INFORME FINAL

Contratación de un servicio de consultoría para la implementación de cultivo de algas marinas en el Sector B, perteneciente al Sindicato de la Caleta Río Seco

PROYECTO 2015-63-FAP-19/ MARZO 2017

INFORME FINAL

Contratación de un servicio de consultoría para la implementación de cultivo de algas marinas en el Sector B, perteneciente al Sindicato de la Caleta Río Seco

PROYECTO 2015-63-FAP-19 / Marzo 2017

REQUIRENTE
FONDO DE ADMINISTRACION PESQUERA, FAP

Subsecretario de Pesca y Acuicultura
Paolo Trejo Carmona

EJECUTOR
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

Jefe División Investigación en Acuicultura
Leonardo Guzmán Méndez

JEFE DE PROYECTO
Sandra Saavedra Muñoz

AUTORES
Sebastián Cook Alvarado
Francisco Galleguillos Foix
Helmo Pérez Aguilera
Sandra Saavedra Muñoz

ÍNDICE GENERAL

Página

ÍNDICE GENERAL ---------- **3**
RESUMEN EJECUTIVO ---------- **5**
ÍNDICE DE FIGURAS ---------- **8**
ÍNDICE DE TABLAS ---------- **10**
ÍNDICE DE ANEXOS ---------- **11**

1. ANTECEDENTES ---------- **12**

2. OBJETIVOS ---------- **16**
2.1 Objetivo general ---------- 16
2.2 Objetivos específicos ---------- 16

3. METODOLOGÍA ---------- **17**

3.1 Objetivo específico Nº1 *Realizar los trámites de solicitud de cultivo experimental en área de manejo y obtención de los permisos sectoriales requeridos, principalmente para Pelillo, chicoria de mar y algas pardas.* ---------- 17

3.2 Objetivo específico Nº2. *Adquisición de materiales para el desarrollo del cultivo experimental, privilegiando al Pelillo y chicoria de mar.* ---------- 18

3.3 Objetivo específico Nº3. *Realizar las gestiones para el suministro de plántulas, con los diferentes centros de cultivo para ser implementado en el sistema de cultivo, según objetivo 2.* ---------- *19*

3.4 Objetivo específico Nº4. *Diseñar y preparar la instalación de cultivos en el área de estudio, según objetivo 2.* ---------- 21

3.5 Objetivo específico N°5. *Analizar y evaluar el desarrollo del cultivo experimental en el área de estudio.* ---------- 24

3.6 Objetivo Especifico N°6. *Evaluación de los resultados.*---------- 26

4. RESULTADOS ---------- 27

4.1 Objetivo específico N°1. *Realizar los trámites de solicitud de cultivo experimental en área de manejo y obtención de los permisos sectoriales requeridos, principalmente para Pelillo, chicoria de mar y algas pardas.*---------- 27

4.2 Objetivo específico N°2. *Adquisición de materiales para el desarrollo del cultivo experimental, privilegiando al Pelillo y chicoria de mar* ---------- 30

4.3 Objetivo específico N°3. *Realizar las gestiones para el suministro de plántulas, con los diferentes centros de cultivo para ser implementado en el sistema de cultivo, según objetivo 2* ---------- *32*

4.4 Objetivo específico N°4. *Diseñar y preparar la instalación de cultivos en el área de estudio, según objetivo 2* ---------- 35

4.5 Objetivo específico N°5. *Analizar y evaluar el desarrollo del cultivo experimental en el área de estudio*---------- 36

4.6 Objetivo específico N°6 . *Evaluación de los resultados.*---------- 38

5. CONCLUSIONES ---------- 42

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ---------- 45

RESUMEN EJECUTIVO

Se presenta este informe como uno de los compromisos establecidos en la cláusula octava del contrato de investigación entre la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura/Fondo de Administración Pesquera y el Instituto de Fomento Pesquero. Este informe reporta los resultados de los cinco objetivos específicos definidos, al mismo tiempo da cuenta de la primera experiencia de cultivo suspendido (long line) de algas (Chicorea de mar y Huiro) en el mar, en la región de Tarapacá.

En relación al objetivo específico 1, se realizaron los trámites y se obtuvo el permiso de acuicultura en el Área de Manejo de Rio Seco Sector B, para los recursos Chicorea de mar y Huiro mediante Res. Ex. N° 2583 del 24 de agosto del 2016.
De acuerdo al nuevo decreto que regula las actividades de acuicultura en áreas de manejo (D.S. N°96) el recurso Pelillo no fue autorizado para su cultivo. Este recurso se encontraba fuera de su rango de distribución latitudinal, además de presentar presencia de banco natural en el último ESBA realizado en el área solicitada. Se realizó un estudio de banco natural que actualizaba el ESBA y que posteriormente habría permitido modificar el proyecto técnico ya aprobado e introducir Pelillo. A la fecha, no existe pronunciamiento de este estudio presentado a la SSPA en septiembre del 2016.

En relación al objetivo específico 2 se realizó la compra de todo el material necesario para la instalación de 15 líneas de cultivo suspendido (long line) más todo lo necesario para la adecuación de un área como Hatchery donde se acondicionaron las plántulas de algas antes de ser instaladas en el mar. Se realizó

un taller inicial donde se expuso el proyecto y se capacitó a los asistentes en técnicas de cultivo de algas.

En relación al objetivo específico 3 se realizaron tres alianzas que permitieron el suministro de plántulas al área de manejo. Para Chicorea de mar con la Universidad Católica del Norte y para Huiro con la Empresa Algas Chile SpA.
A pesar que Pelillo no fue cultivado, se había comprometido la participación de la Empresa Algas Marinas (Mejillones) con la donación de 80 cuerdas con algas encordadas para siembra más una visita a las instalaciones en la región de Antofagasta.

En relación al objetivo específico 4, se instalaron 15 líneas (long line) de cultivo que finalizado el estudio, el Sindicato de Rio Seco podrá utilizar para cultivar cualquier recurso que tenga inscrito en el estudio de situación base, o bien continuar con los recursos algales de este estudio. En el estudio se probó el crecimiento de Chicorea de mar y Huiro a tres profundidades diferentes: 0-2 m; 2-4 m y 4-6 m.

En relación al objetivo específico 5 la parte técnica del cultivo se ha desarrollado exitosamente, logrando demostrar el crecimiento en biomasa de dos recursos: Chicorea de mar y Huiro. En el caso de Chicorea de mar se obtienen mejores crecimientos en la profundidad 0-2 m, mientras que en Huiro en la profundidad 4-6 m.
Desde el punto de vista social la evaluación es regular. Todavía falta un nivel de apropiación y empoderamiento de la acuicultura por parte de la organización de pescadores artesanales (OPA's) que se vio reflejada en la baja participación de los socios en las actividades de terreno.

En relación al objetivo específico 6, la acuicultura de algas en la región de Tarapacá es factible; el cultivo de Chicorea de mar debe realizarse en los primeros dos metros de la columna de agua y el cultivo de Huiro entre los 4-6 m de profundidad. De acuerdo a los resultados, los periodos óptimos de cosecha en Chicorea de mar es a los 3 ó 4 meses de iniciado el cultivo. Mientras que el periodo óptimo de siembra en el mar en otoño (mayo o junio). En Huiro sólo se obtuvo un incremento promedio en biomasa de 1 kilo y de 45 cm en talla, durante dos meses de cultivo. En general, este recurso presentó una gran disminución de las plántulas al ingresar al mar producto de mortalidad natural. Se sugiere aumentar la densidad de algas por línea, aumentar el tamaño de las plántulas encordadas y/o cambiar el sistema de fijación de las plántulas a la cuerda. Además de relevar la importancia de la limpieza y mantención de líneas de cultivo.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prospección del sitio seleccionado para instalar el sistema de cultivo de algas en el Área de Manejo de Río Seco, región de Tarapacá.

Figura 2. Reuniones con socios y directiva del Sindicato Caleta Río Seco, región de Tarapacá

Figura 3. Taller con Sindicato Caleta Río Seco: presentación proyecto y capacitación sobre confección e instalación de líneas de cultivo.

Figura 4. Compra de materiales para instalación de cultivo de algas en caleta Río Seco.

Figura 5. Estanques donados por un dirigente para realizar actividades de aclimatación de plántulas en Caleta Rio Seco.

Figura 6. Adquisición e instalación de fondeos para el cultivo de algas en Caleta Río Seco, Iquique.

Figura 7. Adquisición de tecle eléctrico para el movimiento de fondeos desde el muelle a la embarcación en Caleta Rio Seco.

Figura 8. Preparación y confección de líneas de cultivo de algas en tierra, Caleta Río Seco, Iquique.

Figura 9. Estanques con aireación constante para la aclimatación de algas en Caleta Rio Seco.

Figura 10. Sala de aclimatación de plántulas de Chicorea de mar y Huiro en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 11. Instalación de líneas y fondeos para el cultivo de algas (Chicorea y Huiro) en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 12. Preparación de reinales de Chicorea de mar en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 13. Plántulas de Huiro encordadas desde hatchery empresa Algas Chile SpA., Puerto Montt.

Figura 14. Sistema de cultivo de algas implementadas en Caleta Río Seco, (A) *Chondracanthus chamissoi*-Chicorea de mar y (B) *Macrocystis pyrifera*- Huiro.

Figura 15. Sistema de cultivo Chicorea de mar (vista submarina), reinales con unidades de inoculación de Chicorea (A y B), sistema de estabilización de reinales (C) y Chicorea cultivada a 0-2 m profundidad (D) en Caleta Rio Seco.

Figura 16. Sistema de cultivo Huiro (vista submarina) en Caleta Rio Seco.

Figura 17. Incremento en biomasa de Chicorea de mar a tres profundidades durante seis meses de cultivo en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 18. Limpieza y mantención de sistema de cultivo de algas (Chicorea y Huiro) en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 19. Incremento en talla (A) y biomasa (B) de Huiro a tres profundidades durante dos meses de cultivo en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 20. Experiencia de cultivo de Huiro en Caleta Rio Seco, Iquique. (A) Crecimiento obtenido en dos meses de cultivo (B) Corte de líneas y pérdida de biomasa desde líneas madres

Figura 21. Identificación de los puntos dentro del polígono donde se realizaron mediciones de parámetros físicos con CTD en Caleta Rio Seco.

Figura 22. Caracterización del área (temperatura, oxígeno disuelto, irradiancia y clorofila a) donde se desarrolló acuicultura de Chicorea y Huiro en Caleta Rio Seco, Iquique.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Trámites para solicitar un permiso de acuicultura en área de manejo. (*) Debe o no someterse de acuerdo a Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, y el D.S: N° 40 de 2012 del Ministerio de l Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Tabla 2. Características de fondo y profundidad del área seleccionada para realizar acuicultura en Área de Manejo de Río Seco.

Tabla 3. Abundancia de *Choromytilus chorus* (Choro zapato) en sistema de cultivo de Chicorea de mar en Caleta Rio Seco.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Decreto Supremo N°96, 2015 y Decreto Supremo N°4 0, 2012.

Anexo 2. Carta Gantt presentada en Oferta Técnica.

Anexo 3. a) Solicitud de acuicultura, proyecto técnico y otros documentos presentados a la Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura, I Región. b) Modificación Proyecto técnico.

Anexo 4. Resolución Exenta N° 2583, Aprueba Proyecto técni co para desarrollar actividades de acuicultura en área de Manejo Rio Seco Sector B, I Región.

Anexo 5. Estudio de Banco Natural presentado a la SSPA para realizar actualización de ESBA con el fin de incorporar el cultivo del Pelillo que por motivos de la nueva reglamentación quedó fuera del permiso de AAMERB en Caleta Rio Seco.

Anexo 6. Asistencia Taller 1: Presentación proyecto y capacitación sobre confección e instalación de líneas de cultivo.

Anexo 7. Modificación contrato, extiende plazo de ejecución proyecto**.**

Anexo 8. Asistencia Taller Final Proyecto.

1. ANTECEDENTES

El desarrollo de la acuicultura nacional enfrenta desafíos que de ser abordados, permitirán posicionarla como un sector económico que cumpla con estándares de sustentabilidad, diversificación de la matriz productiva y ordenamiento territorial eficaz para los diferentes modelos de producción, permitiendo de este modo el acceso al ejercicio de actividades de acuicultura tanto a grandes como pequeños actores (IFOP, Informe Final FIP 2013-23). Entre los problemas y desafíos detectados, se constata la necesidad de promover la diversificación de la acuicultura chilena, la que está siendo inicialmente conducida a través de mecanismos de impulso y desarrollo hacia la Acuicultura de Pequeña Escala (APE) y Acuicultura en Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AAMERB). El impulso de este tipo de acciones permitiría disminuir la presión extractiva sobre los recursos hidrobiológicos actualmente explotados, incorporar alternativas de diversificación productiva en el campo de la pesca artesanal y finalmente mejorar los ingresos y calidad de vida de los actores involucrados, materias que son de gran preocupación para la autoridad sectorial (Subpesca, 2015). El desarrollo de acciones como la APE o AAMERB muestra grandes potencialidades, ya que por ejemplo sería capaz de proveer de alimentos de gran valor nutricional, pudiendo ser colocados principalmente en mercados nacionales, diferenciándose de esta forma de la acuicultura de gran escala desarrollada en Chile, que proporciona materia prima para industrias de transformación o bien coloca los productos fuera de los mercados nacionales.

En este sentido el cultivo de algas se perfila como una alternativa rentable, de menor inversión y complejidad que cultivos de moluscos o peces, pudiendo ser el primer paso de un escalamiento que podría ser desarrollado dentro de áreas de manejo administradas por organizaciones de pescadores artesanales (OPAS´s) y con ello diversificar una actividad pesquera que hoy enfrenta sobre-explotación en varios recursos.

Antes de cultivar algas, independiente del recurso que se trate, es necesario conocer y adecuar las técnicas del cultivo a las características propias del lugar donde se desarrollará esta actividad. En este sentido, existen diversos paquetes tecnológicos y manuales de cultivo desarrollados a nivel nacional para los tres recursos demandados en este proyecto.

El Pelillo (*Gracilaria chilensis*) ha sido descrito desde Coquimbo hasta Aysén en sustratos blandos y duros, no obstante lo anterior, siendo Gracilaria un género comercialmente importante en Chile, y cultivable desde hace más de veinte años, se han trasplantado talos desde un punto a otro del país, oscureciendo aún más el entendimiento taxonómico y los patrones de distribución de esta especie. Es así como esta especie se encuentra también presente en la península de Mejillones y en la bahía del mismo nombre (Santelices, 1989); su distribución batimétrica es desde los 0 a los 10 metros de profundidad en sectores marinos protegidos (IV y VIII región) como estuarinos (X y XI región). Se cultiva principalmente mediante propagación vegetativa en cultivos de fondo (principalmente ambientes arenosos) o en sistemas suspendidos. Para ello, por lo general, se obtienen frondas desde praderas naturales (Candia *et al*., 2009). Este método es el más utilizado, a pesar que estas algas cumplen un ciclo de vida durante el cual aportan una gran producción de biomasa. La productividad de las algas de una pradera natural o cultivada decrece con el tiempo y es inversamente proporcional a la magnitud del esfuerzo de cosecha a que es sometida, provocando un efecto de envejecimiento de las plantas. La respuesta normal a este problema es el nacimiento e integración de nuevos individuos a la pradera. Para esto, existen técnicas especiales de manejo en laboratorio, donde es posible desarrollar nuevas plantas mediante esporas, las cuales se fijan a nuevos sustratos desarrollando nuevas plantas. Este método ha sido desarrollado por la empresa Algas Marinas en Ancud y Mejillones (Rojas R., Com. Pers.).

El Pelillo, se comercializa como materia prima en la producción del ficocoloide agar. Esta alga representa uno de los mayores desembarques pesqueros y de

cultivo de algas en Chile (Gajardo *et al.,* 2007). Se explota desde hace 40 años, y su cultivo se ha masificado desde inicios de los ‘80, debido a la sobre-explotación de las poblaciones naturales.

Chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) es un recurso con alto valor comercial en Asia. Actualmente se explota en Chile para la extracción de ficocoloides y para exportación para consumo humano. Se han descrito distintos métodos de cultivo: la propagación vegetativa por la fragmentación de frondas, plántulas por obtención de esporas y por la formación de discos secundarios a partir de fragmentos (Vega, 2011). Macchiavello *et al* (2013) desarrollaron un proyecto denominado: “Acuicultura en Áreas de manejo: Una innovación para mejorar su desempeño mediante el cultivo suspendido de Chicorea de mar (*C. chamissoi*) en la Región de Antofagasta” Código 12BPCR – 16600, en el cual se elaboró un manual de cultivo de Chicoria de mar en Taltal. Este manual, destinado a pequeños acuicultores, principalmente organizaciones de pescadores artesanales, describe un procedimiento de propagación vegetativa por fragmentación de talos, los cuales deben ser mantenidos en hatcheries, que fueron creados de manera que fuesen sustentables energéticamente y además de fácil instalación y bajo costo.

Chicorea es un alga roja, que se encuentra a lo largo de nuestra costa y es popularmente utilizada como alimento humano en países asiáticos y reconocida como un alimento saludable. Habita la zona intermareal baja y submareal llegando hasta 15 metros de profundidad en bahías protegidas del oleaje. La extracción de esta especie es reconocida por ser una fuente temporal de ingresos principalmente para comunidades costeras de la III, IV y VIII regiones; sin embargo, problemas de disponibilidad de praderas, niveles de producción y calidad del producto son dificultades que tanto los pescadores artesanales y comercializadores no han podido resolver (Macchiavello *et al.,* 2013).

El Huiro (*Macrocystis pyrifera*.) es una especie utilizada para la extracción de alginatos y como alimento para abalones en cultivo. Habitan preferentemente aguas calmas y frías con temperaturas de 15ºC o inferiores; y viven fijas a fondos rocosos entre 6 a 20 m de profundidad, llegando a colonizar grandes extensiones de sustrato formando densos bosques submareales. Estos bosques poseen reconocida importancia en los ecosistemas bentónicos. Constituyen hábitat, refugio y alimento de una gran diversidad de especies de invertebrados y peces así como sustrato para otras especies de algas. Asimismo, tienen un activo rol como productores primarios y contribuyen al incremento de las tasas de sedimentación favoreciendo a que grandes cantidades de carbono sean fijados en el ecosistema (Santelices, 1989).

El éxito del cultivo de estas especies está supeditado, entre otros factores, a las condiciones del área en la cual se desarrolla (Buschmann A*. et al*., 2014). Es por esto que es importante determinar el recurso y el método de cultivo más apropiado para cada área.

Bajo esta premisa, el cultivo experimental toma un rol fundamental en el establecimiento de la acuicultura en un sector en el cual no se ha desarrollado esta actividad previamente. Es así como el Área de Manejo de Rio Seco, Sector B de la región de Tarapacá se convierte en pionero al momento de obtener el permiso AAMERB y desarrollar las actividades de cultivo de Chicorea de mar y Huiro.

La caleta Río Seco, antiguamente era considerada un importante puerto cuya principal actividad era el embarque de sal de roca. Esta caleta se ubica a 90 km. al sur de Iquique, tienen acceso mediante la Ruta A-1. Hasta el año 2003, contaba con una población permanente de 150 habitantes, de los cuales un 66% son pescadores artesanales, quienes provienen principalmente de las regiones III y IV, siendo el 34% restante un grupo de antiguos Río Secanos que desde los años 80 han vuelto a reinstalarse en esta zona. El sindicato de caleta Río Seco, fue fundado el 14 de Septiembre de 1994, y hasta el año 2003, contaba con 30 socios

inscritos, los cuales vivían en su totalidad de la actividad pesquera artesanal (Vargas *et al.,* 2003)**.**

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar a una escala piloto y en el marco de la solicitud de acuicultura experimental en área de manejo actividades de acuicultura vinculada con algas marinas en el área de manejo de Río Seco, Sector B.

2.2. Objetivos Específicos

1. Objetivo específico N°1

Realizar los trámites de solicitud de cultivo experimental en área de manejo y obtención de los permisos sectoriales requeridos, principalmente para Pelillo, Chicorea de mar y algas pardas.

2. Objetivo específico N°2

Adquisición de materiales para el desarrollo del cultivo experimental, privilegiando a Pelillo y Chicorea de mar.

3. Objetivo específico N°3

Realizar las gestiones para el suministro de plántulas, con los diferentes centros de cultivo para ser implementado en el sistema de cultivo, según objetivo 2.

4. Objetivo específico N°4

Diseñar y preparar la instalación de cultivos en el área de estudio.

5. Objetivo específico N°5

Analizar y evaluar el desarrollo del cultivo experimental en el área de estudio.

6. Objetivo específico N°6

Evaluación de los resultados.

3. METODOLOGÍA

3.1 Objetivo específico Nº 1

Realizar los trámites de solicitud de cultivo experimental en área de manejo y obtención de los permisos sectoriales requeridos, principalmente para Pelillo, Chicorea de mar y algas pardas.

Antecedentes

Unos de los desafíos del Gobierno de Chile es mejorar el acceso a la acuicultura de pequeña escala y la acuicultura en áreas de manejo, como una alternativa productiva de las comunidades costeras y de la actividad de la pesca artesanal.

Hoy en el borde costero se abre la posibilidad de desarrollar actividades de cultivo de especies hidrobiológicas, en este caso algas, con bajos niveles de inversión y sustentables en el tiempo.

Metodología

Para el desarrollo de este objetivo específico, se tramitaron las solicitudes y permisos sectoriales necesarios para el desarrollo oportuno de las actividades de acuicultura de algas (Pelillo, Chicorea de mar y Huiro) en el área de manejo Río Seco, sector B de la región de Tarapacá; de acuerdo a lo que señala el reglamento de actividades de acuicultura en áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos D.S. N°96 de 2015 (Anexo 1).

3.2 Objetivo específico N°2

Adquisición de materiales para el desarrollo del cultivo experimental, privilegiando a Pelillo y Chicorea de mar.

Antecedentes

Las características de los cultivos, varían dependiendo de la especie. Se ha documentado que la profundidad de la columna de agua tiene una importancia de primer orden en la producción de Pelillo, debido a que se manifiesta un gradiente de productividad en relación a la profundidad que se sitúa el cultivo en la columna de agua. Los estudios sugieren en general una profundidad entre 1 a 3 m, mientras que para los cultivos de cuerdas desarrollados a nivel de sustrato, la productividad óptima se obtiene a una altura de 50 cm sobre el sustrato (Westermeier, 1988). Además, la producción muestra una clara estacionalidad obteniéndose los mayores rendimientos en otoño y periodos de primavera-verano, alcanzando producciones sobre las 200 toneladas por hectárea (Westermeier, 1988; Buschmann *et al.,* 2006; Candia *et al*., 2009). Debido a lo anterior, es necesario controlar las frecuencias de las podas durante los periodos de mayor producción (Santelices, 1989; Candia *et al*., 2009). En cuanto a la frecuencia de cosecha, se recomiendan periodos de cosecha cada 3 a 4 meses dependiendo de la altura de los talos (100 cm aproximadamente), ocurriendo principalmente en otoño, primavera y principios del verano.

En cuanto a las condiciones generales de cultivo de Chicorea de mar descritos por Macchiavello *et al.,* (2013), se señalan los siguientes aspectos: las líneas de cultivo deben ser instaladas al interior de las áreas de manejo en zonas donde la ola no “quiebre” y recomendablemente en bahías o ensenadas protegidas del surweste. La profundidad mínima de instalación es de 12 m, máxima 30 m, idealmente en fondo de arena o conchilla, alejado de “bajerías” para que los fondeos trabajen bien.

En Huiro se han realizado experiencias de cultivo exitosas en el sur de Chile; Ávila *et al*., 2010 señala que después de 4 meses de cultivo en el mar se pueden

alcanzar tamaños que superan los 40 centímetros de longitud. Por otra parte, Westermeir *et al*., 2005 indica que el tiempo de cultivo en el mar es de entre 4 a 8 meses, pudiendo obtener 25 kg de huiro por metro lineal de cuerda. Buschmann *et al*., 2014 informa producciones que varían entre 14 kg m^{-1} a 80 kg m^{-1} en un periodo de seis a siete meses dependiendo las condiciones específicas de cada lugar.

Metodología

Debido a la importancia de las condiciones que debe presentar el área de cultivo, es que se realizó inicialmente un taller con los socios del sindicato, donde se informó la zona que cumple con las mejores condiciones para el desarrollo de la experiencia de cultivo. En esta instancia, se dio a conocer el diseño de la actividad experimental con la guía de los profesionales y técnico del Instituto, con el objeto de vincularlos con la experiencia. Para la determinación del diseño experimental se consideró la instalación de 15 líneas de cultivo y la evaluación de la profundidad de cultivo como variable independiente. Luego de determinar el diseño experimental, se realizó una revisión de los materiales necesarios para realizar los cultivos. Los materiales fueron cotizados y comprados de preferencia en el mercado regional dependiendo de su relación precio/calidad.
Luego de la compra, los materiales fueron llevados a la caleta para almacenarlos hasta el momento de su uso.

3.3 Objetivo específico N°3

Realizar las gestiones para el suministro de plántulas, con los diferentes centros de cultivo para ser implementado en el sistema de cultivo, según objetivo 2.

Antecedentes

En el caso de las macroalgas, la obtención de plántulas es posible realizarla mediante propagación vegetativa de algas provenientes de praderas naturales (Chicorea de mar, Pelillo) y por la obtención de cuerdas inoculadas con esporas y/o plántulas en laboratorio (Huiro, Chicorea de mar, Pelillo, Luga y Luche).

Generalmente el Pelillo se cultiva por propagación vegetativa. Principalmente en cultivos directo, en la zona norte (Araya *et al*., 2014). Sin embargo, existen otros métodos de cultivo.

En el caso de Chicorea, para un estudio de estas características lo más recomendable según Macchiavello *et al.,* (2013) sería el cultivo por reproducción vegetativa ya que tiene varias ventajas: es una estrategia que puede ser usada durante todo el año ya que no se necesitan plantas con estructuras reproductivas las cuales están disponibles sólo en cierto período de tiempo, además los discos de fijación son muy resistentes y se adaptan rápidamente al trasplante en el mar, con altas tasas de sobrevivencia. Una vez que los cultivos están instalados en el mar la formación de discos continúa sobre el sustrato, lo cual aumenta el anclaje de las algas y disminuye las pérdidas de éstas desde las unidades de cultivo producto de marejadas. Además, la nueva formación de discos en el mar produce la renovación de los cultivos con nuevas plántulas. Los autores en una experiencia de cultivo obtuvieron las algas desde praderas naturales, señalando que se debe obtener aproximadamente 10 kilos de algas mediante buceo. Luego el material se debe limpiar, separar de otras especies de algas y procurar que estén sanas. Para el cultivo, las algas deben ser estériles. Luego de la limpieza las algas se mantienen en estanques que deben estar cubiertos con malla raschel para proporcionar un 90% de sombra, esto debido a que las algas no toleran niveles muy altos de luz solar. Además las algas deben mantenerse con aireación constante y recambios de agua de mar cada 7 días. Los estanques deben ser lavados regularmente una o dos veces por semana con agua potable y detergente.

En el caso del Huiro es recomendable adquirir plántulas desde un centro de cultivo especializado. Según Ávila *et al.,* (2010), las plántulas de tamaño mayor a 2 cm pueden ser trasladadas encordadas, listas para su cultivo en sistema suspendido en el mar. Las plántulas de mayor longitud responderían de mejor manera a las condiciones ambientales, con menores niveles de mortalidad natural.

Metodología

La gestión de compra de plántulas se realizó en forma paralela mientras se solicitaba el permiso de acuicultura con la SSPA

La compra de plántulas a cultivar (Pelillo, Chicorea y Huiro) se realizó con los Hatcheries que en ese momento se encontraban en condiciones de abastecernos en forma oportuna; considerando además la experiencia comprobada de producción.

Las empresas proveedoras de plántulas para el cultivo son: Algas Marinas en el caso del abastecimiento de Pelillo, Universidad Católica del Norte para Chicorea de mar y Algas Chile Spa para Huiro.

En todos los casos, las plántulas debieron ser encordadas a una cuerda o reinal para que posteriormente fueran dispuestas en las líneas del sistema de cultivo suspendido a tres profundidades (0-2 m; 2-4 m y 4-6 m).

El transporte de estas algas desde cada centro productor se realizó bajo los estándares (temperatura y humedad) descritos en los manuales técnicos de cultivo de cada recurso y por vía aérea.

Se contempló, además, la instalación de piscinas para la aclimatación de las algas y posterior manejo. Estas piscinas contaron con aireación constante, recambio diario de agua y protección de la luz directa del sol.

3.4 Objetivo específico N°4

Diseñar y preparar la instalación de cultivos en el área de estudio.

Antecedentes

El cultivo de algas se ha desarrollado a través de diferentes métodos y técnicas, destacando el sistema suspendido con el empleo de “long-lines”, en el cual se pueden instalar diversas unidades de cultivo: colectores, pearl nets y linternas pre-cultivo.

Según la metodología propuesta por Macchiavello *et al.,* 2013 el manejo de las algas para el cultivo de Chicorea de mar es el siguiente: Las algas mantenidas en los estanques son cortadas en fragmentos de 1 a 2 centímetros de longitud con un cuchillo de hoja nueva o desgarrados manualmente. Los fragmentos de algas se mantienen en estanques y deben contar con aireación constante, recambios de agua de mar cada 7 días y malla raschel (90%) sobre los estanques como una forma de filtrar la radiación solar. Los fragmentos de alga son fijados uno a uno en el sustrato artificial (sustrato hortofrutícola) con la ayuda de un tubo de PVC para facilitar el proceso. En la experiencia descrita por Macchiavello se utilizaron 2,5 g de alga por metro lineal de malla. Las mallas miden aproximadamente 60 cm y son amarradas a los reinales (cabos de 12 mm). Según los autores, los reinales más exitosos en la producción de biomasa son aquellos con una mayor densidad de alga (20 mallas por metro lineal de reinal). Señalan, que el movimiento de las mallas permite una mayor limpieza de las frondas evitando el asentamiento de epífitas y fouling. Cada reinal debe tener un estabilizador (una piedra o roca pequeña) amarrada en uno de sus extremos, esto, para proporcionar un peso que permita que el reinal no flote y se mantenga tenso una vez instalado en el mar.

En el caso del Huiro, Ávila *et al.,* (2010), describe dos tipos de obtención de plántulas: una por siembra directa de esporofitos en cabos y la generación de plántulas a través de cultivo suspendido. En este último tipo, las algas son puestas en la línea madre cada 25-30 cm., dispuestas en forma horizontal en un cabo de mayor diámetro que es destorcido para pasar el disco de fijación entre las hebras. Dicho cabo se une a la línea madre. Se espera que los esporofitos sembrados comiencen a desarrollar el disco de fijación prolongando los hapterios hasta envolver completamente la línea madre, quedando fuertemente sujetos a ésta.

Metodología

En este estudio se utilizó el sistema descrito por Macchiavello *et al.,* (2013), que propone un sistema de cultivo suspendido compuesto de cabos y boyas, unidos a un sistema de anclaje en cadena (tres fondeos por punta de 300 kg cada uno). El cabo principal se denomina línea madre, el cual está dispuesto horizontalmente, y del cual se sostienen los reinales de manera vertical en el caso de Chicorea de mar, y horizontal en el caso de Huiro.

La logística para la preparación del long-line consistió en construirlo en tierra, preparando los materiales en forma anticipada para que la instalación sea más fácil. Luego, para la instalación se necesitaron embarcaciones de fibra de vidrio para trasladar los materiales (fondeos, cabos y boyas). Dependiendo de la distancia y el número de personas que componen el equipo de trabajo, la maniobra puede durar una jornada de trabajo por línea madre. Una línea madre es una estructura flotante formada por una línea principal en la cual se unen todas las unidades de cultivo, por lo general, distantes un metro entre sí. Esta línea tiene la capacidad para ubicar dependiendo la distancia a la cual se ubican, 100 unidades de cultivo y/o cuelgas.

El traslado de las plántulas desde los hatcheries de origen fue realizado siguiendo las indicaciones de los manuales técnicos de cada recurso. El transporte se realizó vía aérea. Una vez que las plántulas ingresaron a la caleta fueron aclimatadas en estanques con aireación constante y recambio diario de agua durante un periodo de 24 a 48 horas. En el caso de Chicorea de mar este periodo aumentó a cinco días producto de las marejadas. Se encordaron un total de 3200 unidades de inoculación. Cada reinal midió 2 metros de largo, se encordó 40 unidades de inoculación por reinal. Los reinales se dispusieron en la línea madre en forma vertical con la ayuda de un peso en la parte inferior de éste.

En el caso de Huiro, las plántulas venían encordadas desde el hatchery en cabos de 4 mm. Se instalaron un total de 6000 plántulas encordadas a tres

profundidades (0-2 m; 2-4 m y 4-6 m). Las líneas encordadas se dispusieron en forma horizontal sobre la línea madre, se ocupó amarra cables para asegurar la cuerda con plántulas a la línea madre.

Tanto la preparación del material algal, la preparación del material estructural (fondeos, cabos, etc.) y la instalación en el mar se llevó a cabo con la participación de los socios de la OPA, bajo la guía de un técnico con experiencia en cultivo.

Con el fin de caracterizar el área de estudio se registraron parámetros físicos tales como profundidad, temperatura, irradiancia y clorofila a, en los meses de octubre y diciembre. Desde un bote se realizaron cuatro lances en cuatro puntos diferentes del área de estudio. Se utilizó un CTD marca Sea and Sun Technology, modelo 75M.

3.5 Objetivo específico N°5

Analizar y evaluar el desarrollo del cultivo experimental en el área de estudio

Antecedentes

Al igual que con los sistemas suspendidos, el éxito de todo cultivo en el mar depende del monitoreo constante a fin de detectar a tiempo problemas tales como la presencia de organismos epibiontes, contaminantes y deterioro o pérdida de las estructuras que conforman el sistema (Macchiavello *et al.,* 2013). Entre los problemas que tiene el cultivo de algas es la presencia de los epífitos y fauna asociada, esto impide el crecimiento del alga y disminuye su calidad. Sin embargo, no se pueden evitar en los cultivos la presencia de epífitas, pero si se puede minimizar la ocurrencia de éstos principalmente utilizando semilla para siembra limpia y no infectada con los organismos que causan daños severos y eligiendo sitios de cultivos con una profundidad mayor a 3 m y/o con buena circulación de agua. Sin embargo, una vez que existe una proliferación de estos organismos, una

recomendación es cosechar completamente el cultivo y no volver a utilizar esta alga para sembrado de las mismas u otras áreas.

El éxito del cultivo radica en la cantidad de biomasa de buena calidad obtenida; según los antecedentes obtenidos, la chicorea se debe cosechar una vez que las plantas han alcanzado la talla comercial, es decir, alrededor de los 8-12 cm de longitud. El tiempo de cultivo para alcanzar la talla comercial, puede fluctuar entre 4 – 6 meses, dependiendo de la estación del año y de las condiciones óptimas de luz y temperatura en la localidad de siembra. Esta experiencia realizada por Macchiavello *et al.,* 2013 se desarrolló durante la temporada estival en Taltal, región de Antofagasta. No se realizaron mantenciones y se realizó una cosecha que consistió en un muestreo destructivo de las mallas y reinales. Es decir, se sacaron completamente para determinar el aumento de la biomasa en los tratamientos probados. Cabe señalar que en un cultivo de estas características es recomendable realizar una mantención, por lo menos, una vez al mes. Los resultados obtenidos muestran una biomasa de 6,3 kg por reinal a los 60 días de cultivo. En 100 metros de línea madre se dispone un reinal por cada metro, lo que corresponde a 100 reinales. Con lo anterior se extrapola que en una línea madre la biomasa cosechada a los 60 días sería de 630 kilos (Sepúlveda C, Com. Pers.).

En el caso de Huiro, y según antecedentes recopilados por Westermeier *et al*., 2005, los resultados de biomasa obtenidos en las diferentes estaciones del año no mostraron diferencias significativas si el sistema de cultivo se realizaba en forma vertical u horizontal. Para la densidad de siembra en cambio se presentaron diferencias significativas, siendo la densidad de siembra de 6 plantas por metro lineal las que arrojaron las mayores productividades. Se debe realizar una mantención para reflotar, si es necesario, y para eliminar el fouling. El sistema de cultivo se evalúa en base al crecimiento de las frondas y al rendimiento en peso del alga por metro lineal cuando estas sean cosechadas. La productividad promedio de este sistema de cultivo podría ser de hasta más de 40 Kg de alga fresca por metro lineal, dependiendo si el sistema de cultivo es vertical y horizontal.

Metodología

En esta experiencia se realizaron monitoreos cada dos meses. Se revisó la integridad de la estructura bajo el mar, se realizó mantención de las líneas, los controles de crecimiento (biomasa) y presencia de epífitos.
Además se realizaron grabaciones y fotografías submarinas de los cultivos.

Para Chicorea de mar se obtuvieron mediante buceo cada dos meses, 30 unidades de inoculación por profundidad de cultivo (0-2 m; 2-4 m y 4-6 m). El peso de cada unidad de inoculación fue registrado. Las mediciones se realizaron en los meses de agosto, octubre y diciembre del 2016.

En el caso de Huiro se eligieron 10 plantas al azar de cada profundidad (0-2 m; 2-4 m y 4-6 m) a las que se les midió talla y peso.

De esta manera se pudo realizar un seguimiento del crecimiento de las algas cultivadas y conocer la productividad por línea o reinal dependiendo el recurso y sistema de cultivo.

3.6 Objetivo específico N°6

Evaluación de los resultados.

Metodología

Los resultados fueron analizados mediante métodos multivariado que permitieron determinar la influencia de dos o más variables independientes (profundidad, tiempo de cultivo) sobre una o varias variables dependientes (Biomasa). Con este resultado pudimos obtener el método más favorable de cultivo para el área evaluada y de esta manera, entregar a los pescadores un sistema de cultivo eficiente para que puedan seguir con la actividad en el área, una vez finalizado el proyecto. Además, se analizó la presencia de epífitos presentes en los cultivos.

El proceso del cultivo fue documentado mediante registro fotográfico y de video, que se adjuntan como material audiovisual en este informe (CD - Material audiovisual).

Se realizó un taller final el día 17 de marzo del 2017 en el Hotel Diego de Almagro, Iquique, donde se mostraron los resultados del trabajo realizado en el área de manejo de Caleta Rio Seco.

4. RESULTADOS

La descripción de los resultados se realizó según las actividades por objetivo específico comprometidas en la Carta Gantt presentada en la Oferta Técnica o TTR del presente estudio (Anexo 2).

4.1 Objetivo específico N°1

Realizar los trámites de solicitud de cultivo experimental en área de manejo y obtención de los permisos sectoriales requeridos, principalmente para Pelillo, Chicorea de mar y algas pardas.

4.1.1 Recopilación de antecedentes para tramitación de permisos.

De acuerdo a la normativa vigente (D.S. N°96, de 2015, D.S. N°40 de 2012 en Anexo 1), existen dos modalidades para desarrollar acuicultura en áreas de manejo. La primera es el cultivo experimental; donde el área máxima que se autoriza para realizar esta actividad son 3 hectáreas y tiene un periodo de extensión máximo de dos años prorrogables por una sola vez, por dos años. Solamente podrá realizarse cultivo experimental sobre especies nativas y sobre invertebrados exóticos abalón rojo, abalón verde y ostra japonesa del Pacífico. En el caso del choro araucano sólo podrá realizarse acuicultura experimental en las

áreas de manejo de la VIII Región. Se encuentra prohibido realizar acuicultura experimental con especies del grupo salmonídeo.

La segunda modalidad para desarrollar cultivos en un área de manejo es solicitar una autorización de acuicultura, mediante resolución. El área máxima que se autoriza es de hasta 40% de la superficie decretada como área de manejo para destinarla al cultivo de especies nativas; para peces nativos hasta el 5% del área decretada, la cual no podrá exceder las 6 hectáreas, y en el caso de invertebrados exóticos la superficie máxima será del 20% del área decretada, no superando las 10 hectáreas. Tiene una duración de 25 años y pueden cultivarse las especies principales o secundarias del área de manejo, cualquier especie nativa que se encuentre dentro o fuera de su rango de distribución (siempre y cuando no exista presencia de banco natural en el área solicitada), peces nativos e invertebrados exóticos. Se prohíbe el cultivo de salmonídeos.
Los trámites necesarios para solicitar el cultivo en un área de manejo (AAMERB) se detallan en la Tabla 1.

4.1.2 Tramitación del permiso.

Al iniciar los trámites para el permiso de acuicultura de este proyecto, esta unidad ejecutora constató, en reunión sostenida en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA) en Valparaíso, a fin de dar a conocer el inicio de la ejecución de este proyecto, que la consultora del Sindicato de Río Seco ya había iniciado las solicitudes para ambas modalidades de autorización de acuicultura en AMERB (acuicultura experimental y acuicultura) el 29 mayo del 2014. En esta reunión se indicó que las solicitudes iniciadas tenían algunos vacíos, relacionados principalmente con la confirmación del área solicitada y la falta de algunos documentos, dado que se había promulgado un nuevo reglamento de acuicultura en AMERB que exigía nuevos antecedentes, complementarios a los ya presentados.

Además se acordó realizar solamente el trámite para el permiso de acuicultura mediante resolución y dejar de lado el experimental, ya que el de acuicultura les beneficiaría más, tanto desde el punto de vista de la duración como la de obtener beneficios económicos. Por lo tanto, el permiso que se solicitó, tramitó y aprobó es el de acuicultura en área de manejo (AAMERB).

En relación con la confirmación en terreno del área a solicitar, se visitó el área de manejo para recabar la información que faltaba, reuniéndose con la directiva y algunos socios del sindicato. En esta visita se realizó un buceo prospectivo, para confirmar las coordenadas del polígono. Se buceó en toda el área, determinando características de fondo y profundidad. (Tabla 2) (Figura 1).

Con la información recabada se realizó la solicitud del permiso de acuicultura entregando a la SSPA el proyecto técnico, más todos los documentos requeridos, incluyendo los tres recursos algales tal como lo solicitaba el TTR: Pelillo (*G. chilensis*), Chicorea de mar (*C. chamissoi*) y Huiro (*M. pyrifera)* (Anexo 3a).

Posteriormente a la revisión de los antecedentes enviados, la SSPA nos informa que debemos realizar una modificación al proyecto técnico, que guarda relación respecto a los antecedentes que la SSPA maneja; el área que se solicita tiene banco natural y de acuerdo a la nueva normativa, un recurso que no se encuentra dentro de su distribución normal no puede ser cultivado sobre un banco natural.

El nuevo proyecto técnico (Anexo 3b) presentado, excluye el recurso Pelillo, que de acuerdo a TTR era un recurso considerado importante.

Con fecha 24 de agosto, mediante R. Ex. N° 2583 se aprueba el proyecto técnico para desarrollar actividades de acuicultura en el área de manejo Rio Seco Sector B, I región solamente para los recursos Chicorea de mar y Huiro (Anexo 4).

Se consulta a la SSPA sobre la pertinencia de realizar un estudio de banco natural en el área que permitiría actualizar el ESBA e informar que el polígono se encuentra apto para el cultivo de Pelillo. El estudio de banco natural es presentado con fecha 26 de septiembre 2016 (Anexo 5a).

A la fecha, no existe pronunciamiento de este estudio. Por lo tanto, Pelillo no pudo cultivarse a pesar de la donación conseguida de 80 líneas con plántulas encordadas, más una visita al centro de cultivo que posee la Empresa Algas Marinas en Mejillones.

4.2 Objetivo específico N°2

Adquisición de materiales para el desarrollo del cultivo experimental, privilegiando a Pelillo y Chicorea de mar.

4.2.1 Taller inicial con el Sindicato de pescadores.

Se realizaron tres reuniones antes de realizar el taller inicial formal con la directiva del Sindicato, con el fin de comenzar a interactuar, conocer y establecer logísticas de trabajo en terreno (Figura 2).

El taller inicial con los pescadores y miembros del sindicato Río Seco se realizó el martes 3 de mayo; donde se dio a conocer el proyecto, sus alcances y se capacitó a los asistentes mediante una charla titulada: “Confección e instalación de un sistema de cultivo de algas en Río Seco” (Figura 3, Anexo 6).

4.2.2 Cotización y compra de materiales para la instalación del cultivo.

Se cotizaron y compraron de acuerdo a su relación calidad/ precio, beneficiando el mercado local, todos los materiales necesarios para instalar 15 líneas de cultivo más una sala de aclimatación de algas.

A medida que los materiales se compraban, iban siendo guardados hasta el momento de su uso, en la bodega que el área de manejo posee en la caleta.

Los materiales adquiridos (Figura 4) y necesarios para la instalación de 15 líneas de cultivo son los siguientes: 100 fondeos de 300 kilos, 20 rollos de cabos de polipropileno de 22 mm y 8 rollos de cabos polipropileno 8 mm, boyas para las líneas y boyas demarcatorias para el polígono de cultivo, bomba de agua, mangueras, blower, tecle eléctrico, madera, malla raschel, tubos de PVC, pintura, artículos de ferretería.

Los dos estanques ocupados para la aclimatación de las plántulas fueron donados por un miembro de la directiva del sindicato y restaurados para su uso (Figura 5).
En el caso de los fondeos, la región de Tarapacá no posee mano de obra calificada comprobable para su construcción, las cotizaciones recibidas sobrepasaron el presupuesto establecido para este ítem, llegando a valores que eran un tercio el valor del proyecto total. Finalmente fue más conveniente comprar los fondeos y trasladarlos desde la región de Coquimbo (Figura 6).

El tecle eléctrico fue instalado en la estructura destinada para ello ubicada en el muelle de la caleta. Esta estructura se encontraba en malas condiciones (corrosión) lo que dificultó el uso de este equipo (Figura 7). En su reemplazo se utilizó una retroexcavadora para movilizar los fondeos desde su lugar de acopio hasta el muelle y posteriormente bajarlos a la embarcación que finalmente los llevó al área donde se dispusieron las líneas de cultivo.
El tecle eléctrico está siendo utilizado en faenas de descarga de productos del mar que el área de manejo comercializa, que son de menor peso que los fondeos. Es necesario realizar una mantención de la estructura que sostiene a este equipo.

4.2.3 Preparación de materiales para cultivo.

Mientras se esperaba la resolución que otorga el permiso de acuicultura en el área de manejo, se comenzó a cortar las líneas de cultivo en tierra y a preparar las boyas (Figura 8) que se utilizaron en la instalación de líneas en el mar. El trabajo

se realizó con los pescadores que mostraron mayor interés y que coincidieron con ser pescadores que ya tenían experiencia en el cultivo por proceder de la región de Coquimbo.
La capacitación desarrollada en el taller inicial sirvió como base para desarrollar esta actividad práctica.

Los fondeos, que fueron fabricados en la región de Coquimbo fueron recibidos sin problemas, y acopiados en terrenos del sindicato hasta el momento de la instalación en el mar.

4.3 Objetivo específico N°3

Realizar las gestiones para el suministro de plántulas, con los diferentes centros de cultivo para ser implementado en el sistema de cultivo, según objetivo 2.

4.3.1 Compra de plántulas para cultivo.

El suministro de plántulas de Chicorea de mar y Huiro se realizó con dos proveedores de experiencia comprobada en la producción de algas en hatchery.
El suministro de Chicorea de mar se gestionó con la Universidad Católica del Norte (Coquimbo) y el suministro de Huiro con la empresa Algas Chile SpA (Puerto Montt).

Se adquirieron 3.200 unidades de inoculación o siembra de Chicorea de mar y 300 m de cuerda con 6000 plántulas (juveniles) de Huiro encordado.

El transporte se realizó por vía aérea, manteniendo los rangos óptimos descritos en los manuales técnicos de cada recurso para temperatura y humedad.

A pesar de que no se cultivó Pelillo, se gestionó con la Empresa Algas Marinas, sede Ancud, una donación de 80 líneas de Pelillo encordado, más una visita al

centro productor que posee esta empresa en Mejillones, hasta donde se trasladaría a un grupo de pescadores del Área de Manejo Río Seco para que conocieran el desarrollo del cultivo de Pelillo tanto en la fase hatchery como en agua de mar.

4.3.2 Instalación de estanques de aclimatación de algas en la caleta.

Se visitaron las instalaciones que posee la caleta en Río Seco y en acuerdo con la directiva, se determinó el lugar más adecuado para instalar dos estanques donados por uno de los dirigentes del sindicato. Estas piscinas fueron habilitadas y dispuestas con agua de mar mediante la instalación de motobomba y mangueras adquiridas con este fin. Además se preparó un sistema de aireación constante para mantener el agua oxigenada una vez que las plántulas hicieran ingreso a la caleta (Figura 9).
El lugar elegido fue aislado mediante la construcción ligera con madera y malla raschel simulando una sala de aclimatación.

4.3.3 Aclimatación de plántulas.

Las primeras plántulas recibidas en la caleta fueron las de Chicorea de mar el día 24 de junio del 2016, provenientes de la Universidad Católica del Norte. Se necesitaron dos viajes en camioneta desde el aeropuerto de Iquique a la caleta, distante a 95 Km, para trasladar la totalidad de plántulas.

Las plántulas de Chicorea de mar se mantuvieron 5 días en aclimatación, debido a las fuertes marejadas que no permitían su instalación en el mar. La aclimatación consistió en la mantención de las unidades de inoculación que contenían a las plántulas de Chicorea cambiando en forma diaria el agua de mar, protegiéndolas de la luz directa del sol utilizando malla raschel, colocándoles aireación constante y resguardando el aumento de la temperatura de los estanques (Figura 10).

Las plántulas de Huiro llegaron a la caleta el día 18 de octubre del 2016 bastante debilitadas, presentando decoloración y debilitamiento de sus bordes que hacían que se soltaran de la cuerda donde estaban encordadas. Debido a esta situación solamente se mantuvieron en aclimatación durante 24 horas.

El traslado de ambas algas a la caleta se realizó de noche para evitar efectos en la temperatura.

La temperatura en los estanques de aclimatación fluctuó entre los 16℃ y 18 ℃.

4.3.4 Preparación de líneas madres con algas para el cultivo.

La instalación de las líneas de cultivo se realizó una vez que fueron instalados los fondeos. En esta maniobra se ocupó la embarcación que posee el sindicato, la que fue preparada para tales efectos; se colocaron tablones de madera amarrados a la embarcación donde se dispusieron los anclajes para trasladarlos hasta el área de cultivo. Una vez en el lugar, los fondeos fueron arrojados al agua de manera manual (Figura 11), mediante buceo se revisó y confirmó el trabajo realizado.

Posteriormente se realizó la instalación de las líneas madres para lo cual se utilizó cabo de 22 mm que ya se encontraba preparado con antelación, la instalación de las líneas se realizó colocando boyas de flotación. Estas líneas son el soporte del cultivo de algas.
En un día de trabajo es posible instalar una o dos líneas de cultivo si las condiciones climáticas y de mareas lo permiten.

La preparación de los reinales se realizó en la caleta una vez que las líneas madres estuvieron instaladas.
La preparación de los 81 reinales en el caso de Chicorea de mar se realizó durante todo un día de trabajo y fue realizado por cuatro personas (Figura 12).

Para el caso de Huiro, las plántulas venían encordadas de origen, por lo tanto, luego de la aclimatación fueron instaladas inmediatamente en las líneas madres ubicadas a tres profundidades (Figura 13).

La instalación de líneas y plántulas encordadas se realizó durante la mañana, ya que en general en la tarde aumenta el viento y el oleaje que dificultan el trabajo.

4.4 Objetivo específico N°4

Diseñar y preparar la instalación de cultivos en el área de estudio.

4.4.1 Charla explicativa del procedimiento de instalación de líneas para coordinación con los pescadores.

Esta actividad se realizó el día martes 3 de mayo mediante un taller y posteriormente se volvió a explicar en terreno el día de la instalación de las líneas de cultivo donde se dispusieron posteriormente las plántulas de algas.

En esta actividad participaron principalmente pescadores interesados de la caleta que coincidían con los que tenían experiencia en el cultivo, por provenir de la región de Coquimbo.

4.4.2 Ubicación de puntos geográficos del cultivo.

En visita prospectiva al área de manejo Rio Seco sector B, se confirmó el polígono más apto para la instalación del sistema de cultivo de algas. Se realizó una actividad de buceo para establecer la profundidad y tipo de fondo asociado al polígono elegido (ver actividad 4.1.2, Tabla 2 y Figura 1). Posteriormente se delimitó el polígono instalando boyas en sus vértices.

4.4.3 Instalación de cultivo.

En la Figura 14 se esquematiza el sistema de cultivo de algas que se implementó en el área de manejo de Río Seco, Sector B.
El cultivo de Chicorea se desarrolló en un long-line de 100 m de largo, donde se dispusieron las unidades de cultivo de Chicorea (Figura 15). Cada unidad de cultivo consistió de 2 metros de cuerda de reinal, con 20 unidades de inoculación por metro. Los reinales fueron dispuestos a tres profundidades (0-2; 2-4 y 4-6 metros).

El cultivo de Huiro se desarrolló en tres long-lines de 100 metros cada uno, donde se dispusieron las 6000 plántulas encordadas a tres profundidades (0-2; 2-4 y 4-6 metros) (Figura 16).

La instalación de las plántulas de Chicorea de mar se realizó cuando el permiso de acuicultura aún se encontraba en trámite.
El motivo principal del transporte e instalación de las plántulas de Chicorea sin la autorización formal, fue el vencimiento de los tiempos comprometidos del proveedor de Chicorea con esta unidad ejecutora, la UCN no podía seguir manteniendo las plántulas. Esta producción copaba el sistema productivo que posee la Universidad y ésta debía producir un nuevo batch de algas.

4.5 Objetivo específico N°5.

Analizar y evaluar el desarrollo del cultivo experimental en el área de estudio.

El cultivo de Chicorea de mar fue desarrollado durante el segundo semestre del año 2016, los reinales fueron instalados el 29 de junio con una biomasa inicial promedio de 6,52 ± 1,09 gramos. Los resultados obtenidos muestran que la profundidad 0-2 m es donde se observan los mayores incrementos de biomasa, siendo el mes de octubre el peack de crecimiento (Figura 17). En este mes, se produjo un incremento en biomasa de 150 ± 82,4 gramos por unidad de

inoculación. Si este resultado es proyectado a un reinal, se podría obtener 6 kilos de alga promedio, o bien proyectarla a una línea de cultivo donde se obtendría alrededor de 486 kilos de Chicorea húmeda, datos que concuerdan a los señalados por Sepúlveda Com. Pers.

De acuerdo a los resultados, la cosecha de Chicorea debiera realizarse en el cuarto mes de iniciado el cultivo, en nuestro caso en el mes de octubre.

Durante el mes de diciembre existe un descenso de la biomasa de Chicorea cultivada en las tres profundidades, más una alta presencia de epifitismo de *Choromytilus chorus* (choro zapato) que fue más abundante a la profundidad 0-2 m; encontrando 65,1 ± 6,7 gramos de semillas de mitílidos/unidad de inoculación (Tabla 3).

Como el recurso fijado al cultivo posee importancia comercial, este problema de epifitismo podría convertirse en una nueva oportunidad de cultivo, ya que la fijación se realiza de forma natural.

La mantención y limpieza de las líneas de cultivo se realizó cada dos meses, cada vez que la unidad ejecutora realizaba los controles en terreno (Figura 18).

En el cultivo de Huiro se observó una gran disminución del número de plántulas instaladas en el sistema de cultivo en el mar, debido principalmente a la baja sobrevivencia de plántulas durante el traslado.

Los resultados obtenidos en diciembre, luego de dos meses de instaladas las plántulas muestran el incremento de la talla y biomasa promedio en las distintas profundidades de cultivos evaluadas (Figura 19). Los mejores resultados se observan a la profundidad 4-6 metros donde se logró un incremento promedio en talla de 45 ± 19,5 cm. En biomasa el mayor incremento registrado fue de una planta de un kilo en dos meses de cultivo.

En el segundo muestreo realizado en el mes de marzo, se constató en terreno el corte y hundimiento de líneas de cultivo producto de marejadas y por acción humana (corte de cabos por hélice de embarcación). En este muestreo solamente

se recuperó un ejemplar de Huiro de la profundidad 2-4 m de 188 cm y 1500 gramos (Figura 20).

Entre cada fecha de muestreo no se realizó ningún tipo de limpieza ni mantención a las líneas de cultivo que aseguraran su permanencia. De acuerdo a lo observado, la presencia de epífitos comienza en forma gradual en el mes de octubre hasta alcanzar las máximas abundancias a fines del mes de diciembre.

En cuanto a los parámetros físicos (temperatura, oxígeno disuelto, irradiancia y clorofila a), se caracterizó el área en cuatro puntos del polígono durante el muestreo de octubre y de diciembre (Figura 21 y 22). Se observa que en el rango de profundidad (0-6 m) donde se ubicaron los cultivos, la temperatura fluctuó entre los 15,5℃ y 16,5℃ en el mes de octubre y en tre 15℃ y 15,5℃ en el mes de diciembre. El oxígeno disuelto entre 5,5 mg/l y 8,5 mg/l en el mes de octubre y entre 4,2 mg/l y 5,2 mg/l en diciembre. La irradiancia entre 131,2 µE/m²/s y 2.934,3 µE/m²/s en octubre y entre 305,1 µE/m²/s y 3.934,6 µE/m²/s en diciembre. La clorofila a, fluctuó entre 0,2 $\mu g/l^{-1}$ y 12,4 $\mu g/l^{-1}$ en el mes de octubre y entre 0,1 y 4,7 $\mu g/l^{-1}$ en el mes de diciembre.

La gran variabilidad de estos parámetros se atribuye a la cercanía del área evaluada con la costa, donde producto del oleaje existe una mezcla de la columna de agua.

4.6 Objetivo específico N°6.

Evaluación de los resultados.

De acuerdo a la información obtenida y analizada se desprenden algunos elementos que deben ser considerados al momento de promover la acuicultura de algas como una alternativa real de diversificación productiva tanto para áreas de manejo como para concesiones de acuicultura.

En cuanto a la obtención de los permisos este aún sigue siendo un proceso lento. Este proyecto obtuvo el permiso de acuicultura mediante resolución después de 6

meses de haber presentado los antecedentes, la mitad del tiempo de duración del proyecto.

Se debe considerar además que los trámites fueron presentados por la consultora de la OPA el 29 de mayo del 2014. Por lo tanto, el expediente con la solicitud ya estaba en trámite en la SSPA. Esta unidad ejecutora tuvo que complementar la información presentada por la consultora debido al cambio del reglamento que regula las actividades de acuicultura en áreas de manejo, D.S N°96. Por lo tanto, el trámite de obtención de permiso de acuicultura en el área de manejo de Río Seco fue de 27 meses.

En este mismo sentido, el estudio de banco natural presentado para realizar la actualización del ESBA y posteriormente realizar una modificación al proyecto técnico ya autorizado, y con el fin de incorporar al recurso Pelillo como recurso de cultivo solicitado en TTR, aún se encuentra sin pronunciamiento.

Desde el punto de vista de la infraestructura no hubo inconvenientes en la adquisición de materiales, solamente recalcar la falta de mano de obra calificada para la confección de fondeos en la región. Además del alto costo de su elaboración, que finalmente nos llevó a adquirirlos y transportarlos desde la región de Coquimbo.

El suministro de plántulas es de gran relevancia si se está pensando en promover esta acuicultura; en la región de Tarapacá, no existen hatcheries autorizados que puedan proveer de plántulas de algas en forma permanente. Por otro lado, los hatcheries que se encuentran funcionando en el país tienen una capacidad de producción limitada, como ejemplo mencionar que el batch de plántulas de Chicorea producida por la UCN para este proyecto fue a capacidad máxima, es decir, sus instalaciones durante 45 a 50 días no pudieron ser ocupadas en la producción de otro batch.

El desarrollo del cultivo de Chicorea se realizó durante el segundo semestre del año 2016 (junio-diciembre), probando tres rangos de profundidades. Los mejores

resultados se obtuvieron en el rango de profundidad 0-2 m, donde el mayor incremento en biomasa fue de 150 gramos promedio en el mes de octubre, posteriormente la biomasa disminuye y los reinales comienzan a epifitarse, resultados que concuerdan con experiencias realizadas por Bulboa *et al*., 2005 en la región de Coquimbo. De este modo se sugiere realizar la cosecha entre el tercer y cuarto mes de iniciado el cultivo, que de acuerdo a nuestra experiencia es en los meses de septiembre y octubre. Las proyecciones de biomasa obtenida sugieren que un reinal podría producir 6 kilos de alga, mientras que una línea alrededor de 486 kilos de Chicorea húmeda.

El desarrollo del cultivo de Huiro se realizó durante cinco meses (octubre-marzo) gracias a la extensión conseguida con la SSPA (Anexo 7). La extensión del proyecto fue originado por el retraso en la obtención del permiso de acuicultura, retraso que también afectó al hatchery productor de plántulas de Huiro.
De acuerdo a los resultados obtenidos, existió una importante disminución en la cantidad inicial de plántulas instaladas en el mar que provocó una baja abundancia para realizar los muestreos posteriores. Se recomienda trasladar plántulas de mayor longitud que respondan mejor a las condiciones ambientales, con menor mortalidad natural. A pesar de esto, en un periodo de dos meses de cultivo, las plántulas incrementaron en aproximadamente 20 veces su tamaño inicial, logrando en el mes de diciembre una biomasa promedio de 1 kilo con una talla promedio de 45 cm a la profundidad 4-6 m. El segundo muestreo no fue tan exitoso, debido a la pérdida de las líneas donde se cultivaba Huiro producto de las marejadas y a la falta de limpieza y mantención de éstas. Se logró encontrar solamente un ejemplar de la profundidad 2-4 m de 188 cm y 1500 gramos.
Debido a la baja abundancia de plantas monitoreadas no es factible realizar proyecciones con los resultados de producción obtenida.

Se observó un bajo compromiso y apropiabilidad del proyecto de parte de la organización de pescadores artesanales (OPA), el interés en el cultivo sería mayor si existiese compensación económica. De acuerdo a los resultados del proyecto

FIP 2013-23 “Estudios de emplazamiento de áreas aptas para el desarrollo de la acuicultura a pequeña escala en la zona norte (XV a IV regiones)” que realizó entrevistas sobre un 30% de las OPA que administran AMERB entre las regiones XV a IV, en el 90% de los casos no es la organización completa la interesada en desarrollar iniciativas de acuicultura en AMERB, sino que es una fracción menor de socios, de alrededor del 50%. Dicho estudio indica que para que sea una iniciativa llamativa, las actividades desarrolladas deben ser compensadas económicamente por día trabajado, pues el pescador debe elegir entre su fuente de trabajo habitual y la limpieza y mantención de los cultivos.

A pesar de esto, en general este tipo de proyectos no contempla el dinero suficiente para retribuir con algún tipo de remuneración mensual (que es lo que se espera) durante todo el periodo de ejecución del proyecto. Sólo se considera el trabajo diario realizado durante los días de muestreo en que el equipo de trabajo se encontró en la zona.

Durante el taller de cierre de actividades realizado el día viernes 17 de marzo en la ciudad de Iquique (Figura 23, Anexo 8 a y b), se discutió sobre los desafíos a nivel institucional en relación a la tramitología asociada a la obtención de permisos, la fiscalización de los cultivos, y al suministro de plántulas señalándose sobre este último que debiesen existir hatcheries que sustenten la necesidad de cultivo regional. También se discutieron los desafíos a nivel organizacional y económico señalando que el cultivo de algas es una actividad incipiente donde aún no se ha clarificado cuáles serán los usos de la materia prima obtenida de los cultivos, cuál será su destino ni menos aún los precios. Consideraciones que deben ser evaluadas antes de realizar la inversión.

5. CONCLUSIONES

Desde enero del 2016, se encuentra vigente una nueva normativa que regula las actividades de acuicultura en áreas de manejo. Si bien la consultora que asesora en forma permanente al Sindicato había iniciado las gestiones relacionadas a la obtención de los permisos de acuicultura: experimental (AEAMERB) y acuicultura (AAMERB) el año 2014, es con la entrada en vigencia de este nuevo reglamento más el inicio de las actividades de este proyecto lo que permitió obtener el permiso de acuicultura (AAMERB) mediante Resolución Exenta N° 2583 con fecha 24 de agosto del 2016, donde se autoriza el cultivo solamente de Chicorea de mar y Huiro.

Dentro del marco del proyecto el tiempo de obtención de permisos fue de 6 meses, demasiado tiempo si se considera que el proyecto posee sólo 12 meses de duración. Sin embargo, si consideramos la primera presentación de antecedentes por parte de la consultora la obtención del permiso de acuicultura en el área de manejo de Río Seco fue de 27 meses. Tiempo que desmotivaría a otra organización que quisiera repetir esta experiencia.

La adquisición de materiales no presentó inconvenientes, pudiendo instalar las 15 líneas comprometidas. Los fondeos, que son elementos fundamentales para la permanencia de las líneas de cultivo en el tiempo, fue el insumo más difícil de conseguir; dado que en Iquique no hay proveedores regulares de ellos, se contrató un servicio de confección y traslado desde Tongoy (región de Coquimbo), que resultó bastante más económica que la única opción encontrada en Iquique.

La obtención de plántulas de algas siempre estuvo ligada a proveedores fuera de la región, ya que en Tarapacá no existen hatcheries autorizados para producir plántulas de algas. Las gestiones para adquirir las plántulas se realizaron con la

Universidad Católica del Norte (Chicorea de mar) y la empresa Algas Chile SpA (Huiro).
A pesar de que finalmente Pelillo no fue incluido, se había logrado una donación de cuerdas inoculadas con plántulas de Pelillo más una visita técnica a las instalaciones de la empresa Algas Marinas de Mejillones que no pudo ser realizada.

La condición crítica para la instalación de las líneas de cultivo en esta localidad es la presencia de marejadas y la condición de los muelles. Es importante que la infraestructura de los muelles de las caletas se encuentre en buenas condiciones, ya que la mayoría sólo son funcionales para pequeñas embarcaciones, no permitiendo la operación para implementar las estructuras de cultivo (principalmente fondeos).

La condición crítica para el desarrollo de un cultivo de algas exitoso es la limpieza y mantención periódica (al menos una vez al mes) de las líneas de cultivo. Además del compromiso y apropiabilidad de parte de los usuarios. Se sugiere buscar mecanismos dentro de las OPA que ayuden a viabilizar los emprendimientos en acuicultura que deseen desarrollar una fracción de sus socios (resguardando en todo momento el patrimonio de la Organización), de tal manera que esos socios sean una especie de punta de flecha y que con su ejemplo otros socios tiendan a imitarlos e incorporarse a tales actividades

Otra condición crítica de los cultivos es la presencia de epifitos, pero cuando éstos son de importancia comercial podrían convertirse en una oportunidad sobre todo si su fijación es por captación natural. En este caso se podría realizar un manejo de los cultivos. Produciendo algas primero (tercer trimestre del año) para posteriormente dar espacio al cultivo de mitílidos.
En Huiro, si bien existió aumento de la biomasa, se sugiere modificar el tamaño de las plántulas que ingresan al mar; realizando el traslado con plántulas de mayor longitud que respondan mejor a las condiciones ambientales, con menor

mortalidad natural. En el sur del país se ha realizado con gran éxito el cultivo de este recurso, logrando en cultivo horizontal plantas con una longitud de 15 m con biomasas cercanas a los 70-80 kg/m lineal (Westermeier *et al*., 2005).

En resumen, existe la factibilidad de realizar cultivo de algas en la región de Tarapacá, principalmente Chicorea de mar durante el segundo semestre de cada año, lo que no impide realizar experiencias de cultivo en el primer semestre. De acuerdo a nuestros resultados, en Chicorea de mar es posible obtener cosechas luego de tres a cuatro meses de iniciado el cultivo, preferentemente entre los meses de septiembre y octubre.

El área de manejo Caleta rio seco, sector B es pionera en el norte de Chile en obtener el permiso de acuicultura y probar de manera exitosa el cultivo de Chicorea de mar y Huiro. Sin embargo se debe avanzar en la discusión de cuáles serán los usos de las materias primas obtenidas a partir de los cultivos, cuáles serían los posibles mercados de destino y sus precios. Estas consideraciones deben ser evaluadas y conocidas para dar mayor certeza a posibles inversiones en el desarrollo de cultivos de algas en la región.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araya A., E Palta, D. Torres, H. Pérez, C. Espinoza, X. González y F. Galleguillos. 2014. Estudios de emplazamiento de áreas de Acuicultura de pequeña escala en la zona norte FIP 2013-23 / Diciembre 2014.

Ávila M., C. Merino, K. Guissen y M. Piel, 2010. Manual de cultivo de macroalgas pardas: desde el laboratorio al océano. Universidad Arturo Prat. Disponibleonline:http://www.ficologia.cl/assets/manual_cultivo_pardas.pdf.

Buschmann A. H., S. Prescott, P. Potin, S Faugeron, J.A. Vásquez, C. Camus, J. Infante, M.C. Hernández-González, A. Gutiérrez y D. Varela. 2014. The status of kelp exploitation and agronomy, with emphasis on *Macrocystis pyrifera*, in Chile. Adv. Bot. Res. 71, 161-188.

Bulboa C., J. E. Macchiavello. E. Oliveira y E. Fonk. 2005. First attempt to cultivate the carrageenan-producing seaweed *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta; Gigartinales) in Northern Chile. Aquaculture Research, 2005 36, 1069-1074.

Buschmann, H, R. Westermeier y C. A. Retamales. 2006. Cultivation of Gracilaria on the sea-bottom in southern Chile: a review. Journal of Applied Phycology 7:291 -301.

Candia, A., F. Galleguillos, M. Núñez, y G. Aroca. 2006. Avances en el mejoramiento productivo del Pelillo. Proyecto FDI-CORFO 01CR3PT-13, Instituto de Fomento Pesquero. 26 pp.

Gajardo G., R. Galleguillos, J. Toro, P. Beristain y M. Encina. 2007. Caracterización Genética de los Principales Recursos Pesqueros de Chile. FIP 2006-52. Universidad de Los Lagos Laboratorio de Genética & Acuicultura. 243 pp.

Santelices, B. 1989. Algas Marinas de Chile. Distribución, ecología, utilización y diversidad. Edic. Univ. Católica de Chile, Santiago, 399 págs.

Macchiavello J., C. Sepúlveda, C. Araya, N. Méndiz, P. Martínez, F. Sáez y D. Calderón. 2013. Manual de cultivo de *Chondracanthus chamissoi* (Chicorea de mar). Acuicultura en Áreas de Manejo: Una innovación para mejorar su desempeño mediante el cultivo suspendido de Chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) en la Región de Antofagasta. Código 12BPCR – 16600.

Vargas A., G. Cortés, C. Hudson y J. Tapia. 2003. Informe Final. Estudio de situación base del área de manejo y explotación de recursos bentónicos Rio Seco, Sector B, Iquique. Primera Región. Promar Pacífico. 69pp.

Vega, L. 2011. Viabilidad técnica y costos asociados de dos estrategias de cultivo de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing 1843 (Rhodophyta, Gigartinales): Esporocultivo y cultivo a partir de discos de fijación secundaria. Tesis para optar al título de Ingeniero en Acuicultura. Universidad Católica del Norte. 130 pp.

Westermeier, R. 1988. Investigación desarrollo, cultivo y uso industrial de algas Gracilaria. Evaluación de Sistemas de Cultivos. Instituto de Botánica. Univ. Austral de Chile. 232 págs.

Westermeier, R., D. Patiño, M.I. Piel y D.L. Müller. 2005. Manual de cultivo del alga parda *Macrocystis pyrifera* (Huiro), Chile. Proyecto FONDEF D00i1144. Universidad Austral de Chile, Chile. 38 pp.

F I G U R A S

Figura 1. Prospección del sitio seleccionado para instalar el sistema de cultivo de algas en el Área de Manejo de Río Seco, región de Tarapacá.

Figura 2. Reuniones con socios y directiva del Sindicato Caleta Río Seco, región de Tarapacá.

Figura 3. Taller con Sindicato Caleta Río Seco: presentación proyecto y capacitación sobre confección e instalación de líneas de cultivo.

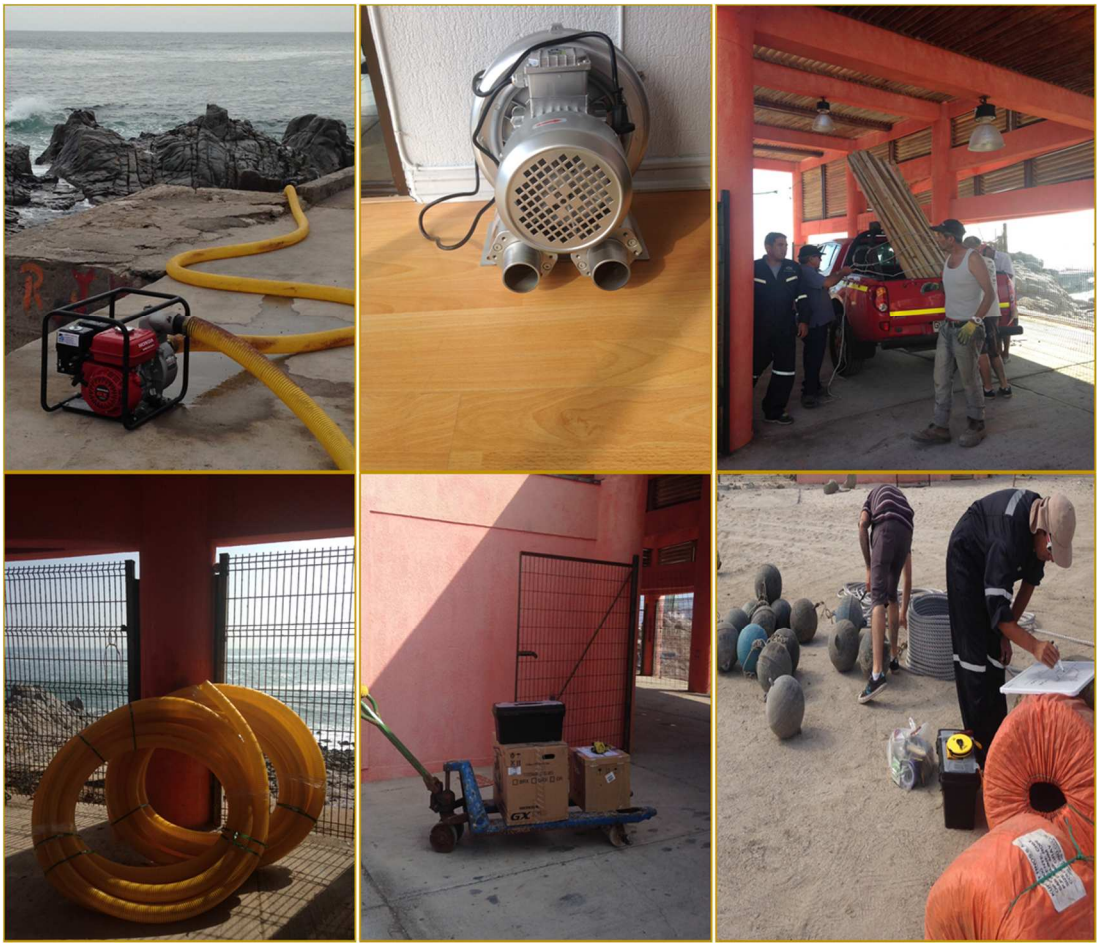

Figura 4. Compra de materiales para instalación de cultivo de algas en Caleta Río Seco.

Figura 5. Estanques donados por un dirigente para realizar actividades de aclimatación de plántulas de algas en Caleta Rio Seco.

Figura 6. Adquisición e instalación de fondeos para el cultivo de algas en Caleta Río Seco, Iquique.

Figura 7. Adquisición de tecle eléctrico para el movimiento de fondeos desde el muelle a la embarcación en Caleta Rio Seco.

Figura 8. Preparación y confección de líneas de cultivo de algas en tierra, Caleta Río Seco, Iquique.

Figura 9. Estanques con aireación constante para la aclimatación de algas.

Figura 10. Sala de aclimatación de plántulas de Chicorea de mar y Huiro en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 11. Instalación de líneas y fondeos para el cultivo de algas (Chicorea y Huiro) en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 12. Preparación de reinales de Chicorea de mar en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 13. Plántulas de Huiro encordadas desde hatchery empresa Algas Chile SpA., Puerto Montt.

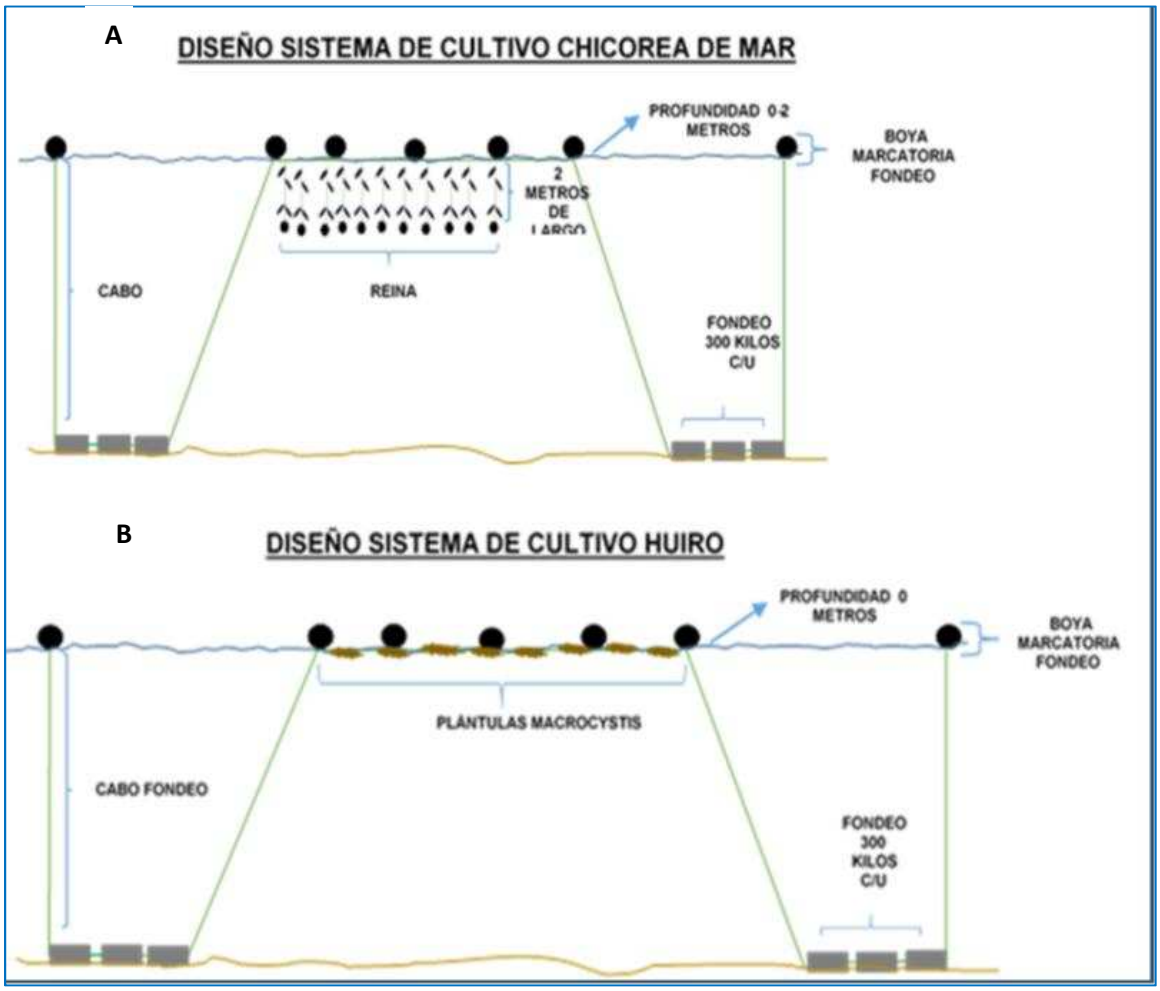

Figura 14. Sistema de cultivo de algas que se implementó en Caleta Río Seco, (A) *Chondracanthus chamissoi*-Chicorea de mar (B) *Macrocystis pyrifera*- Huiro.

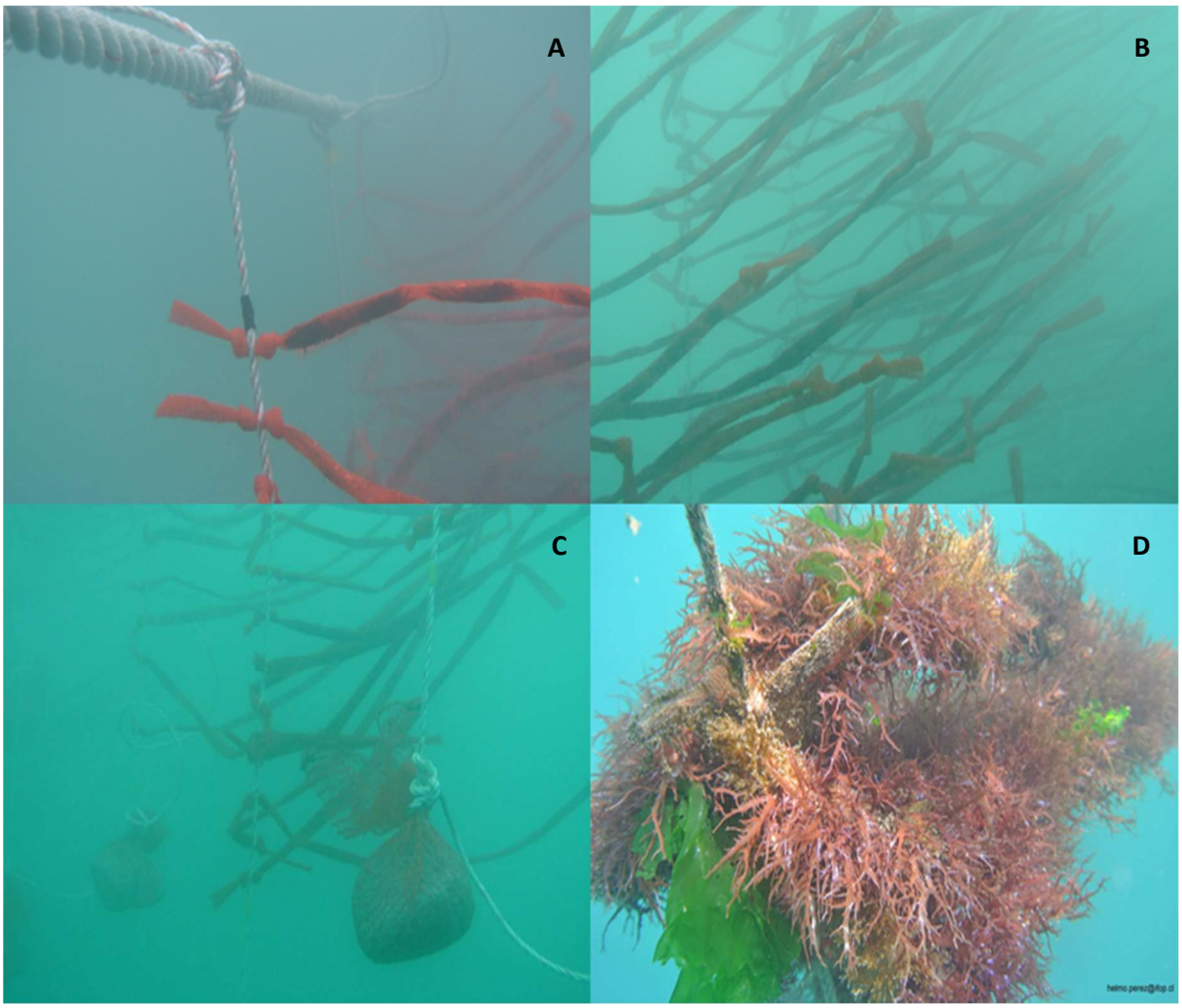

Figura 15. Sistema de cultivo Chicorea de mar (vista submarina), reinales con unidades de inoculación de Chicorea (A y B), sistema de estabilización de reinales (C) y Chicorea cultivada a 0-2 m profundidad (D) en Caleta Rio Seco.

Figura 16. Sistema de cultivo de Huiro (vista submarina) en Caleta Rio Seco.

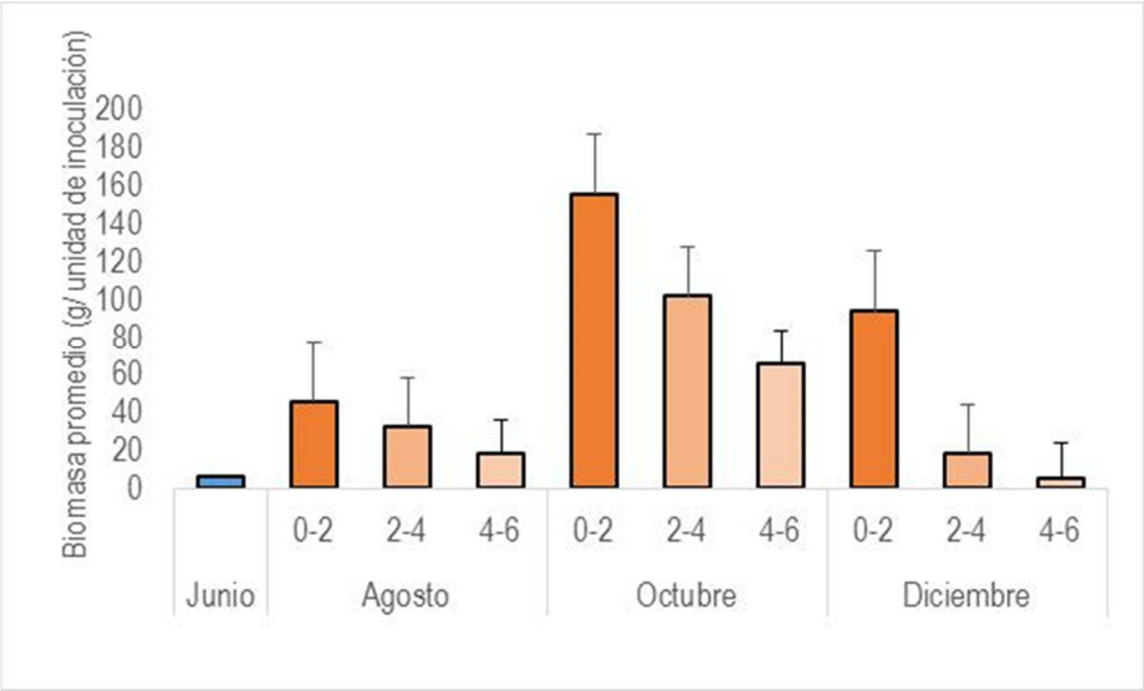

Figura 17. Incremento en biomasa de Chicorea de mar a tres profundidades durante seis meses de cultivo en Caleta Rio Seco, Iquique. Barras indican desviación estándar.

Figura 18. Limpieza y mantención de sistema de cultivo de algas (Chicorea y Huiro) en Caleta Rio Seco, Iquique.

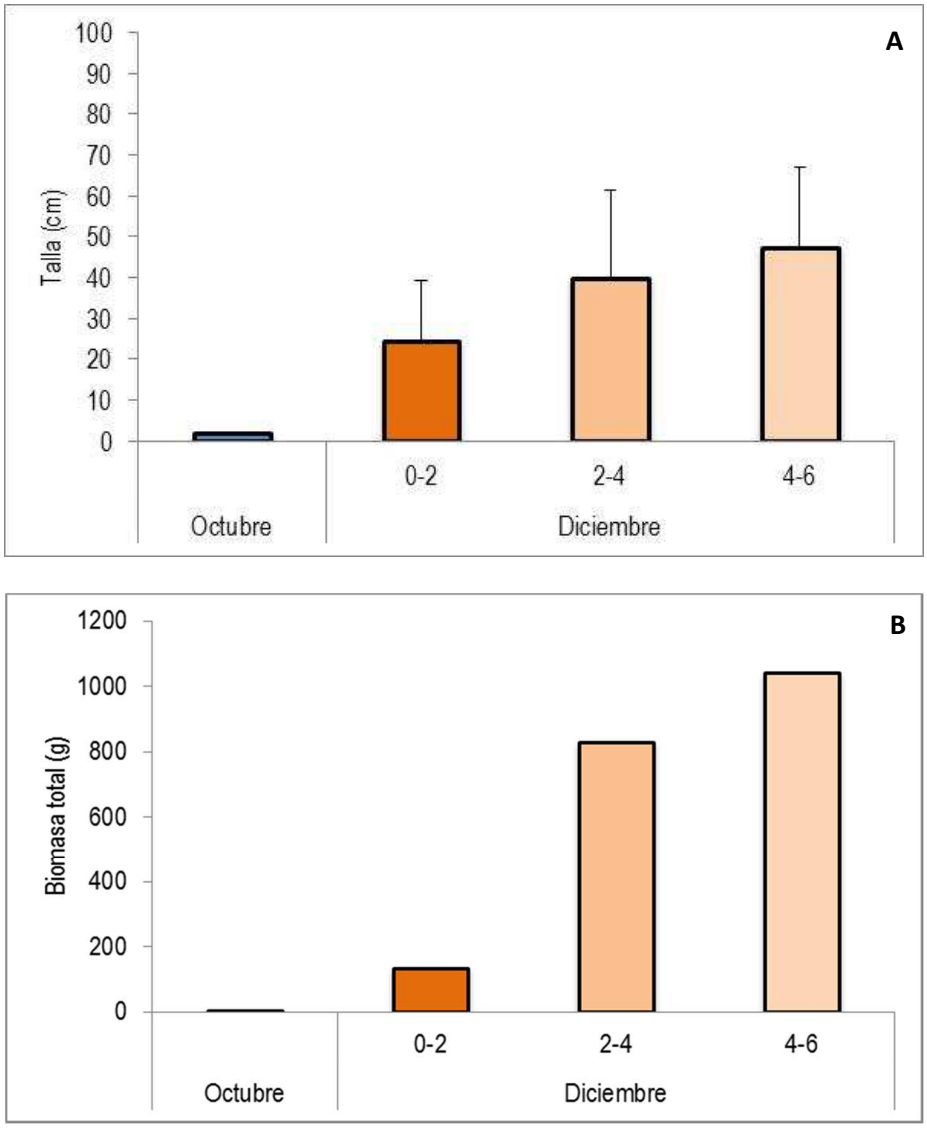

Figura 19. Incremento en talla (A) y biomasa (B) de Huiro a tres profundidades durante dos meses de cultivo en Caleta Rio Seco, Iquique. Barras indican desviación estándar.

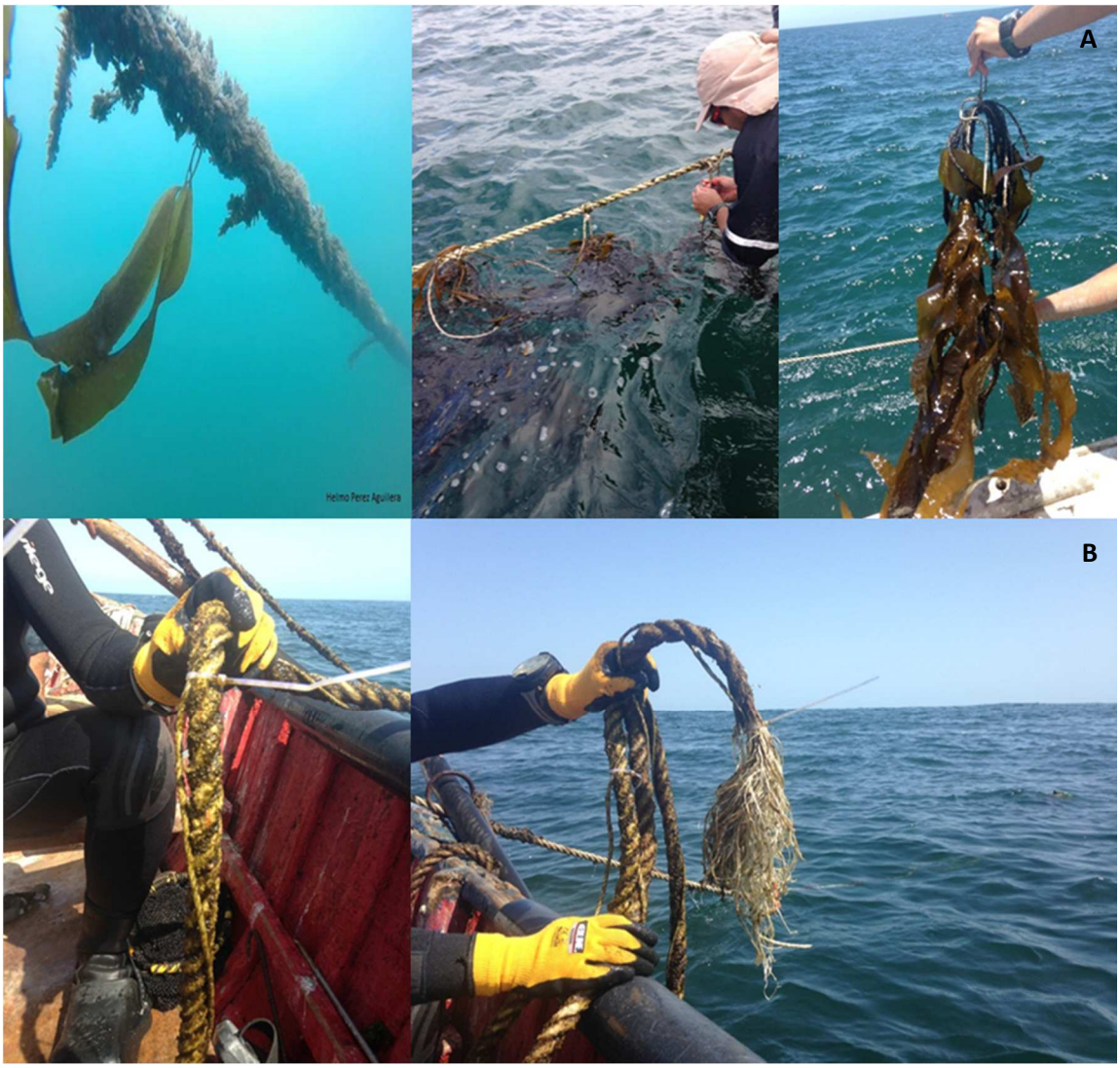

Figura 20. Experiencia de cultivo de Huiro en Caleta Rio Seco, Iquique. (A) Crecimiento obtenido en dos meses de cultivo (B) Corte de líneas y pérdida de biomasa desde líneas madres.

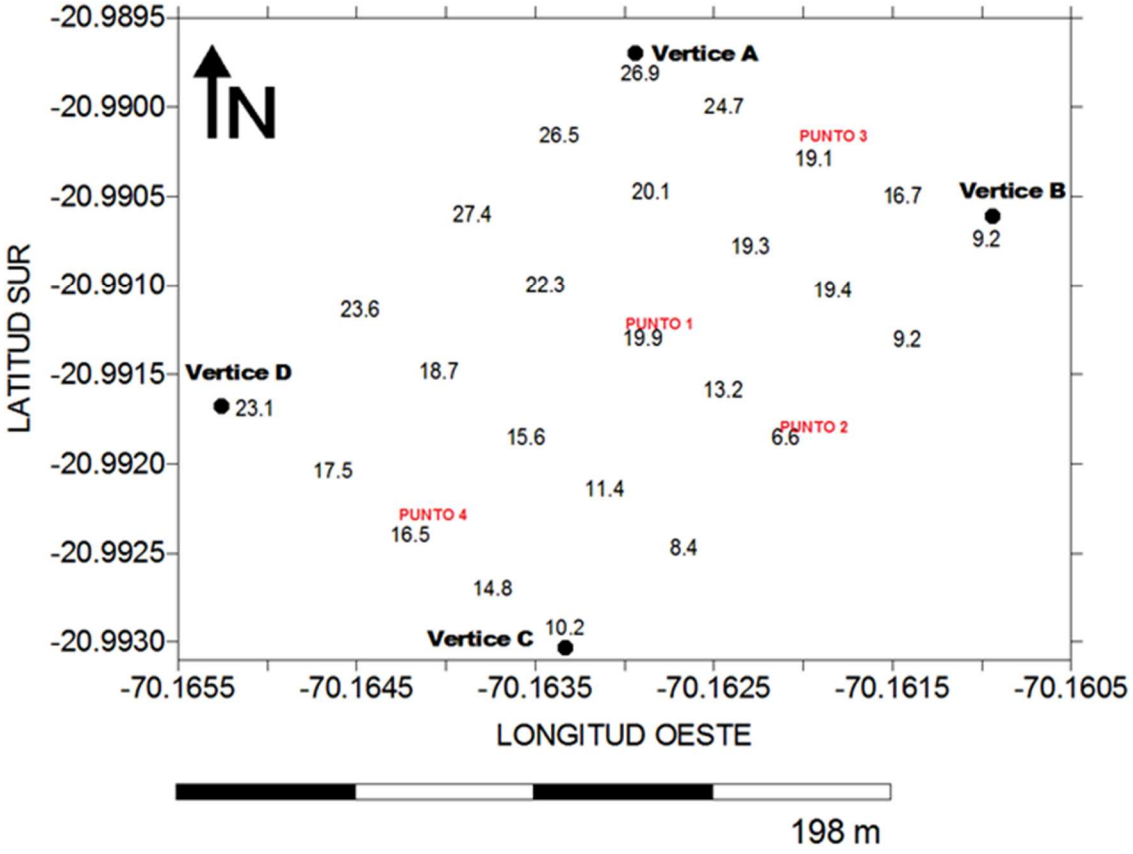

Figura 21. Identificación de los puntos dentro del polígono donde se realizaron mediciones de parámetros físicos con CTD en Caleta Rio Seco.

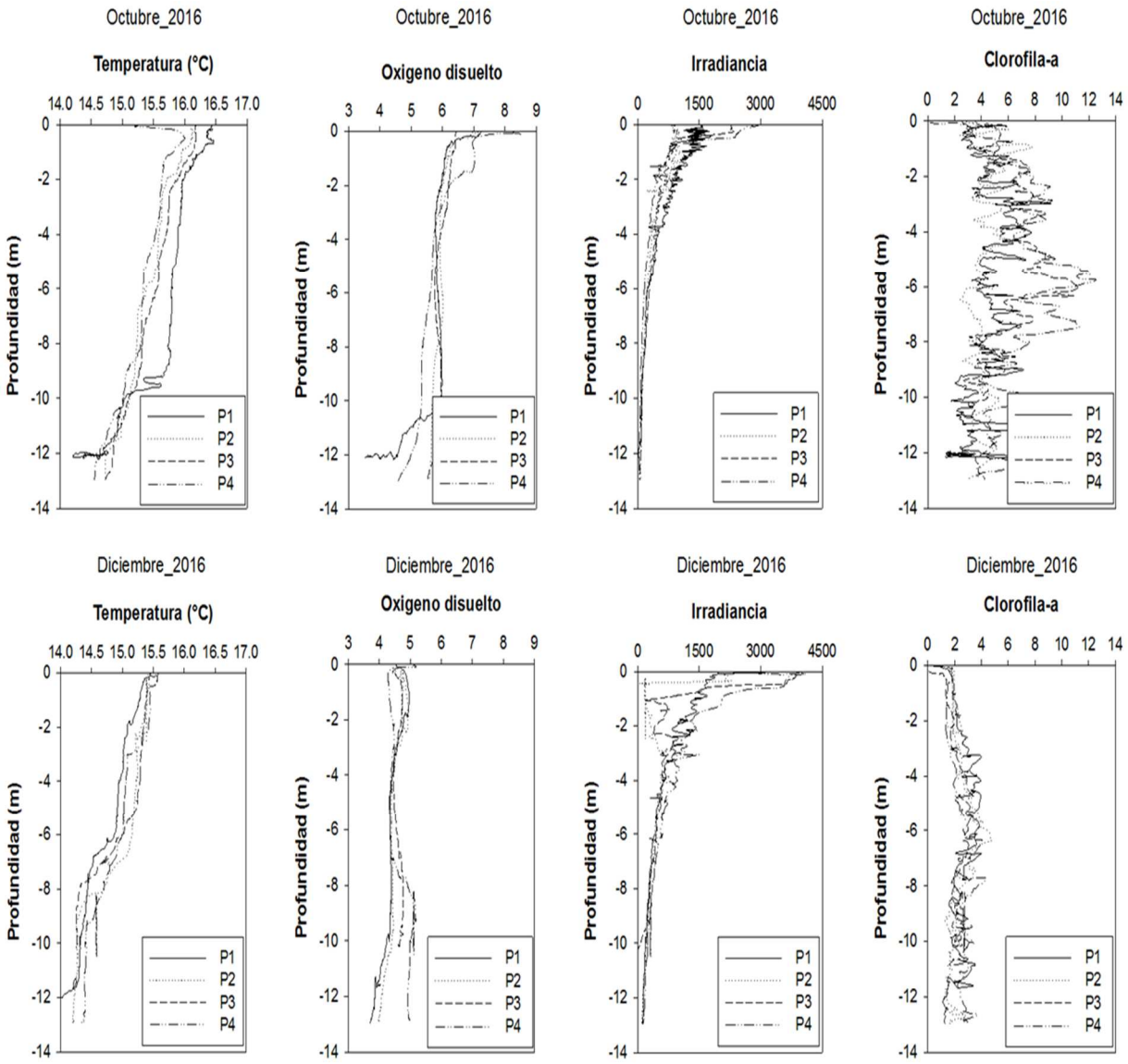

Figura 22. Caracterización del área de estudio en los meses de octubre y diciembre 2016 (temperatura, oxígeno disuelto, irradiancia y clorofila a) donde se desarrolló acuicultura de Chicorea y Huiro en Caleta Rio Seco, Iquique.

Figura 23. Taller Final de actividades del proyecto FAP: Contratación de un servicio de consultoría para la implementación de cultivo de algas marinas en el Sector B, perteneciente al Sindicato de la Caleta Río Seco, Iquique.

TABLAS

Tabla1. Trámites para solicitar un permiso de acuicultura en área de manejo. (*) Debe o no someterse de acuerdo a Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, y el D.S: N°40 de 2012 del Ministerio de l Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Los límites se encuentran referidos a los recursos y sus niveles de producción.

AEAMERB= acuicultura experimental en áreas de manejo.
AAMERB= acuicultura en área de manejo.

REQUISITOS	AEAMERB	AAMERB
1.- SOLICITUD Y PROYECTO TECNICO	x	x
2.- ANTECEDENTES QUE ACOMPAÑAN LA SOLICITUD		
Instrumento que acredite vigencia del representante de la organización.	x	x
Documento que acredite la representación legal de los representantes de la organización.	x	x
Copia simple de las cédulas de identidad de los representantes legales de la organización.	x	x
Copia simple de la cédula de identidad del profesional científico o técnico que suscribe la solicitud.	x	
Copia simple del RUT de la organización.	x	x
Certificado de Capitanía de Puerto que indique la no interferencia del área solicitada con la libre navegación y accesibilidad	x	x
Certificado de vigencia de la organización	x	
Croquis de las estructuras a utilizar	x	
Carta Gantt	x	
Acta de la Asamblea que aprueba la ejecución de la actividad de cultivo.	x	x
Diseño experimental de acuerdo a los objetivos del proyecto, justificando superficie, tipo, dimensiones y número de estructuras y tipo de ejemplares que se utilizarán	x	
3.- SISTEMA DE EVALUACION IMPACTO AMBIENTAL (SEIA)*	x	x

Tabla 2. Características de fondo y profundidad del Área seleccionada para realizar acuicultura en Área de Manejo de Río Seco.

Vértice	Profundidad (m)	Tipo de fondo
A	23	Conchuela fina
B	17	Piedra y conchuela fina
C	14	Piedra y conchuela gruesa
D	25	Conchuela gruesa
Centro	17	Conchuela fina

Tabla 3. Abundancia de *Choromytilus chorus* (Choro zapato) en sistema de cultivo de Chicorea de mar en Caleta Rio Seco.

Profundidad (m)	Semilla de mitílido/Unidad de Inoculación Chicorea (g)
0-2	65,1
2-4	30,9
4-6	14,9

A N E X O S

A N E X O 1

Decreto Supremo N°96, 2015

Decreto Supremo N°40, 2012

A N E X O 2

Carta Gantt presentada en Oferta Técnica.

1. Carta Gantt

OE	Actividades	Mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Recopilación de antecedentes para tramitación de permisos													
1	Tramitación de permiso													
2	Cotización y compra de materiales para la instalación del cultivo													
2	Compra y preparación de materiales para cultivo													
3	Compra plántulas y algas de cultivo													
3	Instalación de estanques para aclimatación.													
3	Aclimatación de plántulas													
3	Preparación de líneas madres con algas para el cultivo													
4	Charla explicativa del procedimiento de instalación de líneas para coordinación con los pescadores													
4	Ubicación de puntos geográficos del cultivo													
4	Instalación de cultivo													
5	Mantención del cultivo, toma de muestras y cosecha													
5	Toma de muestras													
5	Cosechas													
6	Edición de material audiovisual													
6	Análisis estadísticos vinculados al cultivo experimental													
6	Análisis de muestras													
T	Talleres													
I	Informes avance													
I	Informe Final													

A N E X O 3

Solicitud, Proyecto técnico y otros documentos solicitados (a).
Modificación Proyecto Técnico (b).

A N E X O 4

Resolución Exenta N°2583, Aprueba Proyecto técnico para desarrollar actividades de acuicultura en área de Manejo Rio Seco Sector B, I Región.

A N E X O 5

Estudio de Banco Natural presentado a la SSPA para realizar actualización de ESBA con el fin de incorporar el cultivo del Pelillo que por motivos de la nueva reglamentación quedó fuera del permiso de AAMERB en Caleta Rio Seco.

A N E X O 6

Asistencia Taller 1: Presentación proyecto y capacitación sobre confección e instalación de líneas de cultivo

A N E X O 7

Modificación de contrato, extiende plazo de ejecución proyecto.

A N E X O 8

Presentación de los resultados del proyecto (a)

Asistencia Taller Final (b)

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Sección Ediciones y Producción
Almte. Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl