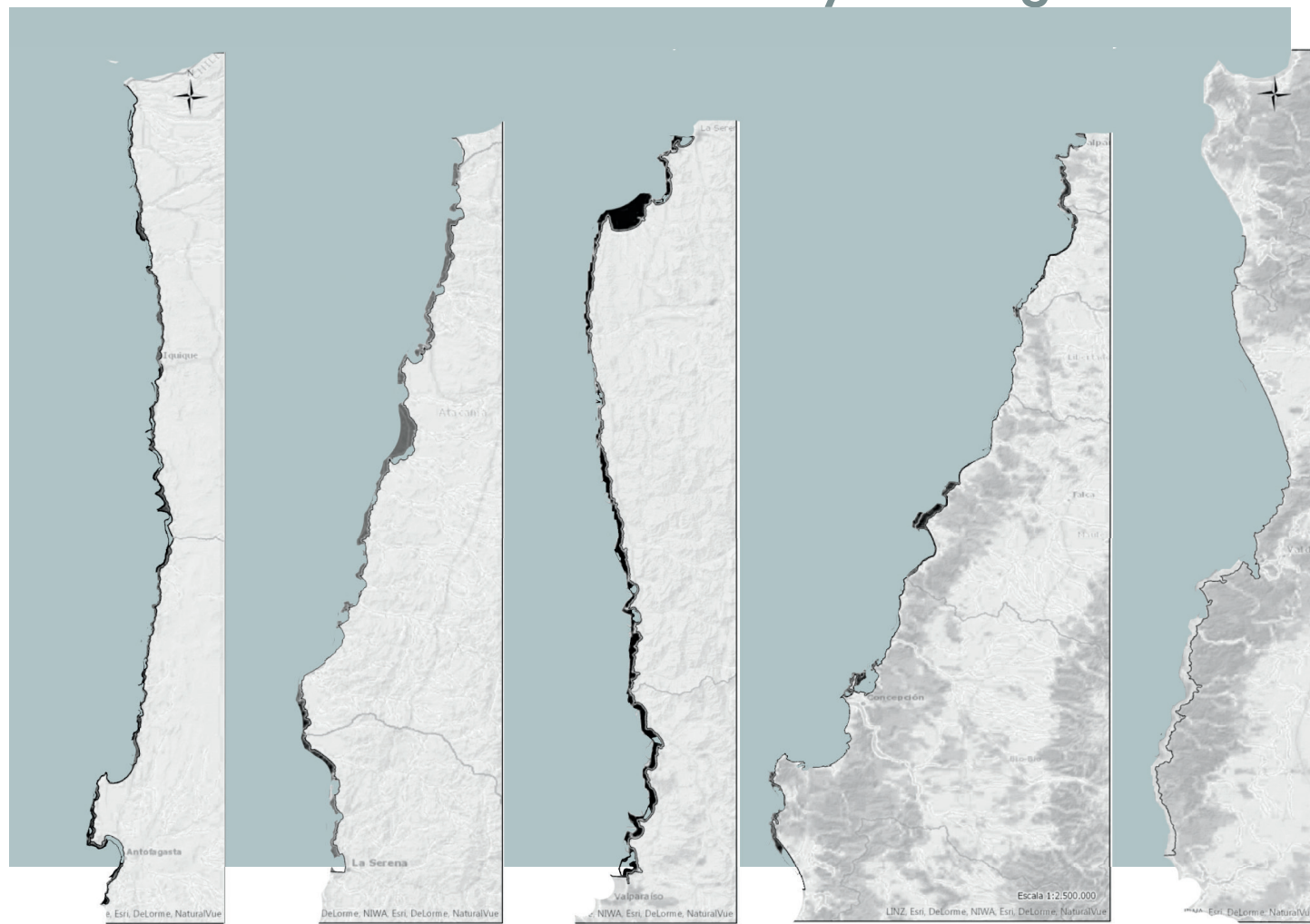


— Tamaño sin intervención
- - - Tamaño con intervención

Caso 2: Menos Crítico (Período de implementación: 3 semanas)



Mapa Chile con sectores sustrato duro y arena gruesa



Fuente: Elaboración propia en base a MMA (2019)

