



Proyecto FIC-AQUA

**Fomento de la productividad del sector pesquero artesanal
y acuícola de pequeña escala de la región de Atacama: Un
incentivo a la diversificación acuícola.**

Informe final



Este proyecto fue financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), del Gobierno regional de Atacama y fue ejecutado entre Octubre de 2013 hasta Diciembre de 2014



Marzo 2015



Proyecto FIC-AQUA

Informe Final 2015

Título

**Fomento de la productividad del sector pesquero artesanal
y acuícola de pequeña escala de la región de Atacama: Un
incentivo a la diversificación acuícola.**

Institución ejecutora:

Universidad de Atacama

Unidad Ejecutora:

Centro Regional de Investigación y Desarrollo Sustentable de Atacama
(CRIDESAT), Copiapó.

Marzo 2105

Miembros del proyecto

Director: Dr Cs. Biol. Bernardo Sepúlveda H. CRIDESAT

Director Alterno: Dr. Met. Osvaldo Pavez M., CRIDESAT.

Jefe de producción. Ing. Acuic. Rafael Crisóstomo G..

Protocolos : Biol. Marina Ivonne Faúndez A.

Técnicos: Ing. Acuic. Gabriela Ladrón de Guevara
Tec. Acuic. Cristian Fumey C.

Índice General

Resumen ejecutivo	01
1. Introducción	02
2. Justificación	05
3. Objetivos	07
3.1. Objetivo General	07
3.2. Objetivos Específicos	07
4. Metodología	08
4.1. Implementación de un hatchery multipropósito para producción de semillas de recursos bentónicos y macroalgas (OE 1).	08
4.1.1. Implementación del hatchery.	08
4.1.2. Producción de semillas de recursos bentónicos y macroalgas.	08
4.1.2.1. Producción de semilla de <i>Argopecten purpuratus</i> (ostión del norte).	08
4.1.2.2. Mantención de larvas	09
4.1.2.3. Preparación de colectores y placas de fijación.	11
4.1.2.4. Crecimiento de Juveniles.	12
4.1.2.5. Estimación de la productividad	12
4.1.2.6. Temperatura	13
4.1.2.7. Análisis Estadístico	13
4.1.3. Protocolo de cultivo de <i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo).	16
4.1.3.1. Características generales de la especie	16
4.1.3.2. Metodología de desove y obtención de nueva generación	17
4.1.3.2.1. Inducción al desove.	17
4.1.3.2.2. Desove de hembras y machos.	17
4.1.3.2.3. Fecundación	17
4.1.3.2.4. Traslado de huevos fecundados a acuarios.	18
4.1.3.2.5. Traslado acuarios a cámara de oscuridad.	18
4.1.3.3. Cultivo larval.	21
4.1.3.4. Acondicionamiento de placas de fijación.	21
4.1.3.5. Siembra de larvas competentes e inducción a la metamorfosis.	22
4.1.3.6. Aislamiento y metamorfosis.	26
4.1.3.7. Cultivo de postlarvas y juveniles tempranos.	27
4.1.4. Producción de <i>Gracilaria chilensis</i> (pelillo).	29
4.1.4.1. Producción.	29
4.1.4.2. Distribución y recomendaciones para instalación de “líneas de algas”.	30
4.2. Abastecimiento de semilla de los recursos marinos bentónicos a las áreas de manejo de los beneficiarios del proyecto (OE. 2).	32
4.3. Difusión del proyecto a sectores productivos participantes y a instituciones públicas y privadas regionales que	

	desarrollen actividades de pesca y acuicultura (OE. 3).	32
4.3.1.	Desarrollo de una imagen corporativa o imagen de proyecto.	33
4.3.2.	Lanzamiento y cierre de proyecto.	33
4.3.3.	Talleres, charlas y capacitaciones especializadas a beneficiarios.	33
4.3.4.	Entregas de semillas.	34
4.3.5.	Charlas informativas a estudiantes de establecimientos educacionales.	34
4.3.6.	Video documental del proyecto.	34
4.4.	Desarrollar un modelo de negocio del centro de producción con miras a la autosustentabilidad. (OE. 4)	35
5.	Resultados.	36
5.1.	Implementación del hatchery multipropósito para producción de semillas de recursos bentónicos y macroalgas (OE. 1).	36
5.1.1.	Implementación del hatchery.	36
5.1.2.	Producción de especies bentónicas marinas.	36
5.1.2.1.	Semilla de <i>Argopecten purpuratus</i> (ostión del norte).	36
5.1.2.2.	Sobrevivencia larval.	36
5.1.2.3.	Longitud de concha.	37
5.1.2.4.	Crecimiento de larval.	37
5.1.2.5.	Efecto en el número de semilla del saco colector cubierto por malla verde.	38
5.1.2.6.	Producción de semilla.	38
5.1.2.7.	Producción de semilla de <i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo).	43
5.1.3.	Producción de la macroalga <i>Gracilaria chilensis</i> (pelillo).	45
5.1.4.	Indicadores.	46
5.1.4.1.	Semilla de <i>Argopecten purpuratus</i> (ostión del norte).	46
5.1.4.2.	Semilla de <i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo).	46
5.1.4.3.	Producción de la macroalga <i>Gracillaria chilensis</i> (pelillo).	47
5.2.	Abastecimiento de semilla de los recursos marinos bentónicos a las áreas de manejo de los beneficiarios del proyecto (OE. 2).	47
5.2.1.	<i>Argopecten purpuratus</i> (ostión del norte).	47
5.2.2.	<i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo).	48
5.2.3.	<i>Gracilaria chilensis</i> (pelillo).	49
5.2.4.	Indicadores.	49
5.2.4.1.	Producción de semilla de <i>Argopecten purpuratus</i> (ostión del norte).	49
5.2.4.2.	Producción de semilla de <i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo).	49
5.2.4.3.	Producción de la macroalga <i>Gracillaria chilensis</i> (pelillo).	49
5.3.	Difusión de resultados (OE. 3).	50
5.3.1.	Difusión.	50
5.3.2.	Indicador.	52
5.4.	Modelo de negocio del centro de producción (OE. 4).	53
5.4.1.	Modelo.	53
5.4.2.	Indicador.	54

6.	Impacto real versus esperado del proyecto.	55
7.	Discusión y consideraciones generales.	57
8.	Conclusión.	59
9.	Bibliografía.	60
10.	Anexo	63

Índice de Tablas

Tabla 1.	Características de los grupos de desove de ostión.	11
Tabla 2.	Resumen de las etapas de fijación y siembra de <i>Agropecten purpuratus</i> .	42
Tabla 3.	Resultado de la obtención de larvas de erizo rojo, con los reproductores disponibles en Julio de 2014.	43
Tabla 4.	Resultado de cantidad de semillas entregadas a los usuarios del proyecto.	48

Índice de Figuras

Figura 01.	Localización de la estación experimental El Morro, de la Universidad de Atacama. Mapa adaptado de Suárez y col (2004).	09
Figura 02.	Colector artificial usado en el cultivo experimental; (a) bolsa colector hecho de netlon y malla verde para fijación de larvas en tanque, (b) sistema en escalera de sacos colectores para crecimiento de juveniles.	14
Figura 03.	Comparación entre promedio diario de temperatura (tomado a 20 cm de profundidad) entre diciembre 2013 y noviembre 2014, tomado en los tanques de experimentación y datos históricos de SERNAPESCA.	15
Figura 04.	Estructura de <i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo).	16
Figura 05.	Ejemplares de <i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo) inducidos esperando el desove.	19
Figura 06.	Gametos de <i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo) decantados en el fondo del contenedor.	19
Figura 07.	Ejemplares machos de <i>Loxechinus albus</i> (erizo rojo) boca abajo en placas petri esperando la emisión de espermios, el semen se observa en la fotografía inferior.	20
Figura 08.	Etapas de desarrollo larval de <i>Loxechinus albus</i> .	23

Figura 09.	Larva en estado de 8 brazos avanzado de <i>Loxechinus albus</i> : a. pedicelario, b. rudimento equiniano.	25
Figura 10.	Larva en estado de 8 brazos avanzado de <i>Loxechinus albus</i> en proceso de absorción de brazos. a. Pedicelario, b. Bandas ciliares desarrolladas. c. Absorción de brazos o recogimiento.	25
Figura 11.	Larva en estado de 8 brazos avanzado de <i>Loxechinus albus</i> en proceso de absorción de brazos. a. Rudimento equiniano.	25
Figura 12.	Estanque de asentamiento de larvas de erizo <i>Loxechinus albus</i> .	26
Figura 13.	Juveniles tempranos de erizo rojo <i>Loxechinus albus</i> de 30 días de edad.	28
Figura 14.	Juveniles tempranos de erizo rojo <i>Loxechinus albus</i> de 60 días de edad, distribuidos en placas de policarbonato.	28
Figura 15.	Confección, empacado y despacho de líneas con algas en Chiloé.	29
Figura 16.	Figura 13. Recepción y mantención de líneas con algas en Bahía Inglesa.	30
Figura 17.	Transporte, distribución y recomendaciones para instalación de algas, acuicultores de Calderilla.	31
Figura 18.	Instalación de “líneas de algas” de primera generación en instalaciones de CRIDESAT.	31
Figura 19.	Instalación líneas de algas <i>Gracilaria</i> , en concesión CRIDESAT.	31
Figura 20.	Sobrevivencia de <i>Argopecten purpuratus</i> en cinco grupos de desove se expresa como porcentaje de larvas sobrevivientes desde el día 3. Los valores corresponden a promedio $\pm$ SD con $n = 3$ réplicas de tanques de cultivo para cinco grupos de diferentes estaciones. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos, determinada con ANOVA de una cola y prueba de Tukey.	39

- Figura 21.** La longitud de la concha de *Argopecten purpuratus* en los 5 grupos de desove, desde el tercer día. Los valores corresponden a promedio $\pm$ SD con $n = 2$ (tanques de cultivo). Las letras indican significación estadística ($p < 0,05$) entre los grupos, determinado con ANOVA de una cola y prueba de Tukey. 40
- Figura 22.** Tiempo de crecimiento sobre 1500 de grupos de *Argopecten purpuratus*. Los valores corresponden a promedio $\pm$ SD con $n = 3$ (tanques de cultivo). Las letras indican significación estadística ($p < 0,05$) entre los grupos, determinado con ANOVA de una cola y prueba de Tukey. 41
- Figura 23.** Número de semillas y longitud de concha en tratamientos con sacos colectores cubiertos con malla verde y descubiertos. Los datos se obtuvieron dos veces con diferentes muestras (días 23 y 58). La significancia estadística se obtuvo con la prueba t de Student. El asterisco indica (*) $p < 0,05$. 41
- Figura 24.** Estimación del número de semillas desde los grupos experimentales. 42

Resumen ejecutivo

La pesca artesanal en Chile ha pasado de un gran auge entre los años 1980 y 1990 a una importante disminución de desembarques en los últimos años. La implementación de planes de manejo ha buscado la sustentabilidad de los recursos en el tiempo. Sin embargo, actualmente la pesca artesanal está inmersa en una profunda crisis, producto de la sobre explotación de recursos pesqueros, sumado a los efectos del cambio climático y otros agentes perturbadores. Pese a los esfuerzos realizados por la institución pública por mitigar los efectos de esta crisis pesquera, aún no se ha logrado dar sustentabilidad al sector. En este contexto, varias organizaciones de pesca artesanal de la región de Atacama han presentado su interés por implementar medidas y programas que ayuden a mitigar esta crisis (vía Programa de Fomento para la Pesca Artesana, PFPA), específicamente en Áreas de Manejo (AMERB) con programas de acuicultura para la extracción de recursos bentónicos (por ej: algas, erizos, etc).

Por su parte, los pequeños acuicultores de la región de Atacama, atraviesan por una importante disminución en su productividad generada, principalmente, por el escaso abastecimiento de los primeros estados de desarrollo de especies con importancia comercial (por ej: semillas de ostión). Este tipo de problemática tiene relación directa con la probabilidad de éxito tanto en términos productivos como de actividades asociadas a la acuicultura a pequeña escala.

Por lo anterior, este proyecto canalizó los esfuerzos en la búsqueda de nuevos polos de desarrollo acuícola que permiten asegurar una constante productividad. Así, se implementó un modelo de centro de producción acuícola regional multipropósito (hatchery) en el que se desarrollaron y transfirieron las técnicas de cultivos artesanales de ostión, erizo rojo y macroalga pelillo de primera calidad a los beneficiarios.

1. Introducción

En los últimos años ha emergido la necesidad de observar la actividad acuícola-pesquera como parte de un sistema mayor a las clásicas abstracciones poblacionales sobre las cuales se han diseñado en la actualidad la mayoría de las estrategias de explotación en pesquerías. Estas estrategias han considerado como supuesto, que la explotación de las especies depende únicamente de sus propiedades poblacionales, dejando como constante todo aquello que proviene de su entorno ecológico (i.e. abastecimiento de semillas) y ambiental (i.e. efectos del clima y otras perturbaciones antrópicas). El sector acuícola-pesquero artesanal de la región de Atacama, y en general, el desarrollo de las actividades actuales y potenciales, se encuentra condicionado por el nivel de conocimiento y entendimiento de las especies de interés comercial y por el abastecimiento de semillas que permitan una constante producción a lo largo del tiempo. Es ampliamente aceptado que la carencia de información básica y sus aplicaciones tecnológicas limita el

rentabilidad al sector. La industria está resentida. Según las últimas cifras de la subsecretaría de Pesca, la producción entre enero y noviembre de 2012 bajo un 46,6% respecto a igual periodo de 2011. En total se cosecharon 5,4 mil toneladas, principalmente en las regiones de Atacama y Coquimbo. Sin embargo, esta última reportó casi el 65% de las cosechas. Las exportaciones y el precio de venta, por tanto, también han visto una baja. Mientras que en los primeros 11 meses de 2011 se exportaron 1.096 Ton en US\$ 14,5 millones, en 2012 la cifra bajó a 545 toneladas a un valor de US\$ 7,6 millones. En total, las exportaciones han caído un 50,3 % y el precio ha registrado un alza de 5,7 %.

establecidas en las diferentes estrategias regionales: “Estrategia regional de desarrollo de Atacama 2007 -2017”, en sus líneas:

Nº 1: “Desarrollo del capital humano en la formación de técnicos” en el área productiva acuícola, creando las capacidades técnicas de apoyo a la actividad profesional, con capital humano regional.

Nº 3: “Promoción de la investigación e innovación” desarrollando el I+D+i potenciando el sector de pesca y acuicultura, contribuyendo a la diversificación de la base económica regional y dando sustentabilidad a los procesos productivos, promocionando las alianzas público-privadas para el desarrollo del sector acuícola pesquero artesanal.

Nº 5: “Diversificación y mayor dinamismo de la economía regional”, promoviendo una región diversificada tanto en su canasta de productos como en los países de destino sustentada en una producción de bienes y servicios que incorpora nuevos conocimientos e innovación permanente, a partir de del desarrollo de actividades basadas en el uso eficiente de sus recursos y potencialidades en el marco de un desarrollo sustentable ambiental y territorialmente. También como objetivo está el adecuar el desarrollo de capacidades y competencias empresariales y laborales en emprendimiento, innovación y gestión para mejorar la competitividad de las empresas. También, enmarcado dentro de las estrategias de desarrollo regional 2010-2014, en sus líneas de innovación y emprendimiento sustentable así como los objetivos de la “Agenda de innovación y competitividad 2010-2020” el que busca promover la innovación empresarial, teniendo la ciencia, la tecnología y el capital humano como factores fundamentales.

2. Justificación

La implementación de un hatchery multipropósito es una iniciativa pionera en la región, considerando que en la actualidad no existen otras alternativas cuyo objetivo sea el fomento de la pequeña y mediana acuicultura, pero que además canalice sus esfuerzos en un marco de sustentabilidad, aportando a la repotenciación de las áreas de manejo, convirtiéndose en el primer centro de producción, transferencia y difusión del rubro acuícola de la región, de origen público.

El proyecto busca además, promover la innovación empresarial, considerando la tecnología y el capital humano como factores fundamentales. Esta iniciativa, pretende potenciar el sector de pesca y acuicultura, contribuyendo a la diversificación de la base económica regional y dando sustentabilidad a los procesos productivos, promocionando las alianzas público-privadas para el desarrollo del sector acuícola pesquero artesanal. Además aportará a la formación de capital humano, creando alianzas estratégicas con instituciones técnicas de la región (colegios)

El proyecto se enmarca bajo los lineamientos de las diferentes estrategias regionales de desarrollo. Dentro de la actividad acuícola son diversos los riesgos asociados a los procesos de producción, como la mala aplicación de técnicas de cultivo de las diferentes especies de interés, inconvenientes externos como fallas sistémicas ambientales o internas como negligencias en la mantención de los sistemas. Estos riesgos inherentes de la actividad, serán pormenorizados por la contratación de profesionales de vasta experiencia en el área y por la implementación de procesos bajo rigurosas normas y protocolos conocidos para una correcta operación, supervisadas por profesionales y técnicos capacitados en el rubro. Así, cada riesgo detectado, estará sujeto a un plan de contingencia previamente establecido, para asegurar el éxito de los procesos.

En este proyecto se esperaba Implementar un hatchery multipropósito para producción de semillas de recursos bentónicos y macroalgas; consistiendo en una instalación implementada para la producción de los recursos bentónicos como el ostión del norte y el erizo rojo y para la macroalga pelillo, además de la implementación de equipamiento de apoyo en actividades transversales.

En segundo lugar se esperaba abastecer de semilla de los recursos marinos bentónicos mencionados a los beneficiarios del proyecto; traspasando estados tempranos de las especies producidas en el hatchery a los pescadores artesanales con áreas de manejo para realizar el repoblamiento. Dentro de esta misma idea (3) se abastecería a pequeños acuicultores las mismas especies pertenecientes a la ACUPRAT, los que tengan concesiones autorizadas para actividad de acuicultura.

En tercer lugar, se esperaba difundir el proyecto a sectores productivos participantes y a instituciones públicas y privadas regionales que desarrollen actividades de pesca y acuicultura. Se esperaba difundir el resultado de éste proyecto mediante Talleres de difusión, contando con la participación de expertos nacionales y/o internacionales en temas de pesca y acuicultura. Por otra parte, se buscaba hacer visitas guiadas al centro de producción dirigidas a instituciones públicas o privadas que deseen ampliar sus conocimientos y capacidades (i.e. colegios técnicos, beneficiarios indirectos, entre otros).

Finalmente, se buscaba desarrollar un modelo de negocio del centro de producción con miras a la autosustentabilidad. El modelo debe contemplar entre otros ítems, el plan de operaciones, y el financiero y el de control del centro.

En relación al impacto esperado al concebir el proyecto, se buscaría impactar directamente contribuyendo al desarrollo e innovación del sector pesquero y acuícola de la región y generando asociatividad y/o participación en proyectos relacionados con el área, ya sea con instituciones públicas, privadas u otras universidades o centros de investigación. También se esperaba reconocimiento del centro de producción y del CRIDESAT-UDA, a nivel regional en las gestiones técnicas regionales y nacionales. También se esperaba impactos indirectos como la generación de empleo regional del área acuícola y un impacto en el ecosistema marino, a través del repoblamiento de especies en las áreas de manejo con consecuencia en el aumento del número de individuos de las especies marinas. Un impacto que se espera como resultado de las actividades de este proyecto es el aumento de los ingresos económicos en este sector.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Fomentar la productividad del sector pesquero artesanal y acuícola de pequeña escala de la región de Atacama.

3.2. Objetivos específicos

3.2.1. Implementar un hatchery multipropósito para producción de semillas de recursos bentónicos y macroalgas.

3.2.2. Abastecer de semilla de los recursos marinos bentónicos mencionados a las áreas de manejo de los beneficiarios del proyecto.

3.2.3. Difundir el proyecto a sectores productivos participantes y a instituciones públicas y privadas regionales que desarrollen actividades de pesca y acuicultura.

3.2.4. Desarrollar un modelo de negocio del centro de producción con miras a la autosustentabilidad.

4. Metodología

4.1. Implementación de un hatchery multipropósito para producción de semillas de recursos bentónicos y macroalgas (OE 1).

4.1.1. Implementación del hatchery

El proyecto se desarrolló en una instalación ubicada en el Morro, Caldera (Figura 1). Esta infraestructura está construida y con implementación básica para para funcionar como hatchery, o sistema de producción de semillas de especies marinas; por lo que contaba con componentes básicos, como motores, instalación para conducir agua de mar, estanques, etc. Sin embargo fue necesario reconectar el suministro de energía eléctrica a toda la instalación. Por otra parte se implementó laboratorios técnicos de microscopía y cultivo de algas. En general se implementó materiales y componentes para hacerlo operativo, lo cual no requirió sino de cuestiones básicas.

4.1.2. Producción de semillas de recursos bentónicos y macroalgas.

4.1.2.1. Producción de semilla de *Argopecten purpuratus* (ostión del norte).

Los estados de larva, post-larval y semillas de *Argopecten purpuratus* se produjeron en el periodo 2013-2014, en el Laboratorio de investigación Marina de la Universidad de Atacama; localizado en El Morro (Figura 1), Bahía Inglesa, Chile (27° 08' 13.6" S, 70° 54' 22.4" W). Los reproductores de *A. purpuratus* se obtuvieron en un hatchery comercial de la bahía. Para cada ensayo, se seleccionó 200 ejemplares adultos de acuerdo a su madurez sexual y se indujeron a desovar. El desove fue planificado bimensualmente desde Noviembre 2013 a Diciembre 2015, con un total de 5 grupos de desove.

El desove se indujo poniendo los reproductores en linternas pequeñas y en agua marina por al menos dos días (tanque de 24.000 L). Posteriormente, los reproductores se pusieron en una superficie sólida y se sometieron a deshidratación

en luz natural por 3 h a temperatura ambiente. Luego los reproductores fueron retornados al tanque, en el cual se agregó un macerado de gónadas de los reproductores. Las larvas D fueron observadas entre 2 y 3 después. Todos los procedimientos se ejecutaron usando agua de mar, la cual fue succionada desde 450 m y desde profundidad de 7.5 m.

4.1.2.2. Mantención de larvas

Las larvas fueron mantenidas en un tanque flexible (marco metálico soportando una cubierta de geomembrana PVC) de 24,000 L (4,7 x 4,3 x 1,75 m), usándose tres tanques para cada grupo de desove. El agua de mar usada en los cultivos fue filtrada a través de filtros de 10 μ m y sin tratarse con radiación UV. No se usó aditivos o antibióticos durante la fase larval, el agua se oxigenó y se controló la temperatura.

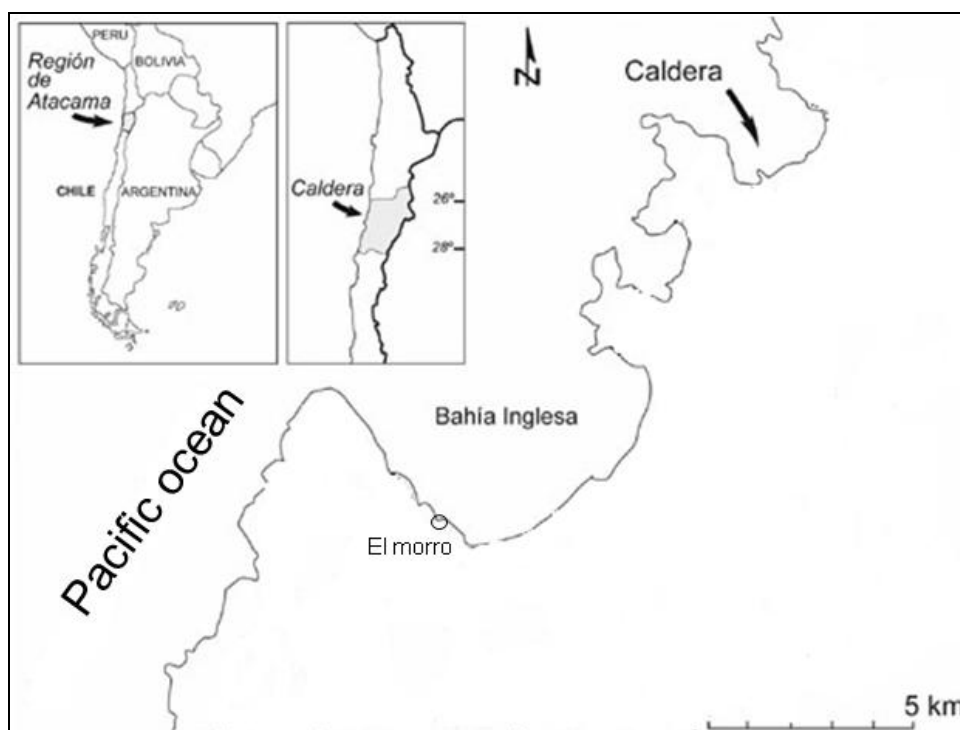


Figura 1: Localización de la estación experimental El Morro, de la Universidad de Atacama. Mapa adaptado de Suárez y col (2004).

Las larvas en estado D se filtraron 72 h después del desove, usando malla de 53 μm ; después de resuspenderlas in 20 L de agua, se estimó el número de larvas en el tanque por conteo en un mililitro y en triplicado, extrapolando el valor a los 20 litros.

De acuerdo a estudios previos en el laboratorio, las larvas scallop se cultivaron y evaluaron a concentración menor de 4 larvas por mL, usándose 1,5; 3,5; 2,5; 2,3 y 2,6 larvas por mL, estos fueron los grupos de desove del 1 al 5. Cada 48 horas se renovó un tercio del agua marina y semanalmente los tanques se drenaron completamente para sanitizarlos. La dieta de las larvas fue la especie de alga unicelular *Nanochloris sp.* Desde el día 7, las larvas fueron alimentadas con una densidad de $0,8 \times 10^3$ células/mL y $1,5 \times 10^3$ células/mL durante los días 10 al 14; $2,1 \times 10^3$ células/mL en los días 15 al 18; 5×10^3 células/mL en los días 19 al 22 and 10×10^3 células/mL en los siguientes días. Las microalgas fueron alimentación suplementaria a la proveniente del agua de mar. Todos los ensayos se hicieron bajo luz día reducida y sin control de fotoperiodo durante todo el proceso. Una vez por semana, las paredes y las superficies de los tanques se limpiaron rigurosamente, eliminando larvas muertas y sedimentos.

Se filtró larvas en los días 3, 10, 18, 25 y 40 usando mallas 53, 75, 100, 120 y 150 (μm) y se evaluó la densidad. Después de drenar y filtrar completamente el agua de los tanques, las larvas se resuspendieron en 20 litros de agua; 100 ml de la suspensión se diluyó en 1000 mL de agua, luego 1 mL de la suspensión se usó para determinar la densidad larval (microscopio). La densidad larval en el volumen removido se usó para calcular el porcentaje de sobrevivencia, basado en la densidad inicial larval a los tres días. En la finalización de cada cultivo experimental, solo se contó larvas listas para fijación; para determinar el tamaño larval, se midió 30 larvas desde muestras tomadas en triplicado.

Tabla 1. Características de los grupos de desove de ostión.

Grupo	Densidad inicial (larvas/ml)	inicio de desove	Fin de cultivo	Estación
1	1.5	16-nov-2013	11-dec-2013	Prim-verano
2	3.5	24-dec-2013	18-jan-2014	Verano
3	2.4	10-mar-2014	04-apr-2014	Otoño
4	2.7	15-may-2014	24-jun-2014	Invierno
5	2.6	29-sep-2014	24-oct-2014	Primavera

4.1.2.3. Preparación de colectores y placas de fijación.

En cada tanque de fijación, se sumergió cerca de 150 colectores de netlon (60 cm de largo, 10 mm de diámetro). Para preparar sacos de netlon bag, los colectores de netlon se enrollaron hasta 30 cm de largo, luego dos colectores netlon se pusieron dentro de otro netlon; resultó una estructura de aproximadamente 60 cm long (Figura 2a). Para generar la formación de una capa microbiana (biofilm), los sacos de netlon se mantuvieron en el mar durante un mes antes de iniciar la fijación de las larvas. Cerca de 50 sacos de netlon con biofilm se distribuyeron al azar en tanques (dimensiones ya indicadas antes) de 12.000 litros de agua.

Los tanques se limpiaron y rellenaron con agua de mar en las mismas condiciones usadas en los pasos de crianza. Previamente al inicio de la fijación (día 25 o 40), las larvas de los tanques se filtraron usando malla de 120 y 150 μm ; se determinó la longitud larval y características como la mancha ocular o el pie. Cuando las larvas alcanzaron cerca del 60 % de la mancha ocular o del pie, se transfirieron a los tanques de fijación. Las larvas remanente, de tamaño más pequeño ($<120 \mu\text{m}$) se transfirieron a otros cultivos. La densidad postlarval para cada grupo, variando de 0.7 a 1.0 larva/mL, se mantuvo tres tanques por grupo en las mismas condiciones (temperatura, aireación y tratamiento con radiación UV), como se describe para la crianza de larvas); pero, con mayor cantidad de alimento, de acuerdo al estudio

previo hecho en el laboratorio; esto fue *Nanochloris sp* 20×10^3 células por mililitro cada dos días, duplicándose cada 15 días.

Cada 48 horas, se renovó 1/3 del agua de mar de mar en los tanques, sin remover los sacos colectores, sin embargo, igualmente, cada semana los tanques se drenaron completamente y se limpiaron. A los estados post larvales se le midió el largo hasta 15 después del día 59, se evaluó tres colectores por tanque de fijación ($n= 30$). La longitud larval desde 1500 μm determine el final del estado en fijación. Por sobre la finalización de la fijación, los sacos de netlon se envolvieron en malla verde con mesh de 1 mm de diámetro (ver Figura 2a) y puestos nuevamente en los tanques de fijación.

4.1.2.4. Crecimiento de juveniles

En el mar se implementó un sistema de cultivo colgante, cerca de la costa ($27^{\circ} 08' 6.4''$ S, $70^{\circ} 54' 11.3''$ W) al frente del laboratorio, todos los sacos colectores provenían de los tanques de fijación. Cinco sacos colectores se dispusieron como los peldaños de una escalera, cada escalera se suspendió independientemente en una línea (3 líneas, cada una de 100 metros), con distancia de 1 m entre escalera, alcanzando profundidad de 1,5 a 2 m. Para observar el efecto de la malla verde en la producción de semilla, siete colectores no fueron envueltos con la malla mencionada durante el estado de fijación en el grupo 3. Desde la fecha de desove (uno o dos meses de crecimiento) 7 bolsas colectoras de cada grupo fueron seleccionados al azar, y se determinó la cantidad de juveniles. Se determine la longitud de la concha de 30 individuos.

4.1.2.5. Estimación de la productividad

Se estableció una transecta perpendicular a la costa, cubriendo una distancia aproximada de 1,2 Km. En esta se instaló cinco grupos de bolsas colectoras, con total de 378 (G1), 308 (G2), 490 (G3), 352 (G4) and 390 (G5) bolsas colectoras,

entre diciembre de 2013 y diciembre de 2014, con intervalos de 120 mt. Se estimó la producción de juveniles.

4.1.2.6. Temperatura

Diariamente en los tanques se determinó la temperatura del agua de mar a 20 cm de profundidad (12,000 y 24,000 L). La temperatura mensual informada por SERNAPESCA (2014) para la localidad se usó como referencia y se muestra en la Figura 3.

4.1.2.7. Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico, los datos de sobrevivencia (%) se transformaron en arcsen de la raíz cuadrada, para normalizarlos (McDonald 2014). Se usó el análisis de varianza de una cola (ANOVA) para determinar diferencias ($P < 0.05$) en sobrevivencia, la longitud de conchas y crecimiento diario por grupo. Cuando se encontró diferencias significativas entre grupos, se comprobó usando la prueba de Tukey. Cuando solo había dos tratamientos, como el caso del número de semillas para dos tipos de colectores, se verificó con la prueba t de Student. Todos los procedimientos estadísticos se hicieron con el software SPSS (8.0).

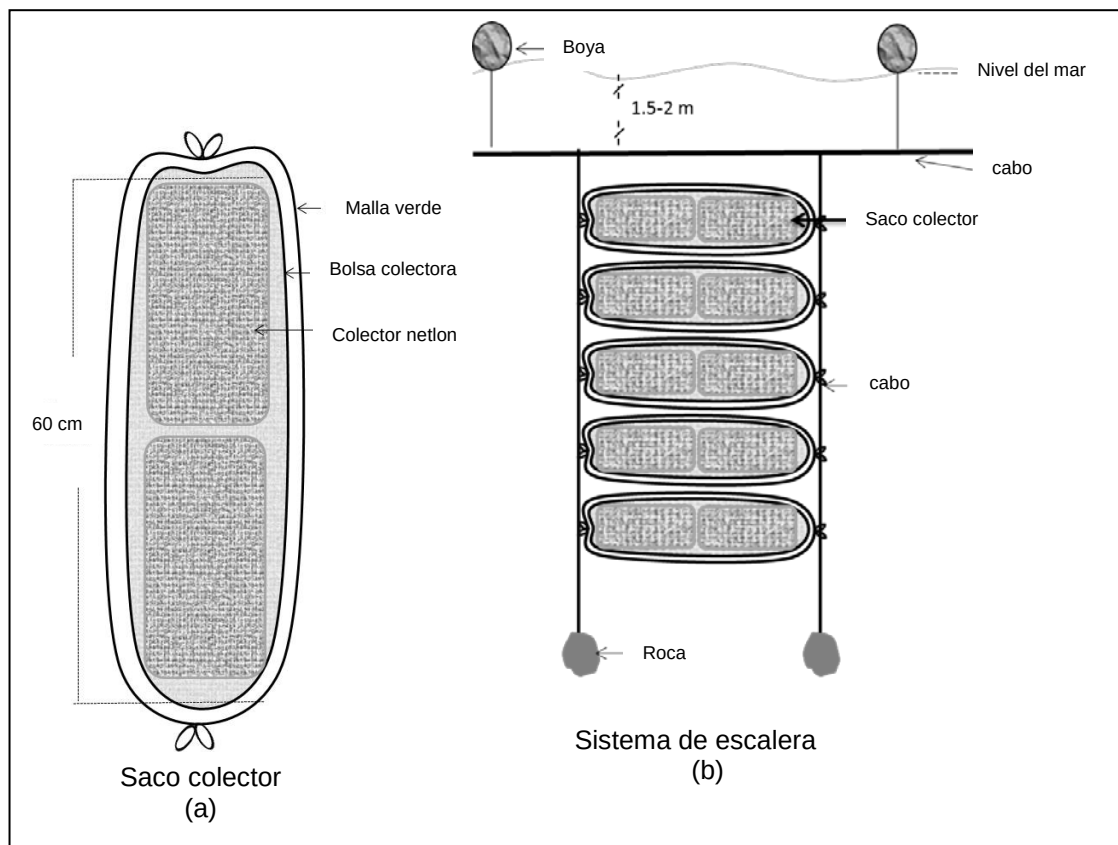


Figura 2. Colector artificial usado en el cultivo experimental; (a) bolsa colector hecho de netlon y malla verde para fijación de larvas en tanque, (b) sistema en escalera de sacos colectores para crecimiento de juveniles.

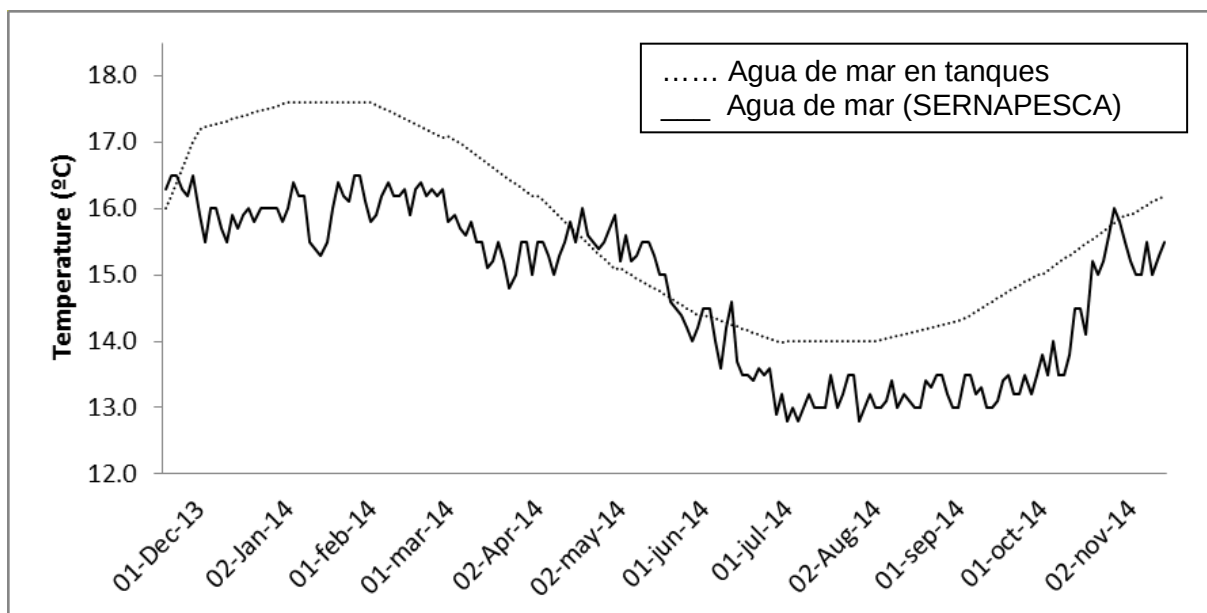


Figura 3: Comparación entre promedio diario de temperatura (tomado a 20 cm de profundidad) entre diciembre 2013 y noviembre 2014, tomado en los tanques de experimentación y datos históricos de SERNAPESCA.

4.1.3. Protocolo de cultivo de *Loxechinus albus* (erizo rojo).

4.1.3.1. Características generales de la especie:

El erizo rojo es un organismo dioico (individuos machos e individuos hembras), con fecundación externa y que no presenta dimorfismo sexual. Su aparato reproductor tiene cinco gónadas unidas por mesenterios en la parte interna de su caparazón. Tiene un caparazón hemisférico de color verde, con tonalidades rojizas o moradas. Esta especie forma gametos (para la reproducción) desde los 20 a 25 mm de diámetro; pero, se estima que el tamaño de madurez en las hembras se produce a los 45 mm y en los machos a los 55 mm (Bay-Schmith *et al.*, 1981; SUBPESCA, 1994). La época de reproducción se extiende entre noviembre y diciembre en la zona norte de Chile, mientras que en la zona central y sur ocurre entre julio y diciembre. La boca del erizo está en la parte inferior del caparazón; es decir pegada al sustrato, está formada por una estructura llamada linterna de Aristóteles con cinco dientes y rodeada de una membrana, que es la parte más vulnerable del erizo. El ano y los gonoductos se encuentran en la parte superior del caparazón (Fig. 4).

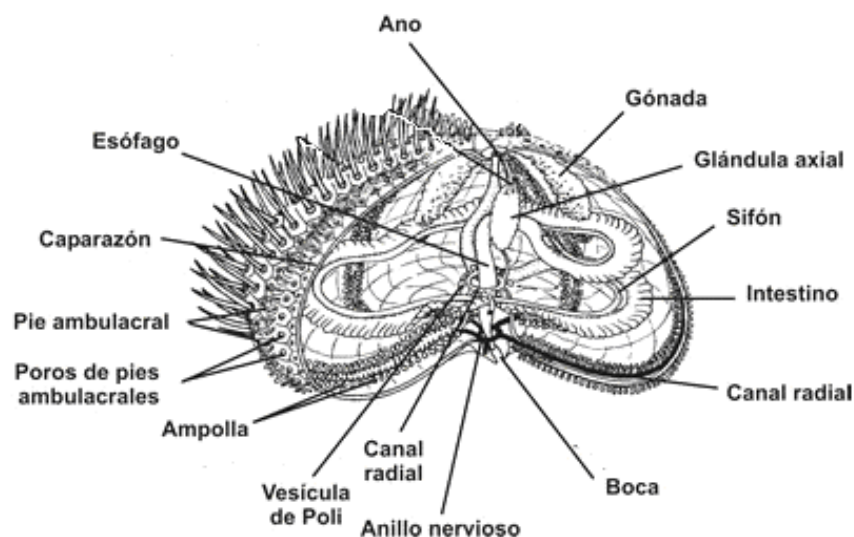


Figura 4: Estructura de *Loxechinus albus* (erizo rojo)

4.1.3.2. Metodología de desove y obtención de nueva generación

4.1.3.2.1. Inducción al desove

Para inducir el desove de los ejemplares de erizo, se utilizó una solución de Cloruro de potasio (KCl, 0,5 Molar; 9 ml KCl disueltos en 250 ml de agua). Se inyectó 3 ml la solución inductora en la membrana alrededor de la boca (peristomal). Cada ejemplar se inyectó tres veces con 1 ml cada vez. Los ejemplares inyectados se dejaron con los gonoductos hacia abajo en una placa Petri, es decir los ejemplares se ponen boca arriba, a la espera del desove.

4.1.3.2.2. Desove de hembras y machos

Debido a que la especie no presenta dimorfismo sexual, es decir no se puede diferenciar machos de hembras, solo al momento del desove se puede saber el sexo. Los ejemplares hembra liberan gametos color amarillo naranja, correspondiendo a ovocitos) y los machos color blanco (espermios). Una vez inyectados, los ejemplares machos son colocados en la boca de un vaso de vidrio con agua de mar, en la misma posición anterior para que los gametos decanten al fondo del vaso (Figura 5 y 6). Los ejemplares machos son dejados boca abajo en las placas petri (Figura 7).

4.1.3.2.3. Fecundación

Cuando los ejemplares terminaron de desovar, se induce la fecundación de los huevos; para ello, una alícuota (punta de pipeta) de espermios se traspasa al vaso con huevos y se revuelve para homogenizar mezcla y se deja reposar la mezcla por 3 minutos. La fecundación es instantánea y su corroboración se observa por la aparición de la membrana de fecundación, lo que se evaluó en el microscopio.

4.1.3.2.4. Traslado de huevos fecundados a acuarios.

Finalmente, los huevos fecundados que se encuentran en los vasos de vidrio; después de tres minutos son traspasados a los acuarios, llenados con agua de mar microfiltrada e irradiada con luz UV. Se espera que los huevos fecundados decanten y aproximadamente después de 15 a 20 min se hace el cambio de agua, solo se debe eliminar el sobrenadante con precaución para no perder huevos y se rellenan con un chorro de agua suave en las paredes del acuario. El recambio de agua de los acuarios se realiza cuatro veces.

4.1.3.2.5. Traslado acuarios a cámara de oscuridad.

Finalmente, los huevos (estado fecundado, las ovas no fecundadas se llaman técnicamente ovocitos) se trasladan a acuarios puestos en una cámara de oscuridad hasta obtener larva prisma, las que se trasladan a estanques para su cultivo larval. Una vez transcurridas las 48 horas en los estanques de desarrollo embrionario, las larvas prisma, equinopluteus, en los recipientes se encuentran distribuidas en toda la columna de agua y son sifoneadas desde la superficie del agua, específicamente los 10 cm más próximos a ella con el objetivo de seleccionar las larvas que tengan mayor movimiento. Posteriormente se evaluó la cantidad de larvas por volumen utilizando una cámara de conteo. Las larvas prisma fueron trasvasiadas a un estanque rectangular de 12.000 L de volumen, para iniciar el cultivo larval.



Figura 5. Ejemplares de *Loxechinus albus* (erizo rojo) inducidos esperando el desove.



Figura 6. Gametos de *Loxechinus albus* (erizo rojo) decantados en el fondo del contenedor.



Figura 7. Ejemplares machos de *Loxechinus albus* (erizo rojo) boca abajo en placas petri esperando la emisión de espermios, el semen se observa

4.1.3.3. Cultivo Larval

Esta etapa comprende desde de la obtención de larvas prismas, hasta el estado de larva premetamórfica, proceso que tarda alrededor de 23 días, dependiendo de la temperatura, alimentación y densidad de cultivo (Pereira, 1996). (Fig. 8)

Al comienzo del cultivo, las larvas se sembró a densidad de 0,5 a 1 larvas por ml, densidad optima lograda en las diferentes pruebas de cultivo realizadas durante el desarrollo del proyecto.

No se usó aeración, ya que según lo observado en las diferentes pruebas el movimiento produce deformación en los brazos de las larvas. Cada dos días se realiza cabio del 50 % del volumen de agua, utilizando un tambor de doble filtro para flujo continuo.

El suministro de alimento de los erizos se hace directamente a los estanques de cultivo una vez al día; proveyendo *Nannochloris sp. l. galbana* y *Chloris gracilis* dependiendo de la disponibilidad de éstas. Se determinó la cantidad y composición de alimento necesaria para los erizos en sus distintas etapas de desarrollo, en base a la observación al microscopio de la larva. Para lo anterior, se consideró la concentración inicial y la final del cultivo de larvas erizos.

4.1.3.4. Acondicionamiento de placas de fijación.

La metamorfosis es un proceso importante en el ciclo de vida de *L. albus* y se caracteriza por la transformación de hábitos de larva planctónicos a juveniles bentónico, para que la larva pueda sufrir tales cambios debe encontrarse en estado premetamórfico y contar con el inductor indicado (Bustos et al, 1991).

En el cultivo del erizo es fundamental contar con un buen inductor de asentamiento de larvas premetamórficas y una superficie de asentamiento, para lo cual se debe contar con sets de placas cuadradas de policarbonato que deben ser previamente biologizadas entre 1 a 4 semanas en estanques exteriores con aireación, flujo de

agua permanente y cubiertos con malla raschel evitando la exposición a la radiación solar. Con este procedimiento se obtiene la presencia de diatomeas pennadas. Con el fin de obtener una película homogénea de diatomeas, las placas se rotan periódicamente (Stotz et al., 1991).

De no efectuar este procedimiento, proliferan algas filamentosas, que se distribuyen en la parte superior de las placas y *holders*, las cuales impiden la penetración de la luz solar a las placas que se encuentran en la parte inferior del estanque, afectando el desarrollo de diatomeas bentónicas en esta parte de la columna de agua (Bustos, 2001). Una forma, fácil de eliminar estas algas filamentosas, es cubrir completamente el estanque (100% oscuridad) en forma permanente durante 3 o 4 días. Así, las algas de esta forma son eliminadas y luego se sifonea el fondo del estanque con el objeto de eliminar los residuos producto de las algas muertas (Pereira, 1996).

4.1.3.5. Siembra de larvas competentes e inducción a la metamorfosis.

El desarrollo del cultivo larval del erizo rojo finaliza en el asentamiento de la larva a un sustrato determinado. Es fundamental conocer las características morfológicas de la larva competente (estado de 8 brazos avanzado, Figuras 9, 10 y 11) para determinar el momento preciso de realizar la inducción al asentamiento larval.

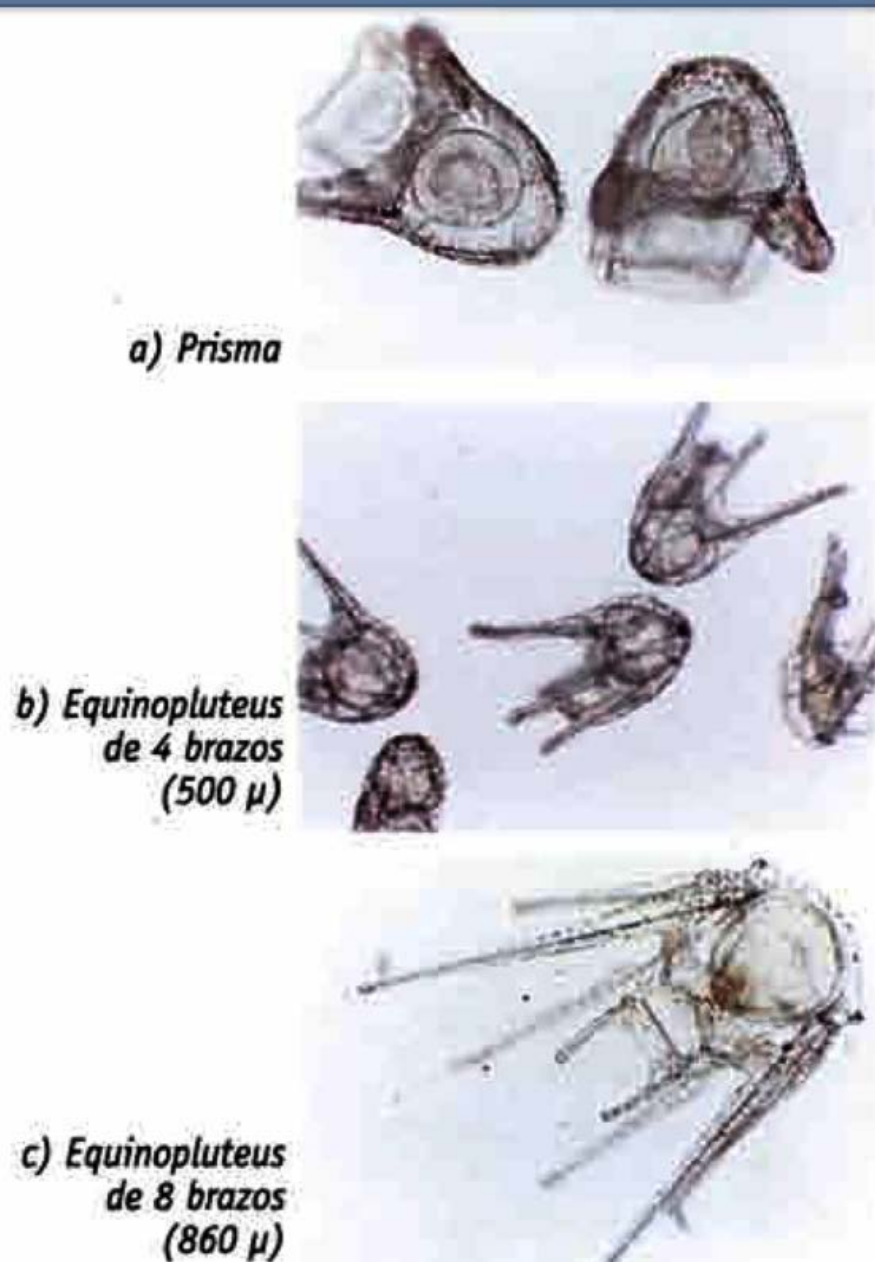


Figura 8: Etapas de desarrollo larval de *Loxechinus albus*.

Una mala decisión afectará en forma determinante el éxito del cultivo. Por esta razón, es fundamental identificar la larva competente del erizo rojo, cuyas características morfológicas principales es el tamaño del rudimento equiniano que alcanza una talla de 350 micrones aproximadamente. Esta estructura se encuentra ubicada a un lado del estómago y corresponde a 5 podios los cuales serán utilizados para adherirse al sustrato. Otra característica es el pedicelario que se encuentra en el lado posterior de la larva. El sustrato que se utiliza para inducir a la metamorfosis a larvas tanto de erizos, como abalón y lapa es un film de microalgas bentónica adheridas a superficies transparentes utilizados como colector artificial. Este proceso de metamorfosis es acelerado aumentando la temperatura en 2 a 3 °C en el estanque de fijación.

Una vez caracterizada la larva competente del erizo rojo, los estanques de cultivo larval se bajan de volumen. Este proceso se realizó en todos los estanques de cultivo (Figura 12). Todo el volumen se trasladó por succión al estanque de fijación ubicado en un sector con intensidad de luz muy baja (penumbra). El sistema de aeración debe ser centralizado para asegurar que el aire pueda ingresar entre las placas (Orellana, 1999).

Los set de colectores a los que, en su superficie se han adheridos microalgas bentónicas, son lavados previamente y sumergidos en agua potable por segundos para eliminar pequeños animales; entre ellos los copépodos. Previo a trasladar los colectores, se agita el agua con el objetivo de que las larvas se distribuyan homogéneamente en todo el medio acuoso. Los set de colectores con microalgas bentónica son trasladados al estanque y se ponen en posición horizontal. Los colectores, previamente, son lavados para eliminar restos de materia orgánica que se pudiera encontrar en la superficie. La siembra de larvas premetamórficas sobre placas, se realizó homogéneamente sobre todo el estanque, para aumentar el porcentaje de fijación, se dispuso placas en el fondo del estanque. Realizada la siembra, se interrumpió el suministro de agua por 3 a 4 días y se cubren los estanques con malla raschel (Bustos, 1990).

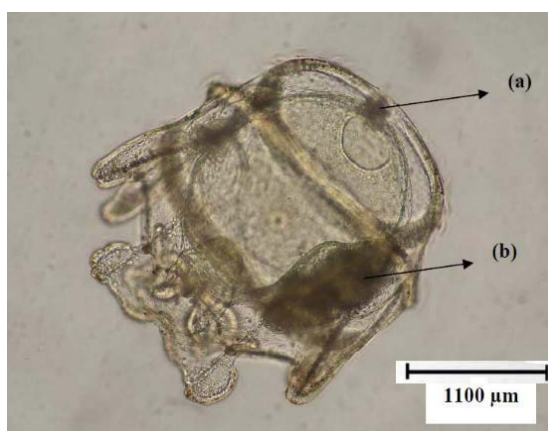


Figura 9. Larva en estado de 8 brazos avanzado de *Loxechinus albus*: a. pedicelario, b. rudimento equiniano.

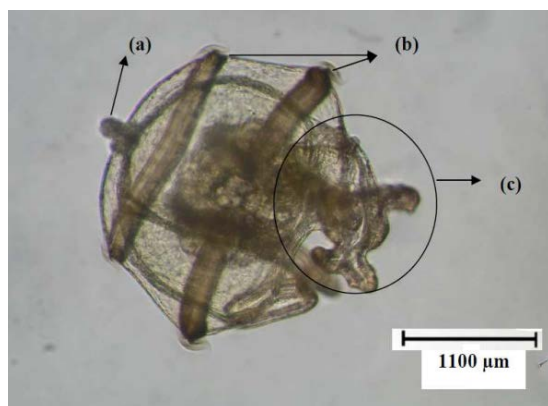


Figura 10. Larva en estado de 8 brazos avanzado de *Loxechinus albus* en proceso de absorción de brazos. a. Pedicelario, b. Bandas ciliares desarrolladas. c. Absorción de brazos o recogimiento.

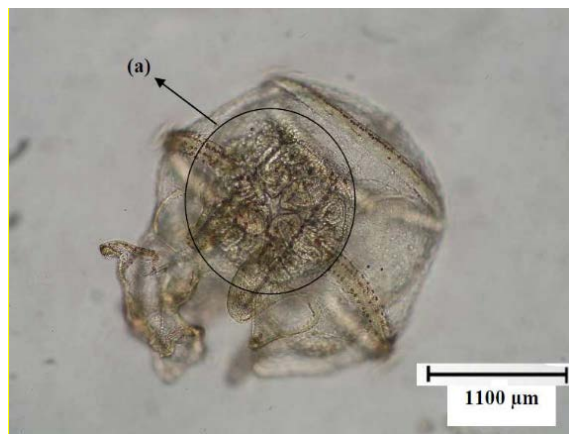


Figura 11. Larva en estado de 8 brazos avanzado de *Loxechinus albus* en proceso de absorción de brazos. a. Rudimento equiniano.



Figura 12. Estanque de asentamiento de larvas de erizo *Loxechinus albus*.

Inmediatamente después de trasladar los set de colectores, se agregó agua de mar a mayor temperatura hasta cubrir los colectores. La temperatura del agua final (la mezcla de agua existentes en los estanques con larvas y el agua agregada) debe presentar 2°C más que en agua inicial (agua existentes en los estanques con larvas), ya que como se explicaba, esto produce un aumento en el metabolismo del organismo (Pereira, 1996).

4.1.3.6. Asentamiento y Metamorfosis

En las larvas que se encuentran próximas a la metamorfosis se observa la reabsorción de los brazos. De esta manera, disminuyen su volumen y comienzan a tomar la forma característica de un erizo (Arrau, 1958).

En los diferentes set de colectores se tomó al azar placas para realizar el control de cantidad de juveniles tempranos y de condiciones de alimento en cada placa. Para estimar la cantidad de juveniles, luego de 30 días de iniciado el cultivo poslarval, se tomó una muestra de 10 placas y se contó los juveniles tempranos adheridos a ellas (Bustos y Olave, 2001). En los estanques se controló diariamente la temperatura y flujo del agua, limpieza del fondo y luminosidad del estanque.

4.1.3.7. Cultivo de postlarvas y juveniles tempranos.

Luego que las larvas se han metamorfoseado y fijado a su sustrato son consideradas postlarvas o juveniles tempranos, periodo en el cual están en los estanque de fijación. Esta etapa comienza desde que son trasladadas las poslarvas, fijadas en los set de placas, desde el estanque de fijación al estanque exterior. En estas condiciones de cultivo se mantuvieron las postlarvas hasta alcanzar una talla de 3 a 5 mm de diámetro de testa (Figuras 13 y 14).

Un aspecto importante en esta etapa de cultivo, fue la rotación en 90° de los *holders*, para que la producción de microalgas bentónicas fuera homogénea en toda la superficie de las placas y/o sustrato; y esta situación, a la vez, influye en hacer homogénea la distribución de los juveniles tempranos. En la Figura 12 se observa cómo se ve afectada la distribución de juveniles y el exceso de alimentación de las placas cuando no se regula la luminosidad, afectando como una sobre densidad en la parte inferior de la placa y exceso de alimento en la parte superior de ésta.

Los juveniles de erizos producen gran cantidad de pseudofecas y fecas, lo cual obliga una mantención permanente de limpieza en el fondo de los estanques. La limpieza se hizo por sifoneo succionando con una manguera el fondo del estanque, en la salida se pone una malla para retener los juveniles desprendidos por esta actividad de limpieza.

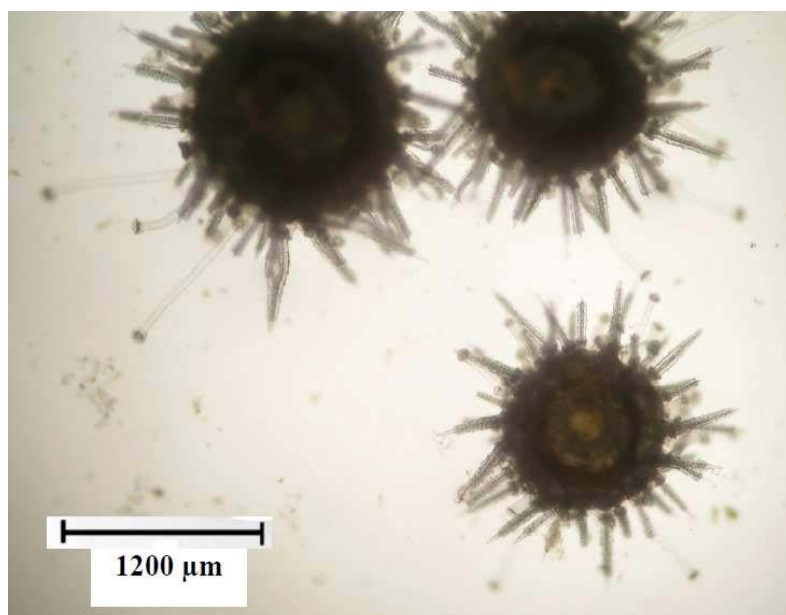


Figura 13. Juveniles tempranos de erizo rojo *Loxechinus albus* de 30 días de edad.



Figura 14. Juveniles tempranos de erizo rojo *Loxechinus albus* de 60 días de edad, distribuidos en placas de policarbonato.

4.1.4. Producción de *Gracilaria chilensis* (pelillo).

4.1.4.1. Producción

Con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos planteados de este proyecto, las actividades se inician propiamente tal a mediados del mes de noviembre, con la finalidad de obtener plántulas de *Gracilaria* de primera generación, desde las costas de la décima región, para ser transportadas hasta la tercera región.

Las plántulas de *Gracilaria* de primera generación fue posible conseguirlas en Chiloé. Con estas algas se confeccionaron “líneas de algas” para su posterior transporte e instalación en la III región. Las algas fueron dispuestas en cajas isotérmicas con esponja humedecida y con gel-pack en el interior de cada una de ellas.

Un total de cinco cajas con algas (Figura 15 y 16) fueron transportadas desde Chiloé, las que fueron recepcionadas en Caldera y acomodadas en tanques en el hatchery dispuesto por el CRIDESAT para tales fines, en la zona de Bahía inglesa.



Figura 15. Confección, empacado y despacho de líneas con algas en Chiloé.

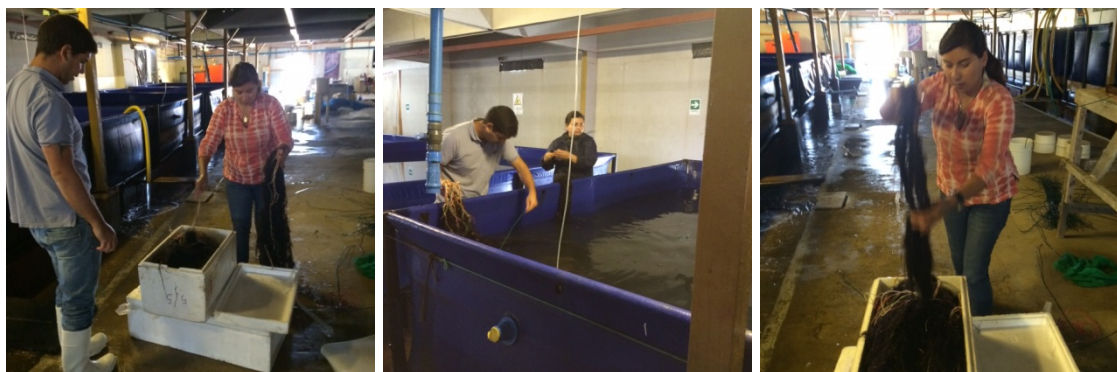


Figura 16. Recepción y mantención de líneas con algas en Bahía Inglesa

4.1.4.2. Distribución y recomendaciones para instalación de “líneas de algas”

Luego de el acondicionamiento se procedió a la distribución y recomendaciones para la instalación de líneas de algas (Figura 17, 18 y 19) con cada uno de los acuicultores de algas en Calderilla.

Para esta finalidad se recuperaron las líneas que estaban en los estanques de las instalaciones dispuestas por el CRIDESAT, en Bahía Inglesa, posteriormente parte de estas líneas fueron distribuidas a cada uno de los acuicultores, con los cuales se mantuvo conversaciones concernientes a las características de las líneas y a la instalación de éstas en sus cultivos.

Recomendando sobre todo el hecho de que las líneas deberían quedar “bien tensas” para que no se desprendan las algas.

Luego de la distribución del alga en cuerdas a los participantes del proyecto se procedió a instalar en las concesiones que CRIDESAT dispone en Bahía Inglesa las “líneas de algas” Gracilaria de primera generación, procedentes de Chiloé.



Figura 17. Transporte, distribución y recomendaciones para instalación de algas, acuicultores de Calderilla.



Figura 18. Instalación de “líneas de algas” de primera generación en instalaciones de CRIDESAT.

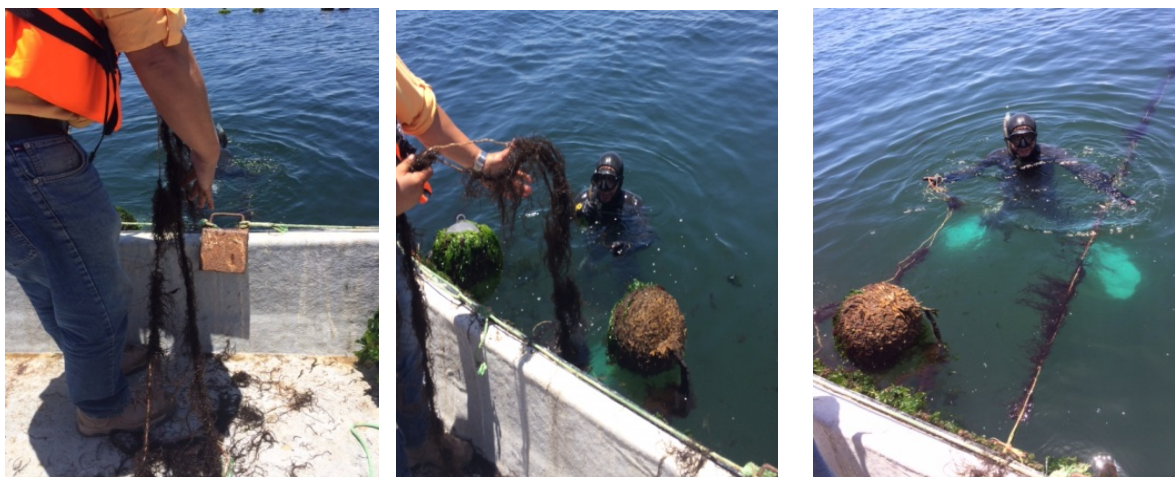


Figura 19. Instalación líneas de algas Gracilaria, en concesión CRIDESAT

En Diciembre de 2014, las cuelgas de pelillo se amarraron en dos formas experimentales. En una forma, 40 cuelgas se amarraron a la línea de ostiones en sentido horizontal y, en la otra, 10 cuelgas se amarraron verticalmente a la línea de ostiones.

Semanalmente, se evaluó el crecimiento de las cuelgas de pelillo, mediante apreciación visual, esto es evaluando cualitativamente el cambio de volumen de las cuelgas. Se comparó las cuelgas horizontales y las verticales.

En Atacama, el pelillo se multiplica principalmente en forma vegetativa; por lo que se entregó cuelgas de pelillo del sur a algunos beneficiarios cultivadores de esta especie, con el objetivo de que desarrollaran un cultivo paralelo de material genéticamente nuevo para la Región.

4.2. Abastecimiento de semilla de los recursos marinos bentónicos a las áreas de manejo de los beneficiarios del proyecto (OE. 2).

Se abasteció de los materiales que se generen en el proyecto prorrateando la cantidad del material en la unidad que corresponda entre el número de beneficiarios. La forma física del aporte dependerá de la forma de producción del material biológico. Los usuarios se deben comprometer a sembrar el material en las áreas de su jurisdicción, de esta forma se cumpliría en poblar las áreas de manejo. Esta actividad se evalúa en forma cualitativa, mediante la comprobación de la extracción de la o las especies por los beneficiarios.

4.3. Difusión del proyecto a sectores productivos participantes y a instituciones públicas y privadas regionales que desarrollen actividades de pesca y acuicultura (OE. 3).

La difusión del proyecto FIC Aqua se desarrolló conforme a un plan elaborado para entregar y hacer llegar a los beneficiarios, autoridades y público general, los beneficios y quehaceres del proyecto.

Las líneas de trabajo de dicho plan fueron las siguientes:

4.3.1. Desarrollo de una imagen corporativa o imagen de proyecto.

Consistió en crear material de identificación con el proyecto y sus instituciones involucradas. Entre otros materiales se produjo (ver Anexo Difusión) el siguiente material: logo del proyecto, pendones, chapitas, lienzos, gorros, cuadernillos, lápices, tacos Pos-it y galvanos recordatorios

4.3.2. Lanzamiento y cierre de proyecto.

Consistió en dar inicio y entregar información acerca del aporte a la comunidad beneficiaria y asociada al proyecto. Asimismo relevar como Cridesat-UDA puede aportar al Desarrollo Sustentable y la valoración, de la Innovación y Transferencia Tecnológica del Sector Pesquero Artesanal y su Comunidad en la región de Atacama. Asimismo el cierre de proyecto consistió en una presentación audiovisual se exponen algunos de los principales impactos en el sector pesquero artesanal y la pequeña acuicultura ilustrando acerca de impresiones de los beneficiarios, talleres, charlas, capacitaciones y otras estrategias de impacto en la comunidad objetivo y en general. La experiencia y exposición es dirigida por el Jefe de Proyecto Sr. Rafael Crisóstomo como principal expositor y es organizada por el equipo técnico y de Difusión a cargo del proyecto. (Ver anexo: Difusión)

4.3.3. Talleres, charlas y capacitaciones especializadas a beneficiarios.

Persigue mantener los vínculos con la comunidad, difundir temas que aporten con material técnico actualizado y promover el traspaso de tecnología y experiencia en el uso sustentable de los recursos marinos. Se realizó los siguientes talleres:

- Taller Acuicultura Organizativa
- Taller de Escalamiento Productivo y Balsas jaulas de cobre

4.4. Desarrollar un modelo de negocio del centro de producción con miras a la autosustentabilidad. (OE. 4)

El modelo de negocios se desarrolló tomando en cuenta la situación de la actividad de sector acuícola-pesquero regional, conocido a través del trabajo en el CRIDESAT, en su calidad de universidad regional y pública. La propuesta se orientó hacia el desarrollo del desarrollo sustentable del sector costero de la Región de Atacama. Para esta tarea se contó con la opinión desinteresada del experto en desarrollo, Sr. Carlos Cáceres, como parte de su participación eventual en el proyecto. Se planificó entregar una propuesta escrita en base a los resultados obtenidos, no solo en materia concreta de material biológico, sino también en cuanto al resultado originado por la experiencia en el trato con los beneficiarios y, naturalmente, en la opinión de ellos.

5. Resultados

5.1. Implementación del hatchery multipropósito para producción de semillas de recursos bentónicos y macroalgas (OE. 1).

5.1.1. Implementación del hatchery.

Hatchery se implementó en una estructura destinada a este tipo de trabajos, ubicada en El Morro, Bahía Inglesa, Chile (27° 08' 13.6" S, 70° 54' 22.4" W. Para lo anterior, se activó el servicio de energía eléctrica y se implementó el sistema de bombeo de agua de mar; se higienizó los estanques existentes y en ambiente interno del hatchery. Una vez implementado y activado lo necesario para el funcionamiento del laboratorio, se puso en marcha blanca todo el sistema. El presupuesto se cumplió a cabalidad.

5.1.2. Producción de especies bentónicas marinas

5.1.2.1. Semilla de *Argopecten purpuratus* (ostión del norte).

Los resultados de esta sección se encuentran en proceso de preparación de una publicación científica, por lo que algunas de las figuras se encuentran en inglés técnico. A continuación se presenta los resultados estrictos de este trabajo; pero, los resultados técnicos se verán en el capítulo de discusión y recomendaciones.

5.1.2.2. Sobrevivencia larval.

Como se muestra en la Figura 20, en el tercer día no se observe diferencia significativa de sobrevivencia entre los cinco grupos (ANOVA, $F = 0.634$; $df = 4, 10$; $P > 0.05$). La sobrevivencia larval en el día 10 fue significativamente diferente entre los grupos (ANOVA, $F = 17.523$; $df = 4, 10$; $P < 0.05$), en el grupo 2 fue significativamente baja, con promedio $55 \pm 5,76$ % comparada con los otros. (Tukey, $P < 0.05$) y el grupo 4 tuvo sobrevivencia significativamente mas alta con promedio 83 ± 2 % comparado con los grupos 1 y 2 (Tukey, $P < 0.05$).

En el día 18, se registró diferencias significativas en la sobrevivencia larval entre los grupos (ANOVA, $F = 61.931$; $df = 4, 10$; $P < 0.05$). El grupo 2 tuvo sobrevivencia significativamente baja con promedio $20 \pm 2 \%$, comparado con los grupos 1, 3 y 4 (Tukey, $P < 0.05$) y los grupos 3 y 4 tuvieron sobrevivencia significativamente alta con promedio $64 \pm 4 \%$ y $56 \pm 4.58 \%$, respectivamente, comparados con los grupos 1, 2 y 5 (Tukey, $P < 0.05$).

En el día 21 se registró sobrevivencia larval significativamente diferentes entre los grupos (ANOVA, $F = 31.010$; $df = 4, 10$; $P < 0.05$); el grupo 4 presentó sobrevivencia significativamente diferente con promedio $44 \pm 7.69 \%$ comparado con los otros grupos (Tukey, $P < 0.05$). El estado larval de los grupos 1, 2, 3 and 5 terminaron el día 25, mientras en el grupo 4 lo hicieron en el día 40.

5.1.2.3. Longitud de concha

En el tercer y quinto día de crecimiento (Figura 21), no hubo diferencia significativa entre los cinco grupos de ostiones en crecimiento (ANOVA, $F = 1.176$, $F = 3.3$; respectivamente; $df = 4, 5$; $P > 0.05$). La longitud de la concha entre grupos fue significativamente diferente en los días 18 y 25 (ANOVA, $F = 7.031$, $F = 6.454$, respectivamente; $df = 4, 5$; $P < 0.05$). En el día 18, como se muestra en la Figura 4, la longitud de concha del grupo 2 fue significativamente mayor comparada con el grupo 4 (Tukey, $P < 0.05$), con promedios de $202.5 \pm 10.6 \mu\text{m}$ and $145 \pm 7.1 \mu\text{m}$, respectively; mientras que en el día 25, la longitud de concha del grupo 4 fue significativamente pequeña con promedio de $172 \pm 10.6 \mu\text{m}$, comparada con los otros grupos (Tukey, $P < 0.05$). La mayoría de los individuos de los grupos 1, 2, 3 y 5 llegaron a sobre $180 \mu\text{m}$ en el día 25; los individuos del grupo 4 alcanzaron esta medida en el día 40.

5.1.2.4. Crecimiento de larval

Como se muestra en la Figura 22, se determine diferencias significativas en la duración del crecimiento de larvas (longitud de de concha sobre $1500 \mu\text{m}$) entre

cuatro grupos de diferentes estaciones (ANOVA, $F = 19,740$; $df = 3, 8$; $P < 0.05$). La duración del crecimiento de la larva de los grupos 1 y 5 fue significativamente menor, con promedio de 27 ± 2 y 24 ± 5 días, respectivamente; comparando con el grupo 3 y 4, con promedios de 48 ± 2 y 48 ± 9 , respectivamente. Este dato no fue determinado en el grupo 2.

5.1.2.5. Efecto en el número de semilla del saco colector cubierto por malla verde.

La diferencia estadística en el promedio de semillas por colector en cada tratamiento (Figura 23), muestra que se encontró valores más altos en el colector cubierto con malla (prueba t, $P < 0,01$), con cantidades de 5.949 ± 210 y 2.451 ± 189 semillas en el día 23 (Figura 23). Se hizo una nueva determinación en el día 58; nuevamente, el número promedio de semillas en los colectores cubiertos con la malla verde fue significativamente más alto comparado con colectores no cubiertos (prueba t, $P < 0,01$), con cantidades de 2.976 ± 156 y 2.208 ± 120 semillas, respectivamente. La longitud de la concha no mostró influencia por los tratamientos.

5.1.2.6. Producción de semilla

El promedio de semillas en los sacos colectores (Tabla 2) resultó en valores altos en los grupos 1, 2 y 5 durante primavera y verano, se encontró valores bajos en los grupos 3 y 4 durante otoño e invierno. Los valores se graficaron en la Figura 24.

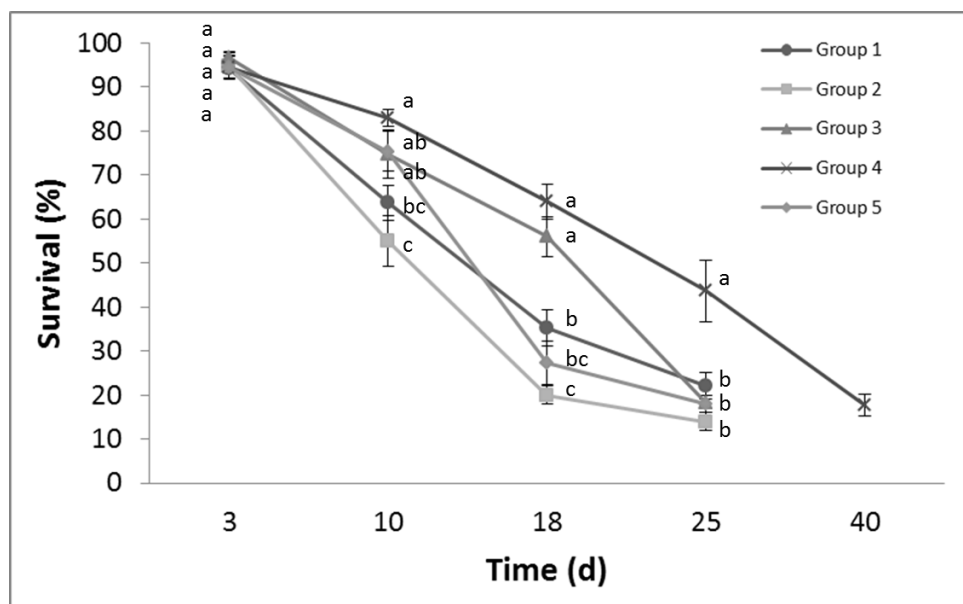


Figura 20: Sobrevivencia de *Argopecten purpuratus* en cinco grupos de desove se expresa como porcentaje de larvas sobrevivientes desde el día 3. Los valores corresponden a promedio $\pm$ SD con $n = 3$ réplicas de tanques de cultivo para cinco grupos de diferentes estaciones. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos, determinada con ANOVA de una cola y prueba de Tukey.

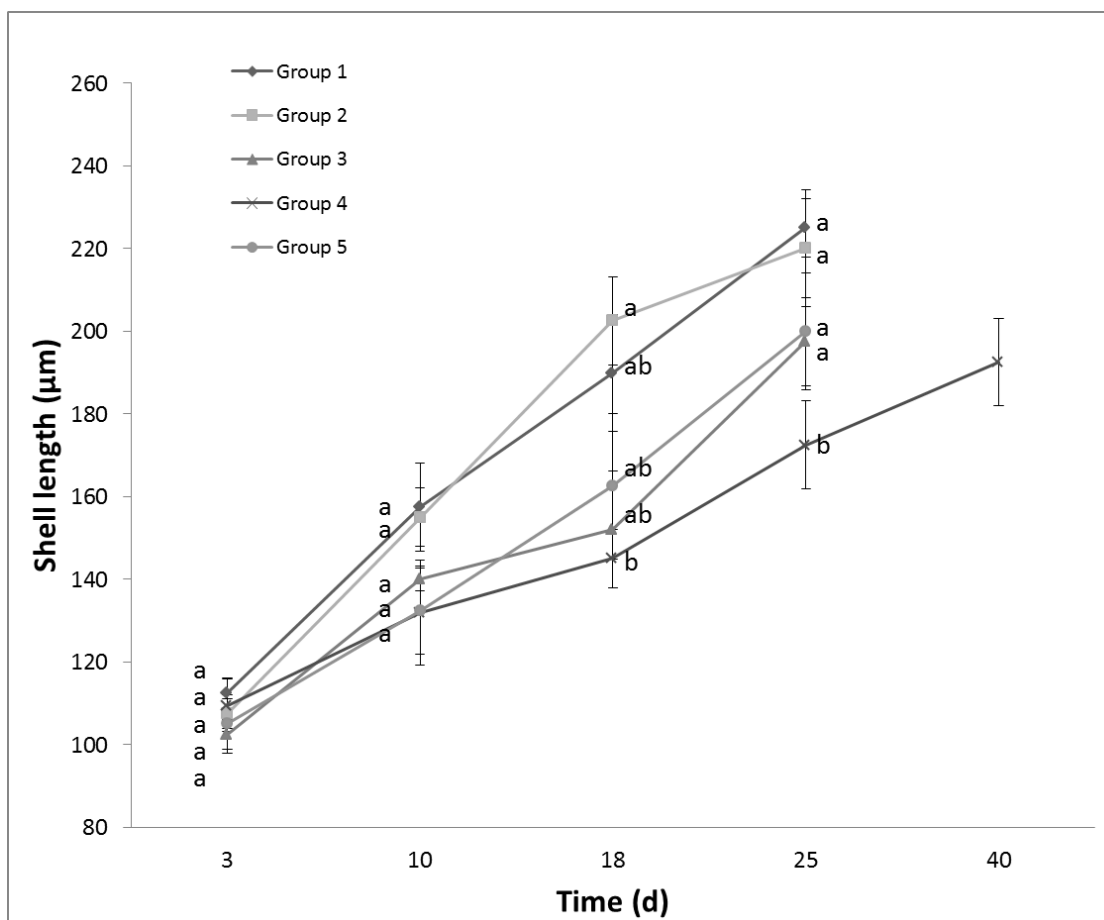


Figura 21. La longitud de la concha de *Argopecten purpuratus* en los 5 grupos de desove, desde el tercer día. Los valores corresponden a promedio $\pm$ SD con $n = 2$ (tanques de cultivo). Las letras indican significación estadística ($p < 0,05$) entre los grupos, determinado con ANOVA de una cola y prueba de Tukey.

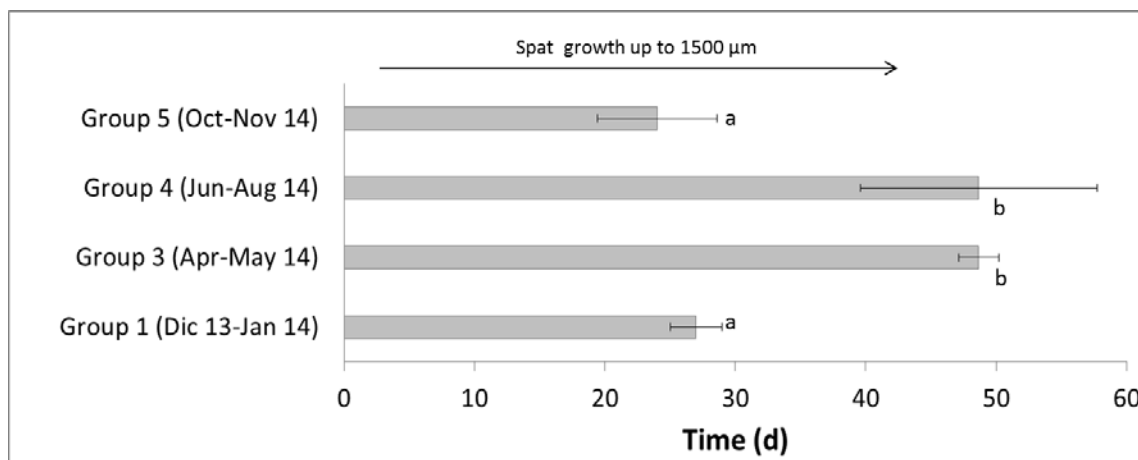


Figure 22. Tiempo de crecimiento sobre 1500 de grupos de *Argopecten purpuratus*. Los valores corresponden a promedio $\pm$ SD con $n = 3$ (tanques de cultivo). Las letras indican significación estadística ($p < 0,05$) entre los grupos, determinado con ANOVA de una cola y prueba de Tukey.

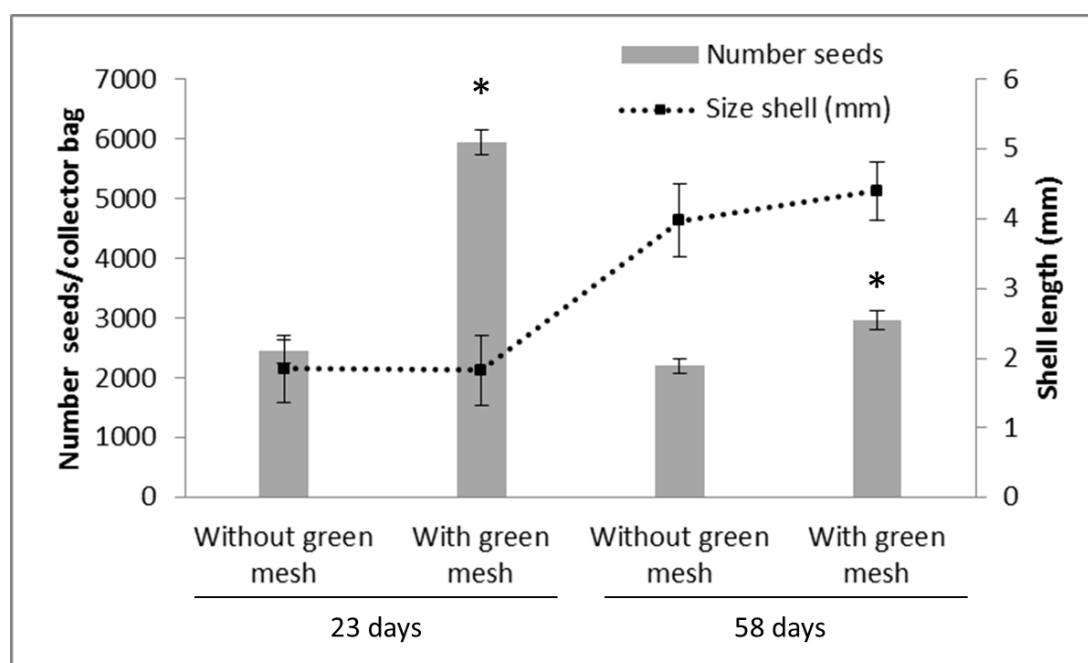
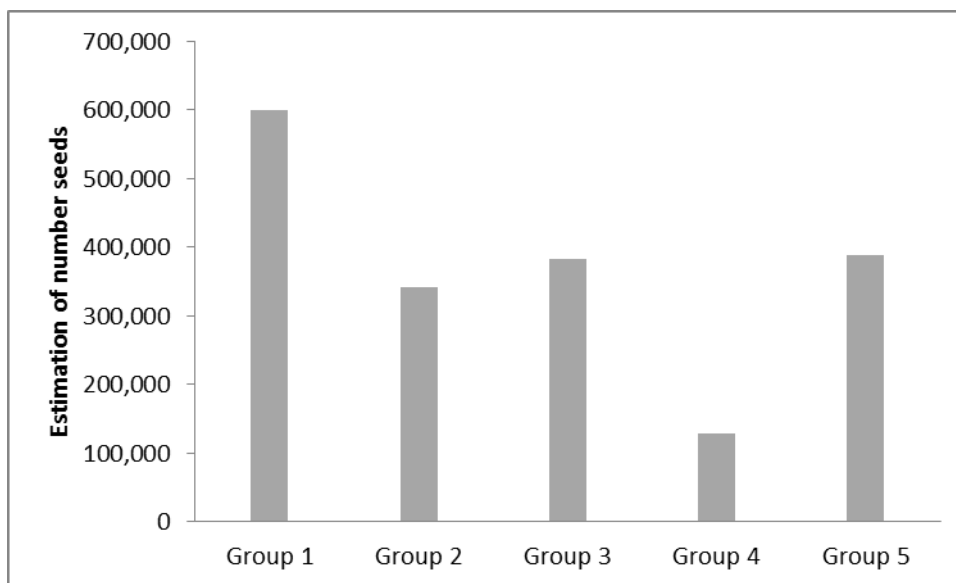


Figura 23. Número de semillas y longitud de concha en tratamientos con sacos colectores cubiertos con malla verde y descubiertos. Los datos se obtuvieron dos veces con diferentes muestras (días 23 y 58). La significancia estadística se obtuvo con la prueba t de Student. El asterisco indica (*) $p < 0,05$.

Tabla 2. Resumen de las etapas de fijación y siembra de *Agropecten purpuratus*.

Estado	Parámetro	GRUPO				
		1	2	3	4	5
Fijación (Tanque)	Densidad inicial (larva/mL)	1,0	0,9	0,8	0,7	1,0
	Sacos colectores en tanque	42	42	41	42	48
	Densidad (huevos/saco colector)	285,714	261,905	243,902	204,762	326,530
Siembra (mar)	Fecha siembra	20-12-13	24-02-14	26-05-14	21-08-14	21-11-14
	Fecha muestreo	27-01-14	22-04-14	28-06-14	23-10-14	30-12-14
	Días	38	58	64	60	39
	Semillas en sacos colectores (x1000)	44,8 ± 4	20,8 ± 2	13,1 ± 1,7	12,7 ± 2,5	29,6 ± 3
	Tamaño de concha	4,32 ± 0,8	4,4 ± 0,4	5,74 ± 1,3	6,6 ± 0,4	4,5 ± 0,5

**Figura 24.** Estimación del número de semillas desde los grupos experimentales.

5.1.2.7. Producción de semilla de *Loxechinus albus* (erizo rojo).

Se logró perfectamente la metodología para la obtención de nuevas generaciones de erizo rojo, pero, no se logró obtener la cantidad de semilla adecuada para la distribución. Se desarrolla el tema.

Dos situaciones produjeron la demora del inicio de la experimentación en el trabajo con erizo; una formal, en cuanto a que el permiso para trabajar con esta especie estuvo vigente recién en Julio de 2014, habiendo sido ideal que estuviera en Diciembre de 2013; fecha en la cual estaba las condiciones ideales para obtener erizos reproductores adecuados, es decir desde los cuales obtener desove inducido. El problema del permiso implicó que para Julio 2014 la época óptima de desove ya había pasado y sólo quedaban ejemplares de menor calidad como reproductores y las condiciones estacionales no favorecían el proceso. A pesar de ello se realizó el proceso. Sin embargo los ejemplares son sobrevivientes de menor calidad y cantidad; éstos mostraron bajo desove, hubo alta frecuencia de huevos de mala calidad, caracterizados por ser deformes y de muy baja fecundidad, lo que se reflejó en el índice de larvas por mililitro. En la Tabla 3 se muestra algunos resultados de la experiencia del proceso de obtención de semilla con los erizos de que se disponía.

Tabla 3. Resultado de la obtención de larvas de erizo rojo, con los reproductores disponibles en Julio de 2014.

Mes	nº larvas	t°C promedio	Hembras	machos	Días para fijación	larvas/ml
oct-13	3,000,000	16.2				0.25
mar-14	4,800,000	15.7	9	35	30	1.6
jun-14	2,000,000	13.2	6	10	21	0.17
jul-14	0	13	13	15		
ago-14	3,000,000	13.3	14	15	33	0.25
sep-14	0	13.8	12	21	30	
oct-14	6,000,000	15.2	15	35	14	0.5
nov-14	8,000,000	16	19	31	18	0.4

Del resultado de los ocho batch que se cultivaron se obtiene que:

- a. La mejor temporada para obtener buenos reproductores que entreguen una buena cantidad de huevos y posteriormente obtención de larvas es desde septiembre hasta marzo aproximadamente, con temperaturas de cultivo sobre los 15° C.
- b. Cultivar con agua irradiada con luz UV, nos produjo mortalidad al 8° día de cultivo, comparado con cultivo en iguales condiciones pero sin irradiación de UV.
- c. Cultivar con aireación continua produce menor crecimiento comparado con cultivo sin suministro especial de aire en las mismas condiciones (densidad, alimentación, y variables ambientales) incluso se observó mortalidad total a los 19 días de cultivo.
- d. Una buena densidad de cultivo fue hasta 0,5 larvas/ml, pudiendo llegar con larvas en óptimas condiciones a las 8 patas, sin aeración especial y con cambios por circulación continua cada 2 días por 2 a 3 horas.
- e. Con temperaturas bajo los 15°C se llegó a fijación (8 patas) después de los 30 días de cultivo larval, sobre los 16°C se puede llegar a los 18 días aproximadamente.
- f. El traspaso a fijación es conveniente hacerlo con flujo suave y lento para no dañar las larvas ya que con sifón directo a un tamiz se observa destrucción de patas y contracción del cuerpo de las larvas.
- g. Después de los 45 a 50 días de cultivo, estando ya en fijación con sistemas de placas biologizadas, ya no se observó larvas nadando, sino posadas en placas pero con poca adherencia.
- h. Después de los 70 días de cultivo se observó semillas de erizo de 1 a 2 mm de diámetro, en poca cantidad, manteniéndolas con flujo continuo de agua por 3 horas/día aproximadamente, y aireación por pulsos.

En conclusión, el cultivo larval hasta la fijación se logró llevar a cabo con éxito, en la fijación aún no se ha logrado que se obtengan semillas en cantidades que permitan producir erizos para fines productivos o de repoblación.

5.1.3. Producción de la macroalga *Gracilaria chilensis* (pelillo).

Entre Diciembre 2014 y enero 2015 se observó mayor desarrollo de *Gracilaria* en las cuelgas verticales, observándose que no había desarrollo de fauna ni flora epífita (que crece sobre la especie cultivada). A mediados de Febrero se observó que no había mejoramiento del desarrollo del alga, incluso se comprobó que había desprendimiento del alga.

En caso de las cuelgas horizontales, en principio de Diciembre 2014 se comprobó desarrollo de epífitos, especialmente la llamada lama (un alga); pero, desde mediados de Febrero 2015 se observó retroceso de la lama favoreciendo un notorio crecimiento de gracilaria.

Aún cuando no hay una correlación estudiada, se supone que las cuelgas verticales, al estar en una profundidad mayor y – por tanto – con menor luz (las algas son fotosintéticas) pudo, a la vez, ser desfavorable al crecimiento de gracilaria como de epífitos, especialmente vegetales.

En el caso de las cuelgas horizontales se puede suponer lo contrario de la situación vertical, la disponibilidad de energía solar favoreció el crecimiento de las algas especialmente, lo que explicaría la aparición del epífito vegetal.

Para Febrero 2015, aunque hay evidencia observable, aún ha transcurrido poco tiempo y sólo parte del ciclo anual de gracilaria; por lo que aún no esta prueba no presenta evidencia concluyente, en cuanto a determinar cuál es la mejor forma de cultivar el alga o si es mejor que el método tradicional. Para tener evidencia suficiente es necesario esperar a que se manifieste la respuesta de gracilaria en el ciclo anual completo. Una de las posibilidades es que en invierno el alga epífita (lama) baje tanto el establecimiento como su crecimiento, favoreciendo el desarrollo de gracilaria. En estas circunstancias se podrá analizar el crecimiento de gracilaria y elucubrar condiciones óptimas para el cultivo marino de este genotipo del sur en esta

Región y, en particular en la bahía específica. Los beneficiarios aún no han controlado las cuelgas instaladas por ellos.

Este cultivo, por la fecha de cultivo en la región, aún tiene el carácter de experimental y no puede aún alcanzar el nivel que permita distribuir este recurso a los beneficiarios del proyecto.

5.1.4. Indicadores

5.1.4.1. Semilla de *Agropecten purpuratus* (osti6n del norte)

La producci6n de osti6n del norte respondi6 muy r6pidamente a los requerimientos que se buscaban, por lo tanto se pudo cumplir con la distribuci6n propuesta. Con lo anterior, se favoreci6 a ocho peque1os y medianos productores regionales, activ6ndose este rubro a nivel de que los ostiones que se venden en esta temporada de verano incluye a ejemplares entregados por el proyecto. Se puede decir que, desde el punto de vista del fomento de la productividad del sector pesquero artesanal, se est6 cumpliendo con 100 % del cometido.

5.1.4.2. Semilla de *Loxechinus albus* (erizo rojo)

Las semillas de Erizo rojo no alcanzaron a ser cultivadas por falta de tiempo en la ejecuci6n del proyecto puesto que se tuvieron retrasos inesperados y previamente justificados en la obtenci6n de los permisos sectoriales, los que descoordinaron las 6pocas de reproducci6n del erizo con lo programado, forma tal de que el comienzo de la fase de experimentaci6n del ciclo de cultivo solo se pudo dar inicio en los 6ltimos meses del a1o, solamente llegando a larvas pre-metam6rficas, dando pie para realizar los dos 6ltimos itos productivos los cuales son la fijaci6n y crecimiento de pre engorda, en la consecuci6n del FIC I llamado FIC II, financiados con los mismos fondos del gobierno regional, (Fondos de innovaci6n para la competitividad) FNDR-FIC.

5.1.4.3. Producción de la macroalga *Gracillaria chilensis* (pelillo).

En la situación derivada de la actual condición de inicio de ensayo con esta alga, se puede decir que aún falta información para decidir una conclusión objetiva; pero, es un resultado importante que, el nuevo tipo genético de gracilaria es traído del sur y la evidencia indica que el biotipo se encuentra en buen camino de adaptación a la bahía y a la Región. Este antecedente implica que hay una probabilidad de introducir una genética nueva a la regional, hay que recordar que la multiplicación de esta alga es básicamente vegetativa, lo que implica que llegado a un punto el antiguo genotipo ya puede mostrar falta de potencial productivo. Desde este punto de vista hay un avance importante aunque no suficiente para obtener conclusión transferible a los beneficiarios. Luego, el cumplimiento de esta sección es de sólo 50 %, con el atenuante ya especificado.

5.2. Abastecimiento de semilla de los recursos marinos bentónicos a las áreas de manejo de los beneficiarios del proyecto (OE. 2).

5.2.1. *Argopecten purpuratus* (ostión del norte)

Los beneficiarios del proyecto fueron los señores José Burgos, Julio Martín, Bruce Trench, Jorge Sanhueza, David Espinoza y Alejandro Montero y SIBUCAL 1 y 2 (sindicato de buzos de Caldeta), en febrero se agregó el sr. Juan Muñoz.

En Marzo se hizo la primera entrega de semilla de ostión a beneficiarios del proyecto, además se conversó sobre el aporte del CRIDESAT-UDA al desarrollo sustentable regional, a la valoración de recursos naturales costeros y a las posibilidades de transferencia tecnológica al sector pesquero regional. Este evento fue cubierto por la prensa, además de la prensa del CRIDESAT, emitiéndose al menos 6 artículos en los medios regionales y de fuera de ella. En Agosto se hizo la segunda entrega de semilla de ostión, se realizó también en la estación experimental. Extemporáneamente a la finalización de proyecto, el 13 de enero de 2015 se entregó semilla de ostión, correspondiente al batch 290914, a nueve beneficiarios.

En la Tabla 4 se muestra el registro de entrega de semilla de ostión a usuarios. En total se entregó una cantidad evaluada de 5.779.048 semillas. Asumiendo un castigo estadístico de 50 % por pérdidas post entrega, se habría entregado 2.889.524 semillas; tomado en cuenta un valor promedio de venta actual de \$ 200 por ostión en Caldera, la entrega representa un valor teórico de \$ 577.904.800 de aporte al sector pesquero artesanal de Caldera.

Tabla 4. Resultado de cantidad de semillas entregadas a los usuarios del proyecto.

BATCH	FECHA	LARVAS INICIAL (miles)	LARVAS A FIJACION (miles)	N° COLECTORES	SEMILLA ESTIMADA	TALLA (mm)
1	181113	140.000	35.000	1.134	2.800.000	4,3
2	241213	350.000	44.000	1.323	443.328	4,0
3	100314	300.000	39.680	1.470	382.308	4,3
4	150514	190.000	16.000	665	128.652	6,0
5	290914	126.000	78.000	1.436	2.024.760	4,5
6	031214	86.000	21.000	480		
7	150115	132.000				
TOTAL					5.779.048	

5.2.2. *Loxechinus albus* (erizo rojo)

Por lo indicado en resultados, se llegó hasta el método de obtención de la semilla; pero, al trabajar con reproductores pasados de temporada y desoves de mala calidad, no pudo haber entrega de semilla de erizo.

5.2.3. *Gracilaria chilensis* (pelillo)

El alga en experimentación de cultivo no ha sido observada en su comportamiento anual y porque se comenzó un tanto tarde el cultivo, incluyendo que inesperadamente el material (alga) para propagar se tornó muy escasa para obtenerla. Estas condiciones implicaron que, naturalmente, no se pudo obtener masa crítica de algas para distribuir a los beneficiarios.

Sin embargo, como se indicó, en parte se hizo una entrega a usuarios de material original que había sido adquirido para iniciar el estudio de las condiciones de cultivo, como cultivo alternativo y paralelo; no hay observaciones por parte de los usuarios sobre el desarrollo del cultivo de esta unidad.

5.2.4. Indicadores

5.2.4.1. Producción de semilla de *Agropecten purpuratus* (osti6n del norte)

Se proporcionó semilla de osti6n a 8 y 9 beneficiarios, seg6n la campa1a, por sobre lo que se tena planificado. Se estima un 100 % de cumplimiento.

5.2.4.2. Producci6n de semilla de *Loxechinus albus* (erizo rojo)

Se logr6 s6lo el m6todo de producci6n de semilla (80 %). No se logr6 distribuir semilla de erizo a beneficiarios. Se estima un cumplimiento de 80 %.

5.2.4.3. Producci6n de la macroalga *Gracillaria chilensis* (pelillo).

Se logr6 comenzar los cultivos experimentales, con dos tratamientos, a6n no se puede concluir porque no se ha evaluado el ciclo completo del alga en esta zona. No se logr6 distribuir alga a beneficiarios. Se estima un cumplimiento de 40 %.

5.3. Difusión de resultados (OE. 3).

5.3.1 Difusión

Se adjunta 8 anexos de esta actividad. A lo largo del proyecto se realizó al menos una reunión mensual en el CRIDESAT mas las que fueran necesarias en el mismo sitio o en la estación experimental den Caldera, y con actores de diferente rol. Generalmente las reuniones tenían todos los componentes, informativos y de desarrollo del trabajo e ideas del proyecto.

Así, además de las reuniones rutinarias se hizo las siguientes actividades. En Noviembre de 2013 se realizó la primera reunión oficial en la estación experimental; con los representantes de la mesa de Pesca de la Provincia de Copiapó y Caldera. Se hizo una reunión similar en Enero de 2014, con representantes de la mesa de Pesca de la Provincia de Caldera y con ACUPRAT, a esta reunión asistió dos representantes del GORE de Atacama.

El 20 de febrero se hizo una Visita a la Caleta Chañaral de Aceituno, sede Domo de los pescadores artesanales, con el fin de presentar el proyecto; Se mostro al publico asistente, los objetivos, alcances y resultados del proyecto a la fecha. A los eventos asistieron autoridades regionales políticas y administrativas, por ejemplo la asistencia del Senador Prokurica, el Sr. Intendente, autoridades de las instituciones reguladoras de la actividad de pesca y – naturalmente- las autoridades universitarias, entre otros. El 21 de febrero se hizo una reunión de difusión en el centro de cultivo del proyecto FIC, donde se Se reviso el proyecto Fic para aclarar dudas y se mostraron los avances a la fecha; se invitó a los componentes de la mesa de pesca, asistió el representante de SIBUCAL Oscar Luz y el representante de fomento productivo de la municipalidad de Chañaral, Julio Donaire.

El 25 de febrero se hizo una reunión reunión con las encargadas de fomento productivo de la Municipalidad de Caldera, Sras. Anni Olivares y Marisol González. Se dio a conocer el proyecto FIC, objetivos, alcances, resultados, beneficiarios y plan de difusión para (1) hacer alianza con la municipalidad, (2) visitas guiadas de alumnos de los colegios de la comuna y (3) talleres en el centro de cultivo.

En Marzo se hizo una primera entrega de semilla de ostión a beneficiarios del proyecto, además se conversó sobre el aporte del CRIDESAT-UDA al desarrollo sustentable regional, a la valoración de recursos naturales costeros y a las posibilidades de transferencia tecnológica al sector pesquero regional. Este evento fue cubierto por la prensa, además de la prensa del CRIDESAT, emitiéndose al menos 6 artículos en los medios regionales y de fuera de ella.

En abril se realizó una reunión muy importante en la Rectoría de la Universidad de Atacama, donde participaron – bajo la dirección del Sr. Rector – representantes de actores regionales, parte de los beneficiarios y el personal del CRIDESAT involucrado en el proyecto; el tema se compuso de discusión sobre la trayectoria del proyecto a la fecha y la planificación de la siguiente entrega de semilla de ostión.

En mayo se diseñó y envió a confeccionar el material institucional vinculado con el FIC AQUA, se diseñó y confeccionó algunas herramientas para difusión posteriores. Este material fue entregado en Junio.

En Agosto se hizo la segunda entrega de semilla de ostión, se realizó también en la estación experimental y en Febrero se hizo una tercera entrega. En total fueron nueve beneficiarios.

Como resultado de la difusión, alumnos del Liceo Técnico Manuel Blanco Encalada de Caldera, ejecutaron sus pasantías técnicas en las actividades del proyecto, desde Septiembre a Diciembre de 2014.

El 03 de diciembre de 2015, el Sr. Carlos Cáceres ejecutó un Taller de cultivo de microalgas al personal del proyecto. El 04 del mismo mes, el Sr. Cáceres y el Sr. R. Crisóstomo, hicieron una taller de en la Comuna de Chañaral enfocado al cultivo de macroalgas, planes de manejo y productos. El 05 del mismo mes en las dependencias del hatchery se hizo un taller enfocado al cultivo de gracilaria en el sur de Chile, respecto a las perspectivas, productos y mercado; al cual asistieron los productores de pelillo de Caldera.

Entre el 10 y 12 de Diciembre se asistió al V Congreso de Acuicultura y al V Simposio Internacional de acuaponía, en Coquimbo (Universidad de la Serena); en el anexo se muestra documentos al respecto.

El viernes 19 de diciembre se hizo una muestra del proyecto en el marco de una gira tecnológica organizada por la Universidad de Atacama.

El 20 de Enero de 2015, en coordinación con Los señores Nibaldo Guaita y Pablo Muñoz, se realizó el cierre de proyecto en la estación experimental, en el Morro, Caldera, con asistencia de autoridades y beneficiarios. Se adjunta informe de actividad de cierre en anexos.

En el mes de Enero, un equipo del programa televisivo Recomendando Chile visitó las instalaciones y tomó registro fílmico de las actividades e hizo entrevistas a los trabajadores del proyecto. Se indicó que el proyecto sería parte de la transmisión televisiva en Mayo o Junio de 2015.

5.3.2. Indicador

En general, todos los eventos del proyecto tuvieron cobertura periodística de diversos medios regionales. En esto trabajó la periodista del CRIDESAT en cooperación y coordinación con el sistema de la Universidad de Atacama. Esta tarea fue plenamente cumplida (100%) en lo estrictamente planificado; sin embargo la cobertura fue mucho más allá de lo planeado, dado por la misma dinámica que la publicidad originó, mas el interés que se generó en el público no objetivo. El público del público objetivo, es decir los beneficiarios directos generaron una base de conocimiento pleno del desarrollo del proyecto; esto generó la presentación de un proyecto de continuidad con el apoyo de los mismos beneficiarios, el cual fue aprobado y que está en realización en este momento como una etapa de continuidad del AQUA. Se considera que en cuanto a este objetivo específico, la tarea se habrá cumplido plenamente en lo planificado; pero, por si solo, el tema llegó mucho mas allá de lo que se esperaba.

5.4. Modelo de negocio del centro de producción (OE. 4).

5.4.1. Modelo

Para desarrollar el plan de negocios con miras a sustentar las operaciones del centro de cultivo para se tomo como justificación que en estos momentos se presenta una gran oportunidad que también debe tenerse en cuenta, como es el hecho de que el gobierno dentro de la aprobación de la nueva ley de pesca contempló el subsidio a la reforestación del mar, (repoblamiento con algas marinas) lo que significa que subsidiará el 70% de los costos de siembra y obtención de plántulas de macroalgas para repoblamiento de áreas de manejo, desde donde se extrae este recurso y que es el principal producto de exportación de la región, por lo que existirá la necesidad de proveer de estas plántulas de macro-algas, así como de las semillas de ostión al sector acuícola y de semillas de erizo rojo para el repoblamiento de áreas de manejo. Además, cabe destacar que el Gobierno Regional de Atacama, en conjunto con el FAP (Fondo de Administración Pesquera), han aprobado el aporte al sector pesquero y acuícola de \$ 3.000.000.000 que serán ejecutados en un periodo de tres años 2014 - 2017. Este aporte considera apoyo para el sector en sus diferentes líneas de financiamiento (repoblamiento, apoyo a la pequeña acuicultura, capacitación, valor agregado, entre otros.) por lo tanto a la universidad de Atacama se le hace necesario mantener las instalaciones con operaciones en investigación y reforzar el capital humano para desarrollar proyectos y producir las semillas necesarias para la región, dicho esto es que en diciembre del año 2014 se presento una misión ante el honorable consejo directivo de la universidad donde se expusieron estas razones antes descritas , las cuales fueron percibidas en excelente forma , por lo cual se obtuvo la aprobación para la compra de las concesiones y toda la implementación existente al día de la compra.

Este paso es fundamental para el modelo sustentable del centro pues permite que los profesionales del área contratados para las investigaciones y los investigadores asociados puedan tener una base de operaciones en terreno sin depender de arriendos o del financiamiento de fondos concursales para abastecer de semillas, las

cuales son las bases productivas de la pequeña acuicultura y de los sindicatos para el repoblamiento de sus áreas de manejo.

En este sentido, finalmente, la Universidad de Atacama proyecta regionalmente el Centro de Investigaciones Marinas dará la mejor respuesta al llamado del sector acuícola-pesquero regional, a través del CRIDESAT, en su calidad de universidad regional y pública permitiendo así posicionarse definitivamente como líder en el desarrollo sustentable del sector costero de la Región de Atacama.

5.4.2. Indicador

La presentación del modelo de negocios se cumplió en 100%

6. Impacto real versus esperado del proyecto

De los productos planificados para ejecutar en este proyecto, solo el ostión puede calificarse de completamente exitoso; los demás no alcanzaron a llegar hasta la etapa de distribución, por las causas señaladas. A pesar de la demora producida y el efecto de arrastre en la demora de la producción masiva; la información obtenida sobre procedimientos para producción de semilla de erizo y pelillo corresponden a la piedra angular de todo el proceso; siendo absolutamente necesaria para comenzar a producir, una vez que se cuente con los permisos a tiempo y con reproductores obtenidos en la fecha que corresponde. Este es un serio problema en los proyectos de corte biológico, ya que los sistemas administrativos no son cooperativos ni coordinados con los ciclos biológicos y no hay mecanismos administrativos para subsanar este problema de desfase.

Tomando en cuenta la importancia de la metodología de obtención de las especies biológicas, la distribución de las mismas es sólo una extensión del resultado obvio, de hecho no es posible distribuir o transferir nada si no se tiene la información base.

En general, uno de los resultados esperados que se tenía en cuenta fue la activación del sector acuícola pesquero de pequeña escala en Caldera, mediante los productos del proyecto. En este sentido, el efecto obtenido fue menor al esperado, considerando la cantidad de especies; pero, tomando en cuenta solo el resultado de activación comercial el resultado de este proyecto fue exitoso, ya que ya para la temporada veraniega 2015, los productores de ostiones de Caldera asociados al proyecto estaban vendiendo ejemplares de ostiones provenientes de las entregas del proyecto. Si se evalúa el aporte de semilla desde el proyecto desde el punto de vista de cantidad de núcleos productivos en Caldera, el cambio fue de cero núcleos funcionando antes de proyecto a 8 a mediados y 9 al final del proyecto; técnicamente el efecto fue de 100% (el efecto porcentual no puede ser mayor de 100). Ahora, el efecto desde el punto de vista del aporte de semillas en equivalente teórico en moneda nacional al sector pesquero beneficiario de Caldera, se puede calcular desde la cantidad de semilla entregada. Se repartió un estimado de 5.779.048 unidades de semillas; si se hace el supuesto de que el total puede llegar a adultos

comercializables y tomando en cuenta el precio promedio de la variación de venta veraniega de ostiones (\$ 216,7 por unidad), se obtiene un aporte teórico al sector beneficiario y para repoblamiento de la bahía de \$ 1.252.319.702 y aplicando un castigo teórico por mortalidad de semilla (encuesta a usuarios) de 50 %, el aporte teórico efectivo habría sido de \$ 626.159.851. Estas cifras se consideran un éxito bastante interesante para el proyecto como unidad de trabajo. Reafirmando lo anterior, los mismos beneficiarios apoyaron nuevamente como beneficiarios la presentación del proyecto de continuidad de este proyecto, el cual fue aprobado y está en marcha en este momento en el mismo hatchery.

En conclusión, en cuanto a la comparación obtenido-esperado, en la obtención de especies para distribuir y considerando que la distribución (20 %) es completamente dependiente de la metodología (80 %) de producción desde reproductores, el éxito se calcula en 87,7 %. Por la parte del aporte a la economía regional, lo obtenido fue de 100 %. Lo anterior da un rendimiento final del proyecto (promedio) de 93,85 %.

7. Discusión y consideraciones generales

Como análisis finales de los objetivos, se puede considerar que dada la ejecución de proyecto y que el primer objetivo era la implementación del hatchery con el multipropósito de criar semillas de ostión y de recursos bentónicos como el erizo, en la costa de Caldera, se podría destacar que aparte de cumplir con este objetivo de implementación de los equipos se pudo producir en forma continua semillas del recurso ostión del norte y se determinaron los protocolos de cultivo de los estados de desarrollo del erizo rojo hasta antes de la fijación, proceso el cual no se pudo terminar faltando solo los procesos de: metamorfosis, fijación y crecimiento en placas, este retraso se debió a temas de tiempo y de coordinación de las épocas de desarrollo gametogénico de las ovas de erizo, por lo que se solicitó una continuación del proyecto presentándose el FIC AQUA II, originando un proyecto de continuidad en el cual se terminara el objetivo planteado.

En términos productivos, si se produjeron y entregaron semilla de ostión pero, el erizo solo pudo producirse a escala de laboratorio; sin embargo se logró determinar la técnica eficiente hasta la etapa de ocho patas antes de la fijación.

En cuanto al pelillo, fue imposible poder traer plantas cistocárpicas desde las reservas de reproducción del sur de Chile puesto que, por influencias ambientales, si bien existían frondas reproductoras costocárpicas en los laboratorios de la empresa Algas Marinas S.A., en el río Pudeto en Ancud, Chiloé, éstas no tuvieron maduración de los cistos que se utilizarían como fuente de esporas para realizar la fijación del alga de primera generación y así poder traspasarle este tipo de algas para los pequeños productores de pelillo nueva genética poblacional para la revitalización de sus praderas. Al no haber podido realizarse la fijación, lo que se buscó como medida paliativa fue traer este tipo de alga ya crecida desde Chiloé y en sistemas de cuerdas para llegar y poder colgarlas en líneas experimentales en las concesiones de los productores y así poder cumplir el objetivo final de revitalización del pool genético en la Región de Atacama.

En términos de abastecimiento de semillas se pudo observar que de un número de tres productores activos al comienzo del proyecto se terminaron entregando a más

de ocho usuarios de la región, reactivándose la actividad de producción de ostiones, frente a una situación de clara depresión hasta esta fecha.

Por lo tanto, y en un análisis matemático, es que se puede destacar que el cumplimiento en el abastecimiento en su grado de cumplimiento, tomando en cuenta las tres especies especificadas es de 67 %, dado el problema para la distribución de erizo.

En términos comunicacionales y de impacto en la sociedad regional público y privada en el territorio, se puede concluir que el proyecto como tal, fue difundido bien en la región. Esto se hizo, mediante reuniones con pescadores y trabajadores del sector costero, básicamente en Caldera y Chañaral. Del desarrollo del proyecto hubo bastante cobertura de prensa. Por otra parte, se constató que alto grado de conocimiento público. Finalmente, el proyecto fue difundido en tres escuelas de Caldera. Otra actividad similar, aunque no directamente difusión, fue la participación de alumnos del Liceo Técnico Blanco Encalada, de Caldera, como practicantes en la estación experimental.

El grado de cumplimiento de este objetivo fue de 100 % de lo planificado, considerando que, dada la difusión por prensa de este trabajo y la entrega efectiva a beneficiarios, la difusión real de los resultados resultó ser mucho mayor porque las mismas personas comenzaron a difundirlo, componente difícil de calcular; pero que se refleja en el 100 %.

Por último se puede destacar de sobre manera que el objetivo de consolidar en forma sustentable el centro marino de investigaciones y producción fue un éxito, dado que antes del cierre del proyecto se había podido asegurar la compra del hatchery por parte de la Universidad de Atacama y el apoyo en presentación de proyectos de corto , mediano y largo plazo con miras al desarrollo del sector marino de la región.

Siendo éste un objetivo de carácter puntual, propuesto como un hito mas que como una actividad continua, el cumplimiento fue de 100 %.

8. Conclusión

El Objetivo General del proyecto fue: **fomentar la productividad del sector pesquero artesanal y acuícola de pequeña escala de la región de Atacama.** Deduciendo de las cuatro actividades reportadas en el cierre de proyecto, el cumplimiento promedio objetivo fue de 91.8 %. Sin embargo, tomando en cuenta el objetivo general mismo mediante las especies que se logró proveer, y tomando en cuenta la activación de actividad económica relevante y reconocida en la región, el cumplimiento del objetivo general en si fue de 100 %. Estas aproximaciones muestran un cumplimiento general (promedio) del proyecto de 95,9 %.

Cada procedimiento concretado, a la escala propuesta, mostró ser eficiente en la producción de especies bentónicas. Estos mecanismos de producción no significan costos mayores para productores pequeños y medianos y si tuvo un importante aumento neto en la actividad comercial y potencialidad de la actividad productiva en corto plazo para la región.

9. Bibliografía

- Cabrera, E. 2000. Evaluación económica de la elaboración de ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) congelado, proveniente de dos sistemas de cultivo destinado al mercado francés. Tesis de Ingeniería Pesquera, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, 58 pp.
- Fierro J. y Oliva D., 2009. Effect of antibiotic treatment on the growth and survival of juvenile northern Chilean scallop, *Argopecten purpuratus* Lamarck (1819), and associated microflora in experimental cultures. *Aquaculture Research* 40: 1358-1362.
- Sastry A.N., 1966. Temperature in reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck.
- Sastry A.N., 1963. Reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck, influence of temperature on maturation and spawning.
- Cruz P., Ramirez J.L., Garcia G.A. y Ibarra A.M., 1998. Genetic differences between two populations of Catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) for adaptations for growth and survival in a stressful environment. *Aquaculture* 166: 321-335
- Cruz P., Rodriguez-Jaramillo C. & Ibarra A.M., 2000. Environment and population origin effects on first sexual maturity of Catarina scallop, *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842). *Journal of Shellfish Research* 19 ,89-93.
- Strand F. y Brynjeldsen E., 2003. On the relationship between low winter temperatures and mortality of juvenile scallops, *Pecten maximus* L., cultured in western Norway. *Aquaculture Research* 34: 1417-1422.
- Suárez M., Lamilla J. y Marquardt C., 2004. Chimaeroid fishes (Chondrichthyes, Holocephali) from the Neogene of Bahía Inglesa Formation (Atacama, Chile). *Revista Geológica de Chile* 31:105-117.
- Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA), 2010. Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura. Departamento de Análisis Sectorial, Subsecretaria de Pesca, Ministerio de Economía, Chile, 23 pp.
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), 2009. Anuarios Estadísticos de Pesca. Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Economía, Chile. [<http://www.sernapesca.cl>]

- sernapesca.cl/ index.php?option= com_remository& lte mid=54 & func=select & id=2]. Reviewed: 3 March 2010.
- Bourne N., 2000. The potential for scallop culture – the next millenium. *Aquaculture International* 8:113-122.
- Stotz, W., 2000. When aquaculture restores and replaces an overfished stock: Is the conservation of the species assured? The case of the scallop *Argopecten purpuratus* in Northern Chile. *Aquaculture International* 8: 237-247.
- von Brand E., Merino G.E., Abarca A. & Stotz W., 2006. Scallop fishery and aquaculture in Chile. In: *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture* (ed. By S.E. Shumway & J. Parsons). *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* 35: 1293-1311. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands.
- Farías A., Uriarte I y Castilla J., 1998. A biochemical study of the larval and postlarval stages of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus*. *Aquaculture* 166: 37-47.
- Uriarte I., Rupp G. y Abarca A., 2001. Spat production of iberoamerican scallops under controlled conditions. In: Maeda-Martinez, A.N. (Ed.), *Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. Editorial Limusa, Mexico, pp. 147 – 171.
- Disalvo L.H., 1990. Problemática de cultivo de ostiones. Enfermedades. In: Flores H, Miranda C. (eds) *VI Taller de Acuicultura*. Universidad Católica del Norte. Coquimbo, Chile. Pp 78-82.
- Navarro R, Sturia L, Cordero O y Avendaño M., 1991. Aquaculture and fisheries in Chile. In: S. Shumway (eds) *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*,. 21: 1001-1016.
- Wilson J.H., 1987. Spawning of *Pecten maximus* (Pectinidae) and the artificial collection of juveniles in two bays in the West Ireland. *Aquaculture* 61: 99-111.
- Heilmayer O., Brey T. y Pörtner H., 2004. Growth efficiency and temperature in scallops: a comparative analysis of species adapted to different temperatures. *Funct Ecology* 18, 641–647.
- Orton J.H., 1920. Sea temperature, breeding and distribution in marine animals. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 12: 339-366.

- Laing I., 2000. Effect of temperature and ration on growth and condition of king scallop (*Pecten maximus*) spat. *Aquaculture* 183: 325-334.
- MacDonald B.A. y Thompson R.J., 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I Growth rates of shell and somatic tissues. *Marine Ecology Progress Series* 25: 279-294.
- Wolff, M., 1987. Population dynamics of the peruvian scallop *Argopecten purpuratus* during the El Niño phenomenon of 1983. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 1684-1691.
- Thébault J., Thouzeau G., Chauvaud L., Cantilláñez M. y Avendaño M., 2008. Growth of *Argopecten purpuratus* (Mollusca: Bivalvia) on a natural bank in Northern Chile: sclerochronological record and environmental controls. *Aquat. Living Resour* 21: 45-55.
- Wallace J.C. y Reinsnes T.G., 1985. The significance of various environmental parameters for growth of the Iceland scallop (*Chlamys islandica*, Pectinidae) in hanging culture. *Aquaculture* 44: 229-242.
- McDonald J.H. (2014). *Handbook of Biological Statistics*. Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland. 3rd ed. pp 140-144.

Anexos

1. Resumen para informe de difusión FIC AQUA	
2. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 1.	68
3. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 2.	71
4. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 3.	87
5. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 4.	102
6. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 5.	111

PABLO,
CADA SECCIÓN EN EL
IMPRESO DEBE LLEVAR
IMPRESO EL
CORRESPONDIENTE
ARCHIVO PDF SEGÚN EL
NÚMERO . TE ADJUNTO LOS
ANEXOS, LO QUE PASA ES
QUE NO SE COMO PONER
LOS PDF DIRECTAMENTE
EN LA SECCIÓN DE ESTE
INFORME

7. Resumen para informe de difusión FIC AQUA

La difusión del proyecto FIC Aqua se desarrolló conforme a un plan elaborado para entregar y hacer llegar a los beneficiarios, autoridades y público general, los beneficios y quehaceres del proyecto.

Las líneas de trabajo de dicho plan fueron las siguientes:

1. **Desarrollo de una imagen corporativa o imagen de proyecto:** consistió en crear material de identificación con el proyecto y sus instituciones involucradas. Entre otros materiales se produjeron:
 - Logo del proyecto
 - Pendones
 - Chapitas
 - Lienzos
 - Gorros
 - Cuadernillos
 - Lápicos
 - Tacos Pos-it
 - Galvanos recordatorios
2. **Lanzamiento y cierre de proyecto:** consistente en dar inicio y entregar información acerca del aporte a la comunidad beneficiaria y asociada al proyecto. Asimismo relevar como Cridesat-UDA puede aportar al Desarrollo Sustentable y la valoración, de la Innovación y Transferencia Tecnológica del Sector Pesquero Artesanal y su Comunidad en la región de Atacama. Asimismo el cierre de proyecto consistió en una presentación audiovisual se exponen algunos de los principales impactos en el sector pesquero artesanal y la pequeña acuicultura ilustrando acerca de impresiones de los beneficiarios,

3. Talleres, charlas y capacitaciones especializadas a beneficiarios: persigue mantener los vínculos con la comunidad, difundir temas que aporten con material técnico actualizado y promover el traspaso de tecnología y experiencia en el uso sustentable de los recursos marinos.

- Taller Acuicultura Organizativa
- Taller de Escalamiento Productivo y Balsas jaulas de cobre
- Taller desove Erizos
-

proyectos para la población en general y fomentar el cuidado de los recursos marinos de la zona.

6. **Video documental del proyecto:**Se requirió la “Producción de un vídeo informativo inédito y original que muestre los principales hitos del Proyecto FIC Aqua”. Este material es un servicio gestionado por CRIDESAT que depende administrativamente de la Universidad de Atacama, instituciones que adquieren la propiedad de todos los derechos de reproducción, distribución y comunicaciones públicas con carácter exclusivo.

2. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 1.

AQUÍ CORRESPONDE
IMPRIMIR EL ANEXO PDF 1

3. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 2.

AQUÍ CORRESPONDE
IMPRIMIR EL ANEXO PDF 2

4. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 3.

AQUÍ CORRESPONDE
IMPRIMIR EL ANEXO PDF 3

5. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 4.

AQUÍ CORRESPONDE
IMPRIMIR EL ANEXO PDF 4

6. ANEXO PDF: ANEXO DIFUSIÓN 5.

AQUÍ CORRESPONDE
IMPRIMIR EL ANEXO PDF 5