



INFORME FINAL

PROYECTO FIC 33-03-227

Desarrollo del cultivo integrado del ostión, erizo y macro algas como alternativa productiva al manejo de costos de operación en la industria del cultivo de ostión, promoviendo la interacción entre el sector productivo y la formación técnico profesional en la Región de Atacama

Ejecutor: Universidad de Valparaíso

Prof. Chita Guisado

Dr. Ramón Buzeta B.

Biol. Mar. Roberto Maltraín

Montemar, septiembre 30 de 2013



Tabla de Contenidos

1. Presentación.....	3
2. Antecedentes.....	4
3. Objetivos del Proyecto	8
4. Metodología.....	9
5. Análisis de los resultados	24
6. Talleres y Transferencia Tecnológica.....	31
7. Discusión y Conclusiones.....	36
8. Literatura Citada.....	40



Presentación

El presente Proyecto fue ejecutado por la Universidad de Valparaíso, entre marzo de 2012 y agosto de 2013.

El monto solicitado y asignado por el Fondo de Innovación a la Competitividad del Gobierno Regional de Atacama ascendió a \$74.149.000.

En el desarrollo del Proyecto participaron instituciones nacionales e internacionales:

1. Universidad de Valparaíso (Institución Principal)
2. Liceo Manuel Blanco Encalada de Caldera (Ilustre Municipalidad de Caldera)
3. Cultivos Rocas Negras (Bahía Inglesa)
4. Cultivos Santa Fe (Bahía Inglesa)
5. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México
6. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México



ANTECEDENTES

La problemática que se propuso abordar con este proyecto se estructuró en torno a tres grandes temas, como son la pérdida de competitividad de la industria del cultivo del ostión, la necesidad de diversificar la actividad acuícola y la incorporación de la formación técnico profesional.

El Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), es un recurso que se cultiva principalmente en las Regiones de Atacama (28%) y Coquimbo (70%), las que representan en conjunto el 75% de las exportaciones totales de este recurso, constituyéndose en una importante actividad económica para estas regiones (APOOCH, 2009). Se consume principalmente fresco refrigerado y congelado. El 95% de la producción se exporta y solo un 5% se destina al consumo interno. Su principal destino es Europa, siendo Francia el mayor consumidor (87% del volumen exportado), seguido de Italia (6,5%) y España (3,3%). Sin embargo, a diciembre de 2010 las exportaciones de Ostión del Norte, seguían mostrando una tendencia a la baja debido, principalmente, a caída del mercado francés: a noviembre de 2010 registraba un déficit en valor de mercado del 41,2% respecto a igual mes de 2009 (Subpesca, 2010). A estos problemas, se suma la competencia del mercado peruano y la tasa de cambio: la producción nacional enfrenta una fuerte competencia de la industria ostionera del Perú y, en menor medida, de los propios países europeos y algunos países asiáticos, con precios muy competitivos.

En relación con el proceso de cultivo, otro factor que se suma a los problemas que afecta a la industria ostionera, es la acumulación de organismos incrustantes o bio-fouling en las linternas de cultivo. Esta gran biomasa de organismos fouling que se adhieren a los sistemas de cultivo, son derivados a vertederos no conociéndose usos, aplicaciones o beneficios concretos. Además, la falta de vertederos cercanos a las áreas de cultivo incide en que estos residuos generan olores y vectores durante su transporte, siendo mal percibidos por la comunidad, en especial en épocas con presencia de turistas. Por otro lado, la formación de bio-fouling tiene efectos económicos negativos debido al deterioro de la infraestructura, demandando una gran cantidad de materiales, equipamientos y horas hombre destinada exclusivamente a labores de limpieza, mantención y reparación. Dependiendo del tipo de instalaciones, existen estrategias para remover los biofouling. Una de éstas es la limpieza mecánica y/o manual de las artes de cultivo, que es económicamente costosa, ambientalmente cuestionada y requiere de una gran cantidad de horas hombre destinadas sólo a estas tareas.

Otra de las alternativas existentes es el uso de pinturas antifouling. Sin embargo, esta opción no se considera en el cultivo del ostión, debido principalmente a los problemas ambientales: estas pinturas se preparan en base a cobre, estaño o derivados de pesticidas. Esta práctica ha generado impactos negativos sobre ecosistemas donde se han usado, pudiendo afectar incluso la captación misma de semillas de esta especie. Consecuentemente, ha surgido una preocupación mundial en relación con este tema, la cual se ha visto reflejada en la promulgación de normativas que impiden el uso de este tipo de principios activos en pinturas antifouling.

Considerando que esta actividad aporta \$13.000 millones a las Regiones de Atacama y Coquimbo, las pérdidas debidas a la fijación de organismos incrustantes o biofouling representan una importante amenaza productiva, lo que plantea la necesidad de desarrollar estrategias viables e inocuas que apoyen las estrategias tendientes a mejorar la competitividad y productividad del



sector del cultivo del ostión, y hacer frente así a la fuerte competencia, caída de precios y problemas de tasas de cambio.

Por ejemplo, y de acuerdo a información preliminar obtenida en la industria del cultivo del ostión, los costos de producción para Chile fluctúan alrededor de los US\$7/kg y para Perú US\$1/kg. Según el Boletín Sector Pesca y Acuicultura de la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (mayo de 2011), los siguientes son los precios que se manejan a nivel internacional:

Producto/destino	US\$/kg	
	Mínimo	Máximo
Con Coral		
Francia	9,45	14,82
Holanda	10,11	11,15
Australia	10,39	11,14
España	6,23	9,00
Italia	6,15	10,65
Sin Coral		
EE.UU	9,42	14,72
Francia	7,62	13,07
Canadá	10,38	14,25
Bélgica	9,76	12,89

Históricamente, el precio Internacional Anual Promedio para las exportaciones chilenas era de: US\$ 15/kg (2006) y US\$ 8,3/kg (2009).

Según la opinión de los cultivadores, los precios de referencia para el ostión, serían: a) US\$13/kg logra mantener el negocio; b) US\$15/kg es un precio bueno; c) US\$18/kg sería un precio óptimo frente la situación de mercado y al valor actual del dólar.

Los antecedentes anteriores reflejan el difícil escenario en el que se mueve la industria chilena del cultivo del ostión, llevando a proponer implementar una solución tecnológica basada en conocimiento generado en varios estudios realizados en Chile y el extranjero y evaluaciones efectuadas por algunas empresas del cultivo del ostión.

La Empresa Loanco (Fontec 93-0212) (asesorada por Chita Guisado, Directora de la presente propuesta) planteó esta misma interrogante con la finalidad de disminuir el bio-fouling de sus líneas de cultivo de ostión que implicaba un mayor costo en el manejo de los sistemas para su limpieza. Para ello utilizaron juveniles de erizos rojos (cultivo mixto) logrando resultados a nivel productivo importantes con la disminución total del bio-fouling de los sistemas de cultivo en 120 días, aumentando la tasa de crecimiento de la semilla de ostión y mayores tasa de supervivencia, por el mayor flujo de agua dentro de las linternas y/o pearl-net utilizados. Disminuyeron en forma importante los desdobles, actividad que demanda un mayor costo productivo en la utilización de mano de obra y materiales. Este trabajo no consideró temas importantes como la utilización de semillas seleccionadas de erizo y/o modificación a sistemas de cultivo del ostión para el desarrollo y mantención de estas semillas dentro y fuera del sistema pearl-net y/o linternas. Este sistema de cultivo integrado permitió obtener erizos de ca. 2,5 cm de diámetro en los sistemas suspendidos alimentados sólo con el bio-fouling naturalmente adherido.

Actualmente existen varios centros y/o empresas en la zona norte de Chile que son capaces de producir semillas de erizo (Universidad Católica del Norte en Coquimbo, Universidad Andrés Bello en Quintay, Hatchery en la Caleta Maitencillo, Centro Palo Colorado en Los Vilos). Actualmente, estas entidades se han centrado sólo en producción de juveniles de erizo con fines de



re poblamiento el cual no ha sido exitoso debido principalmente a la escasa supervivencia de la semilla y el tiempo necesario para obtener ejemplares posibles de comercializar. Los erizos que fueron ocupados para el cultivo mixto ostión-erizo fueron semillas seleccionadas, basándose en estudios previos realizados en la Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso, permitiendo obtener erizos de 2,5 cm en ca. 12 meses. Los erizos así obtenidos podrán ser cultivados junto con macro-algas que aseguren su alimentación continua, dado que ya se tienen antecedentes de tasas de consumo productivo de la ejecución de varios proyectos Fondef donde han participado investigadores del presente proyecto: D00I 1049; D05I 10392 AQ04I 1012; FIP 2005-44; FIP 2006-47. La tecnología de producción de juveniles o talos y el cultivo de macro-algas son ampliamente conocidas, aunque no exista un escalamiento debido a que aún existe la pesquería como la alternativa más económica para su obtención.

Diversificación de la Acuicultura

Aunque la acuicultura en Chile constituye uno de los sectores productivos de mayor potencial, existe una alta dependencia del cultivo de salmónidos. Por esto, se ha promocionado la diversificación acuícola por medio del cultivo y comercialización de nuevas especies de interés económico, como estrategia viable para disminuir esa dependencia. Generar nuevos cultivos de importancia económica permite competir con la diversidad y las ventajas económicas de otros países. La diversificación busca generar nuevas oportunidades de mercado, ocupar espacios geográficos más amplios en la costa chilena o sus recursos hídricos y complementar la oferta actual.

Chile representa aporta con el 44% de los erizos de mar a nivel mundial. Este abastecimiento se obtienen en un 100% de la pesca extractiva, lo que impide controlar la calidad y el tamaño del recurso. Además, este recurso ha sido intensamente explotado, constituyendo una de las pesquerías bentónicas más importantes por la gran demanda de sus gónadas, especialmente en el mercado japonés. En la última década se registraron desembarques que fluctuaron entre 15.000 y 55.000 toneladas, experimentando un desplazamiento desde la X y XI hasta la XII Región, representando uno de los aspectos del deterioro y agotamiento de los bancos naturales en las áreas tradicionales de pesca del recurso.

Implementar tecnologías alternativas que permitan el desarrollo de cultivo del erizo, constituye una opción de diversificación y desarrollo para pequeños acuicultores y pescadores artesanales que han sido afectados por cambios en el mercado o el deterioro de las pesquerías naturales.

Educación Técnico Profesional

Uno de las inquietudes en relación con la educación en Chile, es la necesidad de implementar estrategias de motivación en los alumnos, que despierten su interés hacia nuevas competencias, estimular el debate, la investigación y la aplicación. Específicamente, en los establecimientos de formación técnico-profesional, se busca promover lo práctico, formar técnicos de nivel superior ofreciendo las mejores alternativas formativas y tecnológicas que permitan incrementar los niveles de eficiencia y productividad del recurso humano de la industria nacional. Este tipo de formación busca beneficiar, especialmente, la proyección laboral de los alumnos y la instalación de un foco de crecimiento de capital humano especializado en una localidad que constituya un epicentro del desarrollo de la industria en una Región.

Es central a esta materia, facilitar la iniciativa y la autonomía de los educandos, que aprendan a tener una mirada productiva; que experimenten el proceso de diseñar, implementar y cuidar, en



este caso, un sistema de cultivo y que experimenten el resultado productivo y su estímulo monetario (comercialización).

Para que un Liceo Técnico sea un vínculo entre el mundo educativo y del trabajo, se debe promover la interacción entre alumnos, profesionales y trabajadores. El que las instituciones se conozcan, se aproximen, colaboren y generen lazos variados, facilita la gestión de acuerdos para la satisfacción de necesidades de ambas partes, ayudando a identificar y adecuarse a los requerimientos de la demanda laboral.

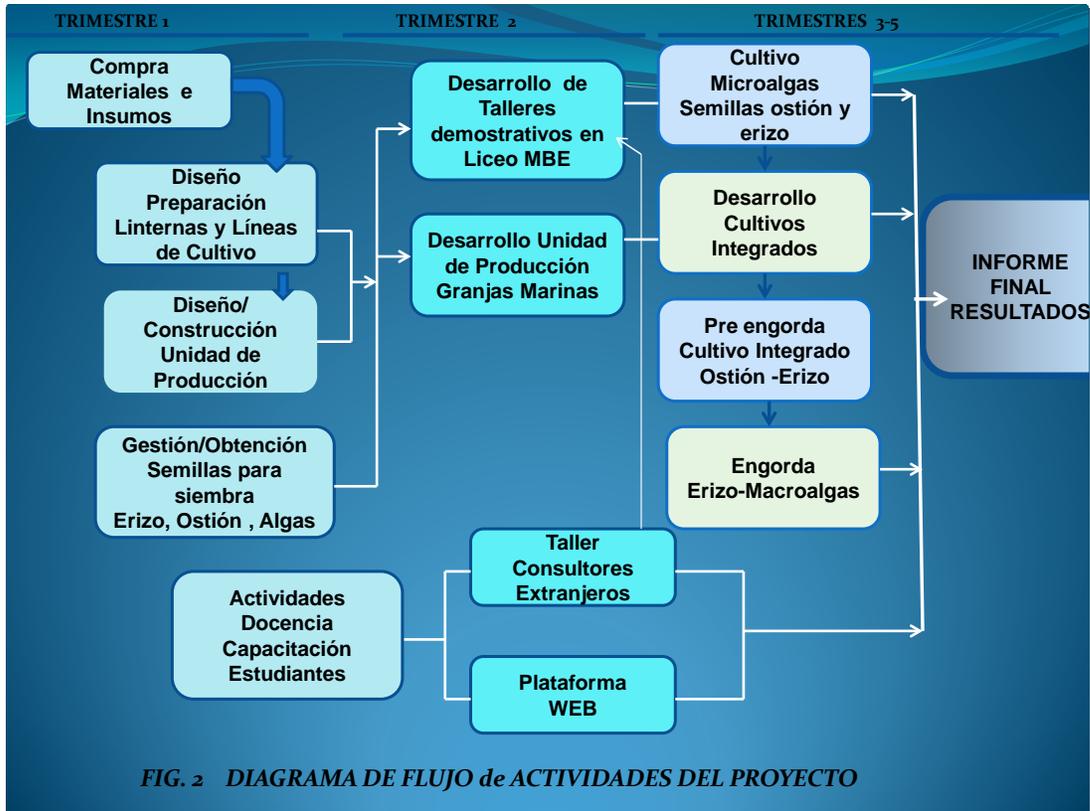
El Liceo Manuel Blanco Encalada de Caldera, cuenta con Formación Científico Humanista y Técnico Profesional. Esta última considera la especialidad de Turismo y Acuicultura. Posee instalaciones y recursos humanos que incentivan el desarrollo de la ciencia y la tecnología aplicada a la acuicultura con el fin de crear valor en dicho sector. Por su parte, el Centro de Capacitación Acuícola para el desarrollo de la acuicultura del Liceo Manuel Blanco Encalada, constituye un establecimiento de significativa importancia para el desarrollo de la comuna de Caldera y la Región de Tarapacá.

El presente proyecto buscó integrar las actividades y planes de enseñanza acuícola de este Liceo, para crear e implementar una solución tecnológica que vaya en ayuda del desarrollo e innovación de empresas cultivadoras de ostiones de la zona. Esto, a la vez, ayudará al Liceo a alcanzar los objetivos que se ha propuesto: avanzar hacia un trabajo de emprendimiento innovador.

En resumen, la presente propuesta buscó dar un paso más hacia la creación de valor al vincular a los requirentes de innovaciones o soluciones tecnológicas, investigadores y los futuros profesionales, técnicos o mano de obra especializada para el sector acuícola. Se buscó innovar en una solución que permita mejorar los costos de producción y rendimiento (menor manejo de las líneas de cultivo y mayor eficiencia de crecimiento de ostión), aprovechar los “excedentes” de la fase de control del fouling en la engorda del ostión para incursionar en la diversificación acuícola a través de la engorda de erizos, y establecer puntos de partida a nuevas ideas y soluciones que lleven a los alumnos, pequeños empresarios o pescadores artesanales a incursionar en negocios o emprendimientos alternativos como la venta de semillas o engorda de erizos y venta de algas a las empresa cultivadoras de abalones.



ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA PROYECTO





METODOLOGÍA

1. Cultivo de erizo *Loxechinus albus* (erizo rojo)

1.1 Inducción al desove y fecundación

Los reproductores fueron recolectado por buzos mariscadores desde la Caleta Maitencillo, para inducir a los animales a la liberación gamética se inyectó Cloruro de Potasio 0,5 M en la membrana peristomal de los reproductores, los gametos fueron depositados en vasos de precipitado (Fig. 1), luego de esto se realizó la fecundación en cristalizadores de vidrio (Fig.2), en una proporción de óvulos : espermatozoides de 1: 100, una vez confirmada la fecundación al observar la membrana de fecundación, los huevos fecundados se mantuvieron bajo las mismas condiciones durante 24 horas.



Fig. 1. Inducción al desove de reproductores de erizo

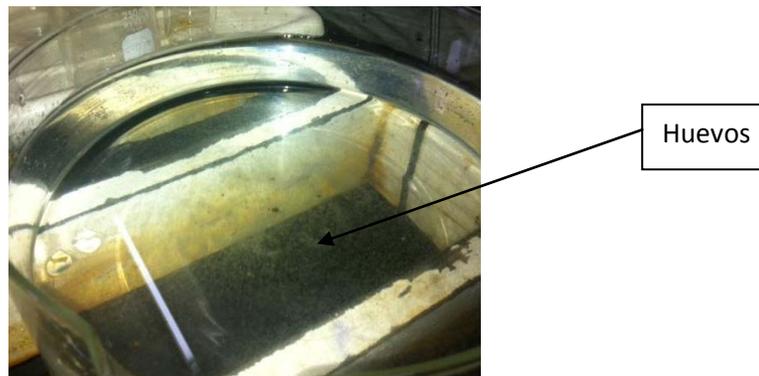


Fig. 2. Óvulos fecundados de *Loxechinus albus*.



1.2 Cultivo larval

Luego de observar movimiento de las gástrulas, se procedió a su traslado a tanques cónicos de fibra de vidrio de 500 litros (Fig. 4 y 5), con agua de mar microfiltrada a $1\ \mu\text{m}$ y esterilizada con luz UV y aireación gentil desde el fondo del tanque, en dónde una vez que se confirmó la presencia de larvas prisma, fueron alimentadas con una mezcla de las microalgas *Chaetoceros* sp. e *Isochrysis* sp. en una concentración de 30.000 cel/mL en una primera etapa, aumentada a 80.000 cel/mL. Luego de 1 mes de cultivo (Fig. 6). Se realizó recambio del 50% de agua diariamente. Este cultivo fue realizado entre julio y agosto de 2012.

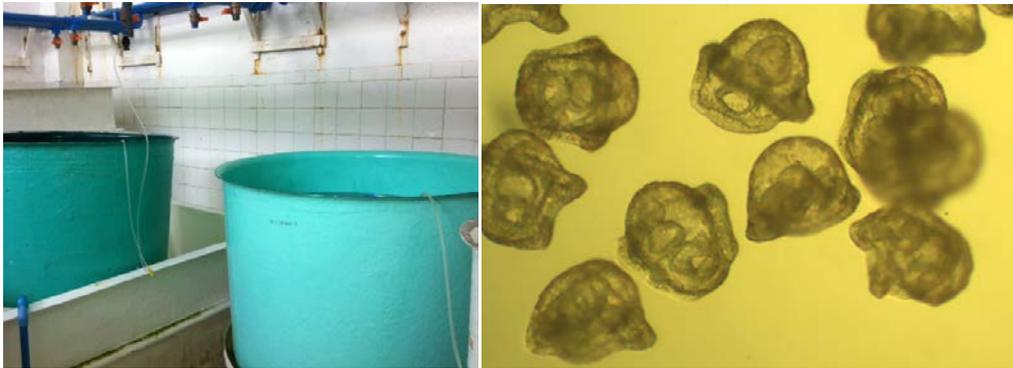


Fig. 4. Tanques (1 y 2) con larvas de de *L. albus* 4 brazos



Fig. 5. Tanque de cultivo con larvas de erizo con 1 larva / mL.



Fig. 6. Larvas de erizo de 8 brazos, cultivo del 30 de junio de 2012

1.3 Cultivo juveniles

Una vez observado el desarrollo del rudimento equiniano, se procedió a poner placas de policarbonato con diatomeas bentónicas previamente cultivadas, para inducir al asentamiento larval, una vez que se observaron organismos asentados se procedió a traspasar las placas de asentamiento a estanques de pre-engorda.

1.4 Pre-engorda de juveniles

En esta etapa, los juveniles en placas fueron alimentados “ad libitum” con el alga *Ulva* sp.(Fig. 7) y fueron mantenidos hasta que alcanzaron una talla superior a los 15 mm.



Fig 7. Sistema de pre-engerde de semillas de *Loxechinus albus* con *Ulva* sp.

1.5 Traslado al mar y siembra

Para el traslado al mar y posterior siembra tanto de las semillas producidas como aquellas compradas, se utilizaron cajas plásticas con esponja de baja densidad humedecida con agua de mar micro filtrada, sobre éstas se ubicarán mono capas de erizos, las cajas en su base contenían packs de hielo para mantener la temperatura alrededor de 10°C.



Fig. 8. Semillas de *L albus* durante el proceso de siembra en cultivos Rocas Negras III Región .

1.6 Obtención de semilla para siembra

Se obtuvieron semillas de erizo, del hatchery de la Caleta de Pescadores de Maitencillo, a cargo de la Universidad del Mar (Fig. 8 y 9) Se adquirieron 400 juveniles, los cuales fueron mantenidos en los laboratorios de la Universidad de Valparaíso,(Fig. 10) para ser trasladados a Cultivos Rocas Negras III Región, luego de haber obtenido el Permiso de Cultivo Experimental de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. De los 400 erizos obtenidos 30 de ellos de aproximadamente tenían un promedio de 3,64 cm (SD 0,32 cm) El resto, más pequeño tenían un promedio de 1,66 cm (SD 0,21 cm) fueron mantenidos durante 8 meses en cultivo integrado con ostiones los cuales ya fueron cosechados por lo que los erizos fueron trasladados a otras linternas de cultivo con ostiones de menor talla para que siguieran el proceso de engorde.



Fig. 9. Obtención de semilla de erizo en hatchery de caleta de Pescadores de Maitencillo, V Región.



Fig. 10. Mantenimiento de semilla en Laboratorio Facultad de Ciencias del Mar Universidad de Valparaíso.

1.7 Cultivo auxiliar de microalgas

Para la alimentación de las larvas de erizo se mantuvieron cultivos auxiliares de las microalgas *Rhodomonas* sp y *Chaetoceros* sp (Fig.11) bajo condiciones constantes de luz, fotoperiodo de 24 horas, temperatura de 21°C y adición de nutrientes (Medio f/2 o Guillard)



Fig. 11. Cultivo auxiliar de microalgas para alimentación de larvas de erizo.

1.8 Cultivo continuo de microalgas

Se implementó un sistema de cultivo continuo de microalgas bajo las siguientes condiciones:



El cultivo se realizó en contenedores de acrílico de 150L

Agua de mar microfiltrada a $1\ \mu\text{m}$ y esterilizada con cloro, posteriormente el agua se trató con tiosulfato de Sodio para la neutralización del cloro.

Luz fluorescente en un fotoperíodo de 18 horas de luz y 6 de oscuridad

Temperatura a $21\ ^\circ\text{C}$

Medio de cultivo Guillard (f/2)

Aireación constante desde el fondo del estanque

Adición diaria de CO_2

Este sistema de cultivo cuenta básicamente de dos secciones integradas, una de tratamiento de agua y otra de cultivo (Fig. 12). En la primera sección es un depósito de agua de mar estéril que contiene los nutrientes, la segunda sección contiene el cultivo de microalgas el cual debe estar en condiciones constantes de luz, temperatura y aireación.

El funcionamiento de este sistema está controlado por la adición diaria de un volumen constante de agua con nutrientes, igual volumen de microalgas es cosechado diariamente y corresponde al 10% del volumen total del cultivo. Cabe señalar que el cultivo debe estar fuertemente aireado y con suplemento diario de dióxido de Carbono.



Fig. 12 Cultivo continuo de microalgas realizado en la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales de La Universidad de Valparaíso.



La evaluación del crecimiento poblacional de microalgas se realizó mediante conteo directo en cámara Neubauer contrastados con lecturas en citometría de flujo, los conteos se realizaron diariamente para la determinación del punto de cosecha de microalgas.

2. Cultivo de *Macrocistys integrifolia*

2.1 Condiciones de cultivo

La temperatura de la sala de cultivo se mantuvo constante a 15°C (Fig. 13) durante el todo el periodo de cultivo, el agua de mar fue filtrada a 1 μm , esterilizada con autoclave y renovada semanalmente agregando nutrientes en cada recambio, el sistema de iluminación contó con tubos fluorescentes de 40W ubicados a 50 cm de los matraces de cultivo.



Fig. 13. Unidad de Producción Macroalgas

2.2 Recolección y traslado de frondas reproductivas

Las frondas reproductivas fueron extraídas desde la playa el Caleuche en la Comuna del Tabo, fueron reconocidas por la ubicación cercana al disco de fijación y la coloración oscura, una vez recolectadas fueron secadas con papel absorbente (Fig. 14) y llevadas al laboratorio de La Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales de La Universidad de Valparaíso en contenedores plásticos con packs de hielo para mantener la temperatura entre 10 y 15°C.



Fig. 14. Recolección *Macrocystis* sp.

2.3 Tratamiento de estrés hídrico para la liberación de las esporas.

Una vez en el laboratorio, las plantas fueron lavadas con agua de mar esterilizada (autoclave), para eliminar suciedad y esporas de otras algas o pequeños invertebrados. El lavado fue realizado rápidamente, con chorros de agua de mar. Luego de esto las frondas fueron dejadas en bandejas plásticas, debidamente limpiadas con alcohol, por un periodo de 2 hrs, en condiciones de baja intensidad de luz. Esto se logra tapando las bandejas con papel aluminio. Luego de las 2 horas, las frondas fueron rehidratadas (Fig. 15). Para esto, 10-15 frondas con soros reproductivos, fueron depositadas en bandejas con 1000 mL de agua de mar esterilizada. Las esporas comenzaron a ser liberadas en forma inmediata y fueron depositadas en los acuarios con las cuerdas, ya que las esporas se asientan rápidamente. Pequeñas muestras fueron observadas al microscopio y la densidad de las esporas fue medida en un hematocitómetro.



Fig. 15. Frondas reproductivas rehidratadas en proceso de liberación de esporas



2.4 Sembrado de las esporas en cuerdas de polipropileno de 3 mm de diámetro.

Para realizar esta actividad, fueron diseñados acuarios de vidrio de 20 L de capacidad, estos acuarios fueron divididos en dos compartimientos de 10 L cada uno. En cada compartimiento se depositaron en forma vertical, 4 tubos de pvc de 60 mm de diámetro. En cada uno de estos tubos de pvc se amarraron 15 m de cuerda de polipropileno de 3 mm de diámetro. Las cuerdas fueron previamente lavadas con agua potable, para retirar restos de cera y sustancias químicas que podrían dificultar el asentamiento de las esporas. En total fueron inoculados 150 m de cuerda por cada acuario de 20 L (Fig. 17) La solución de esporas fue recogida en un matraz y depositada en un embudo de decantación, para retirar posibles impurezas. Una vez retiradas las impurezas, la solución fue depositada en cada compartimiento. El primer cambio de agua se realizó luego de 3 días.



Fig.17 Cultivo de *Macrocyctis integrifolia* en cuerdas

De manera anexa se realizaron cultivos en suspensión o “Free floating (Fig. 18), con el propósito de reutilizar aquellas algas desprendidas durante los cambios de agua realizados a los cultivos en cuerdas. El cambio de agua con nutrientes se realizó semanalmente.



Fig. 18. Cultivo de *Macrocystis integrifolia* en sistema suspendido en matraces de 500 mL “free-floating”

Se obtuvieron aproximadamente 600 plantas juveniles provenientes del Laboratorio de Cultivos de la Universidad Austral de Chile. Juveniles de ca. 10 μ m que fueron utilizados para el engorde de erizos (cultivo erizo-macroalgas).

Modificación sistemas de cultivo de ostión.

Se realizaron modificaciones a las linternas de cultivo de ostión (Fig. 19) que fueron ocupadas para cultivos integrados con el propósito de retener a los erizos que salían de las linternas para aumentar la sobrevivencia de los mismos.



Fig. 19. Linterna modificada para mantención de erizos y ostiones.



Siembra y experimentación de cultivos integrados ostión – erizo

Las semillas de erizo obtenidas desde Maitencillo (N=400) que habían sido trasladadas a Caldera (Cultivo Rocas Negras) fueron instalados en sistemas suspendidos en cultivo mixto ostión- erizo con el objetivo de determinar la acción de los erizos en el control del biofouling (Fig. 20)



Fig. 20. Cultivo mixto ostión – erizo (juveniles en Cultivo Rocas Negras (Caldera))

Se trasladaron 400 semillas de *Loxechinus albus* desde la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso hasta Cultivos Rocas Negras, Caldera, III Región en donde los animales fueron dejados una semana en aclimatación suspendidos en bolsas de malla con macroalgas, luego de esto fueron puestos en linternas de cultivo de ostión en 3 densidades; tres pisos con 5 erizos, otros tres pisos con 10 erizos y tres pisos con 20 erizos por linterna, la densidad de ostiones fue de 40 organismos por piso, esto se realizó por cuadruplicado, el experimento comenzó el 9 de septiembre de 2012 (Fig. 21). Como control se dispusieron linternas de las mismas características sólo con ostiones.



Fig. 21. **A** vista interna de un piso de una linterna de cultivo integrado de ostión- erizo. **B** Linterna de cultivo de ostiones y **C** Linterna de cultivo integrado ostión- erizo. Ambas después de 4 meses de experimentación

Experimentos realizados

Se realizaron cuatro experimentos en orden de determinar el crecimiento y supervivencia de ostiones, erizos y macroalgas en sistemas de cultivo integrado y compararlos con sistemas de monocultivo tanto de ostión como de erizos, los experimentos fueron iniciados durante febrero de 2013 cuyo diseño experimental se resume en la tabla 1

Tabla 1. Resumen del número y talla de los organismos experimentales al comienzo del experimento.



20-02-2013	Ostiones	Erizos
Experimento 1	Con sistema contención	
n	40	35
talla (mm)	9	15
Experimento 2	Cultivo integrado ostión-erizo	
n	40	35
talla (mm)	9	20
Experimento 3	Diferente densidad erizo - ostión	
n ₁	35	35
n ₂	70	35
talla (mm)	9	15

Los muestreos de los experimentos instalados en Cultivos Rocas Negras y Cultivo Santa Fe fueron planificados como sigue:

Experimento 1:

Objetivo: determinar rendimiento (producción) de linterna modificada.

Dicho experimento se desarrolló en Cultivo Rocas Negras. Tres linternas normales con ostión y erizo y 3 modificadas con ostión y erizo.

Se evaluó:

- Cantidad de biofouling mediante estimación de biomasa por diferencia de peso
- Supervivencia y el crecimiento de ostiones
- Supervivencia y crecimiento erizos



Experimento 2:

Objetivo: Evaluar efecto de erizos juveniles en sistemas de cultivo de ostión

Experimento desarrollado en Cultivos Rocas Negras. Cuatro linternas con ostiones y 4 linternas con erizos y ostiones.

Se evaluó:

- Cantidad de biofouling mediante fotografía y peso de cada linterna
- Supervivencia y crecimiento de ostiones
- Supervivencia y crecimiento erizos

Experimento 3:

Experimento desarrollado en Cultivos Santa Fe.

Objetivo: Evaluar el efecto del manejo en sistemas de cultivo mixto ostión- erizo.

Tres linternas con ostión – erizo (35:35 por piso) sin manejo y 3 linternas con ostión-erizo (70:35 por piso) con manejo (doble).

Se evaluó:

- Supervivencia y el crecimiento de ostiones
- Supervivencia y crecimiento erizos
- Dependiendo de los resultados (cantidad y tamaño de los ostiones) se procedió al doble.

Experimento 4:

Objetivo: Determinar crecimiento y supervivencia de erizo y algas en cultivo mixto erizo-*Macrocystis*

Desarrollado en Cultivos Rocas Negras. Los erizos que fueron puestos en los sistemas con macroalgas en linternas, fueron medidos para determinar crecimiento y se evaluó supervivencia.



Cultivo de macroalgas

Lugar: Cultivo Rocas Negras

Se evaluó el crecimiento y la densidad de los juveniles obtenidos en la unidad de cultivo implementada en la Universidad de Valparaíso (Montemar) y que fueron trasladados al mar entre el 7 y el 10 de abril a Cultivos Rocas Negras.

Todos los experimentos realizados fueron muestreados mensualmente en términos de crecimiento y supervivencia de ostiones y erizos además de cuantificar la biomasa correspondiente al biofouling mediante el peso de linternas antes y después de los experimentos, el tiempo total de experimentación fue de 6 meses.



RESULTADOS

1. Cultivo erizo-ostión

A. Experimento cultivo mixto

Crecimiento

Los erizos que se colocaron en cultivo sin ostiones de 1,5 cm (SD 0,36) en febrero de 2013 alcanzaron una talla de en 6 meses (2,6 cm/mes). Aquellos erizos mantenidos en cultivo mixto ostión erizo también crecieron a la misma tasa, alcanzando los crecieron hasta los 3,7 cm (Fig. 22).

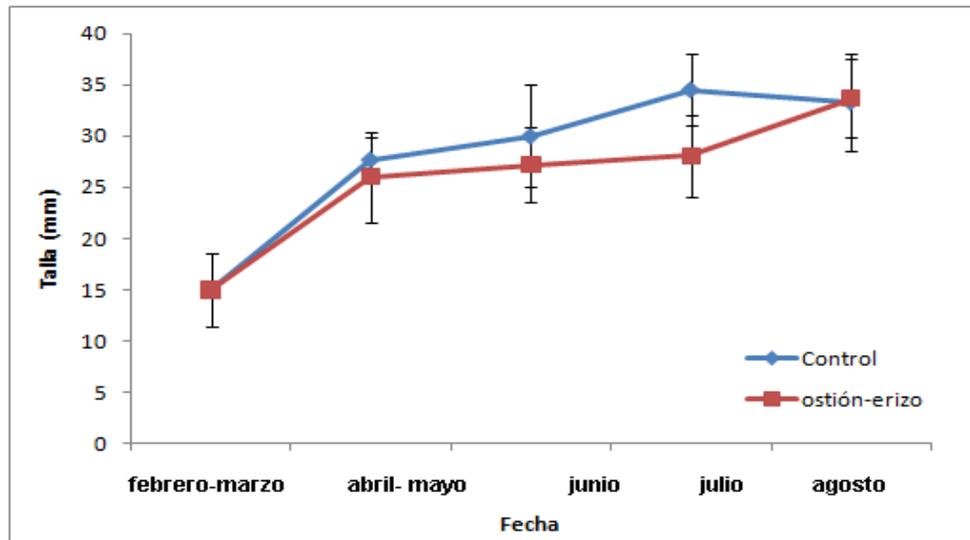


Fig. 22. Crecimiento de erizos juveniles en seis meses de cultivo

Los ostiones en cambio crecieron en forma diferente, en seis meses, aquellos mantenidos sin erizos (control) crecieron menos (8,5 mm/mes) con respecto a aquellos que se encontraban con erizos y con erizos (9,7 mm/mes) (Fig. 23).

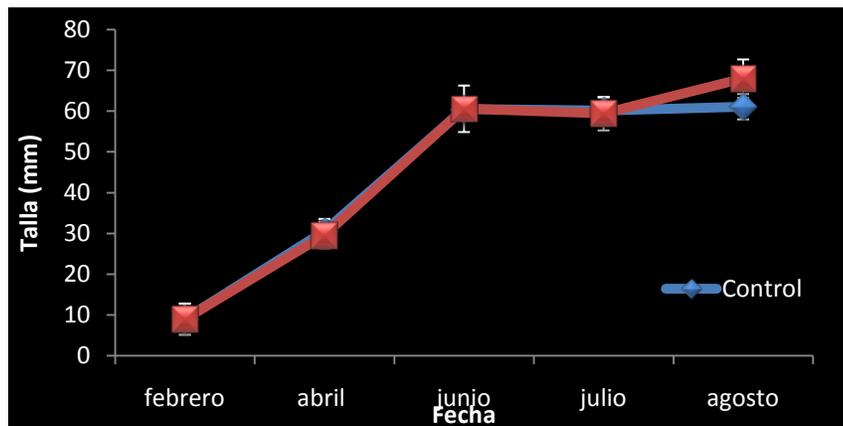


Fig. 23. Crecimiento de ostiones en seis meses de cultivo



Supervivencia

La supervivencia de los erizos fue mayor en cultivo mixto (85,7%) en comparación a aquellos en cultivo sin ostiones (100%) en agosto de 2013, sin embargo la supervivencia en julio fue similar en ambos sistemas (100%) (Fig. 24). Lo mismo se evidenció en la supervivencia de los ostiones, fue mayor en cultivo mixto (91,7%) que la del control (73,4%) en agosto. (Fig.24).

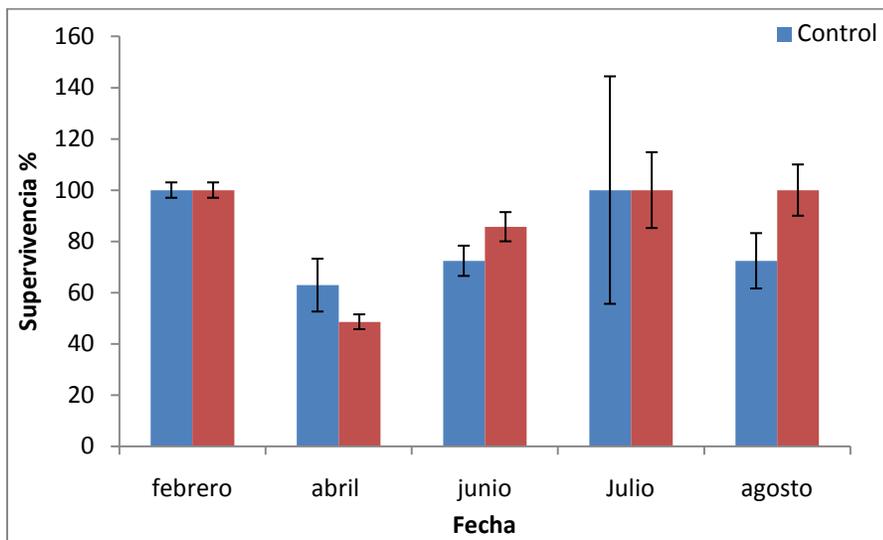


Fig. 24. Supervivencia de erizos en cultivo en cinco meses de cultivo

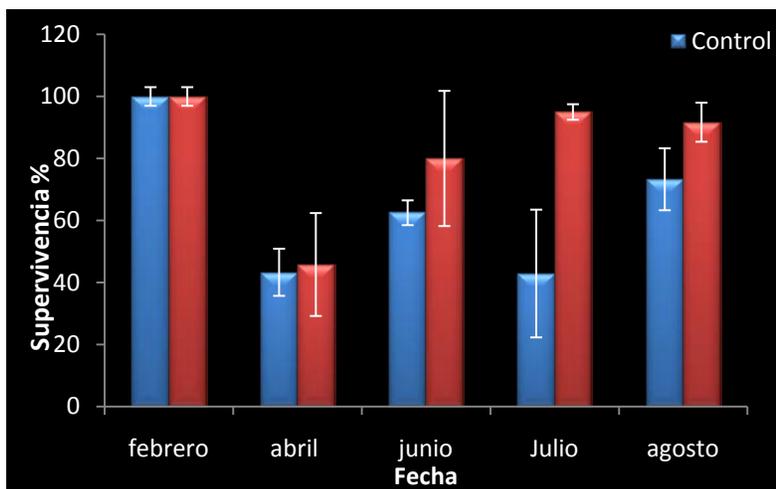


Fig. 25. Supervivencia de ostiones en 6 meses de cultivo



B. Cultivo mixto con linternas modificadas

Crecimiento

Luego de seis meses de cultivo los erizos mantenidos en sistemas modificados de cultivo mixto, crecieron a una tasa de 2,6 cm/mes al igual que aquellos que se encontraban en sistemas normales (control (Fig.26)

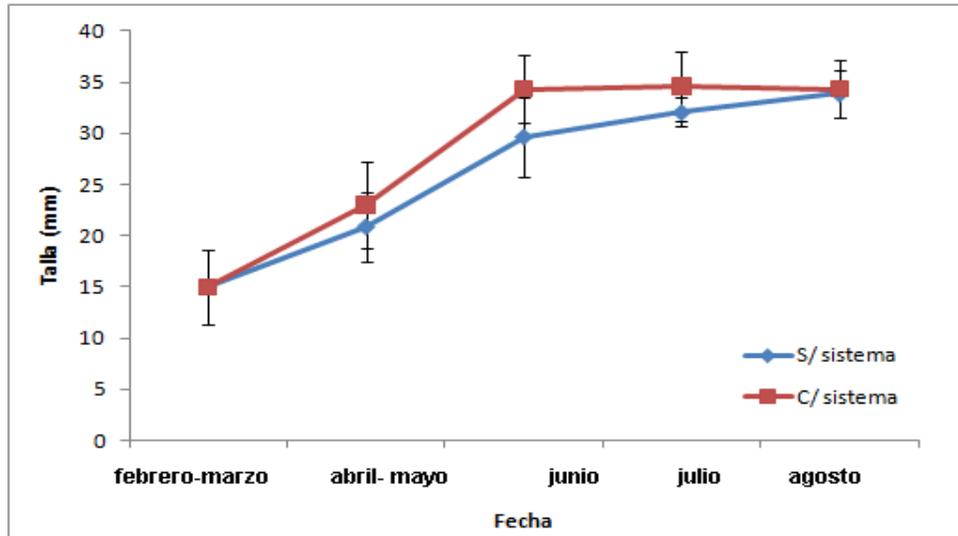


Fig. 26. Crecimiento de erizos en sistemas de cultivo mixto modificado y normal en 6 meses de cultivo

Los ostiones en estos sistemas presentaron tasas de crecimiento muy similares, alcanzando 9,1 mm / mes (Fig. 27)

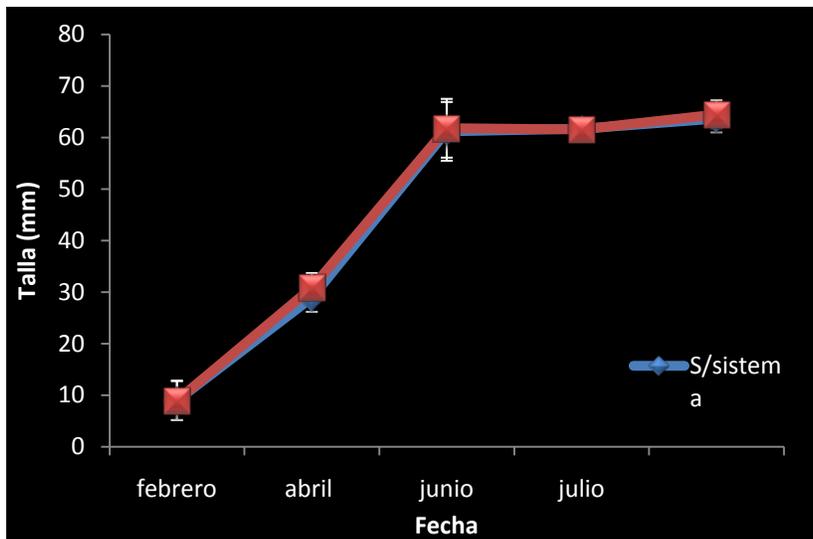




Fig. 27. Crecimiento de erizos en sistemas de cultivo mixto modificado y normal

Supervivencia

La supervivencia de los erizos en sistemas modificados fue mayor en aquellos sistemas modificados (100%) que en linternas normales (97%) ($p < 0,05$) en agosto de 2013, aunque en ambos tratamientos se detectó una mortalidad de aproximadamente 50% durante julio de 2013 (Fig. 28)

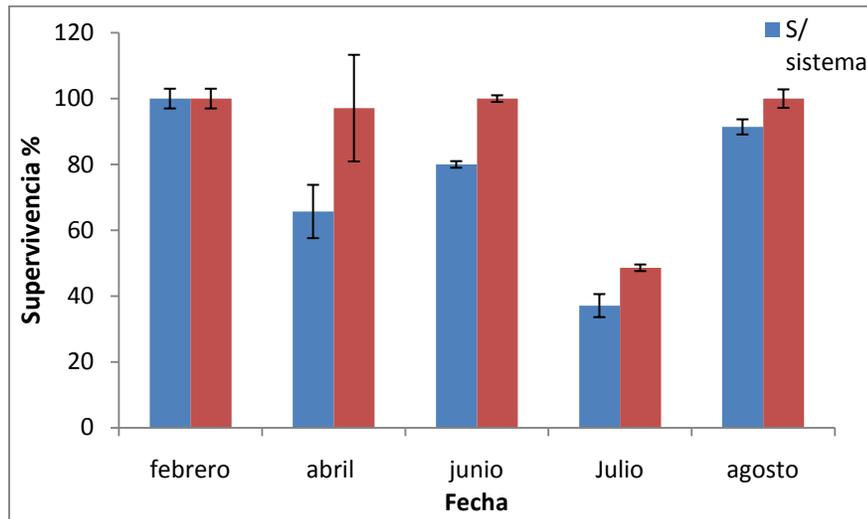


Fig. 28. Supervivencia de erizos en sistemas normales y modificados en 6 meses de cultivo

Los ostiones mantenidos en estos sistemas presentaron diferencias significativas en la tasa de supervivencia, fue levemente mayor en sistemas modificados (56,3%) que en linternas normales (43,9%) (Fig. 29).

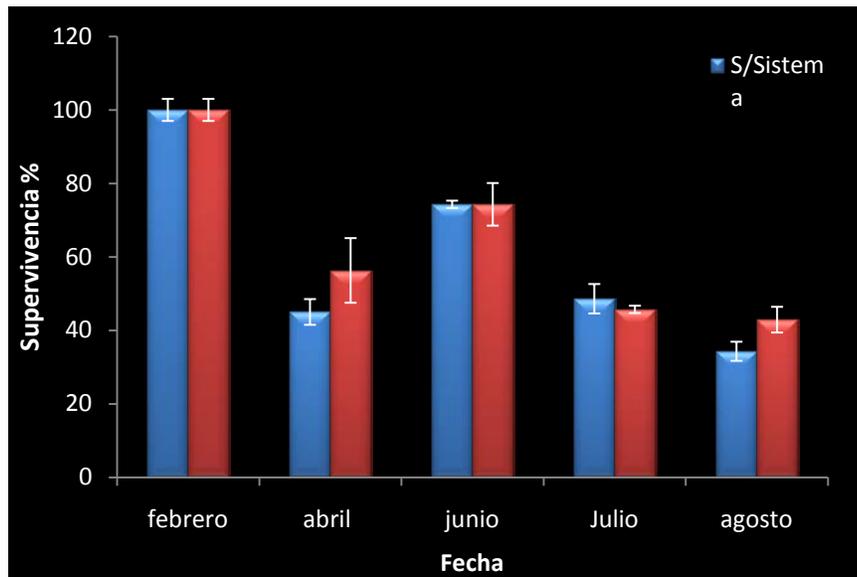


Fig. 29. Supervivencia de ostiones en sistemas normales y modificados en 6 meses de cultivo

C. Crecimiento y supervivencia de erizo y algas en cultivo mixto erizo-*Macrocystis* sp.

Se mantuvieron plántulas de *Macrocystis* (15cm, 50 g) en mallas con erizos (ca. 20mm) (3 erizos por plántula), en linternas (12mm de apertura).

La tasa de consumo de los erizos fue de 16 gramos mes¹.

La supervivencia de erizos en cultivo integrado con macroalgas fue de 83,5% luego de 6 meses observándose un crecimiento menor que aquellos, alimentados solamente de con biofouling ($p < 0,05$).

D. Control de Biofouling

El efecto de los erizos en el control del biofouling, fue evidente en todos los sistemas con cultivo integrado, como se aprecia en la Fig. 30 y se comprueba con el valor del peso de los sistemas.

Se observó que la cantidad de *Ciona intestinalis* fue mínimo en aquellas linternas con erizos, siendo el peso 30% menor que aquellos que no tenían erizos, permitiendo incluso, evitar hacer desdoblés o mantención (limpieza de las linternas) en todo el período de engorde del ostión



Fig. 30. Linternas sin erizos (A) y con erizos (B)

E. PRODUCCIÓN CONTINUA DE MICROALGAS

El sistema de producción continua de microalgas implementado, de bajo costo contempló (Fig.31):

1. Un tanque de CO₂ (PaintBall)
2. Dos bidones de 25 L
3. Un sistema de iluminación con 4 tubos fluorescentes
4. Una bomba de aireación para acuarios
5. Manguera de silicona (para acuarios)
6. Cloro comercial
7. Tiosulfato de Sodio
8. f/2



Fig. 31. Materiales utilizados en el sistema continuo de producción de microalgas

Este sistema fue instalado en el LMBE, donde se capacitó a un docente. Además se dejó otro sistema en Cultivos Rocas negras en Bahía Inglesa, permitirá obtener diariamente 1,5 L de cultivo de 12 millones de células / mL . En la Fig. 32 se muestra la tasa de crecimiento en densidad de cultivo

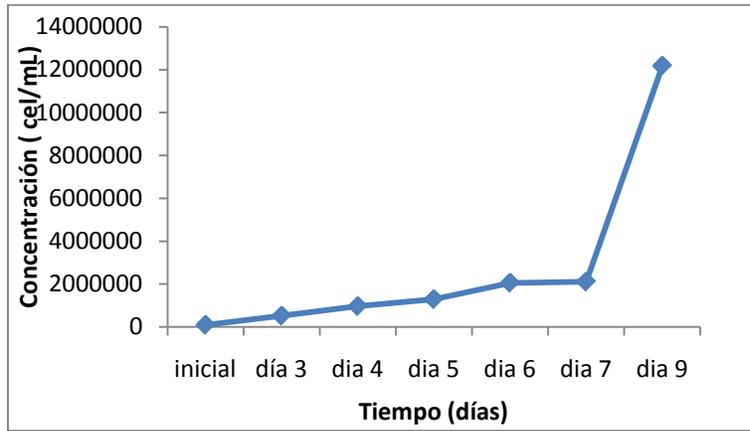


Fig. 32. Tasa de crecimiento en densidad de cultivo continuo de *Nannochloropsis* sp.



TALLERES Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Con el propósito de poder concretar la participación del Liceo Manuel Blanco Encalada de Caldera (MBE), a petición de liceo se tuvo que firmar un Convenio entre la Universidad de Valparaíso y la Ilustre Municipalidad de Caldera (**Anexo I**)

A. PRIMER TALLER

Lugar: GORE Copiapó.

Lanzamiento y Taller

El lanzamiento del Proyecto se realizó en el Salón Carlos María Sayago del GORE Atacama, el miércoles **17 de octubre de 2012** a las 09:30 hrs

Conferencia Experto Mexicano

Durante la ceremonia de lanzamiento del Proyecto se realizó además una conferencia del Dr. Benjamín Barón Sevilla, experto mexicano del CICESE, Ensenada Baja California. El Dr. Barón dio a conocer un Sistema de Cultivo Continuo de Microalgas. Se entregaron folletos e información relativa al Proyecto a los asistentes. Al evento asistieron cerca de 20 personas

B. TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA CULTIVO ERIZO

Fecha: 06 – 19 diciembre 2012

Lugar: Cultivos Rocas Negras Bahía Inglesa Caldera

Durante los primeros días de diciembre se trasladaron 4 tanques de fibra de vidrio de 60 L desde la Universidad de Valparaíso a Cultivos Rocas Negras. Paralelamente el Sr. José Burgos, Gerente de Cultivos Rocas Negras, obtuvo reproductores de erizo. Entre el 10 y el 13 de diciembre se trasladó el Biólogo Marino Sr. Roberto Maltraín hasta Caldera para realizar la capacitación relativa al cultivo de erizo comestible. Traslado además el material de vidrio, reactivos y material necesario para realizar la actividad

C. SEGUNDO TALLER

Lugar: LMBE, Caldera

Fecha: Abril 9 de 2013

Asistencia: 27 personas

El 29 de abril en el Liceo Manuel Blanco Encalada (LMBE) se desarrolló el Segundo Taller sobre Cultivo de Macroalgas. Taller cuyo objetivo fue de dar a conocer técnica de cultivo de *Macrocystis pyrifera*.

La actividad se desarrolló entre 09:00 y 12:30 hrs y contó con la asistencia de alumnos del establecimiento educacional de Tercer y Cuarto año de enseñanza media técnico profesional de la especialidad de Acuicultura, con el Sr. Victor Ossandón Alcalde (s) de la Ilustre Municipalidad de Caldera, la Directora del DAEM de la I. Municipalidad de



Caldera (Sra. Nayadett Velásquez) ; la Srta. Nicole Maturana profesional de la Subsecretaría de Pesca, en representación del Director Zonal de Pesca; el Sr. Manuel Martínez Director Regional de Sernapesca (III Región) y el Sr. Ricardo Catalán Subdirector de Sernapesca Tercera Región. Además se contó con la asistencia de técnicos y acuicultores de la Tercera Región (Fig.33)



Fig.33. Asistentes Segundo Taller LMBE.

F. TERCER TALLER

Lugar: LMBE, Caldera. Rocas Negras y Cultivos Santa Fe

Fecha: abril 29 de 2013

Asistencia: 21 personas

El 29 de abril en el Liceo Manuel Blanco Encalada (LMBE) se desarrolló el Tercer Taller sobre Cultivo Ostión-Erizo. Taller cuyo objetivo fue de dar a conocer la técnica de cultivo de erizo y del cultivo mixto Ostión-Erizo.

La actividad se desarrolló durante la tarde del 29 de abril y contó con la asistencia de alumnos del establecimiento educacional de Tercer y Cuarto año de enseñanza media técnico profesional de la especialidad de Acuicultura

Programa Taller:

1. Inscripción y entrega de material
2. Palabras de bienvenida de la Directora del Proyecto FIC Atacama Cultivos Integrados Sra. Chita Guisado
3. Palabras de Bienvenida del Alcalde (s) Sr. Víctor Ossandón
4. Palabras de Bienvenida del Director Regional de Sernapesca Sr. Manuel Martínez



5. Charla: “Cultivo de *Macrocystis pyrifera* en la Región de Atacama” por el Biólogo Marino Sr. Roberto Maltraín

6. Café

7. Charla Práctica: cultivo macroalgas

7. Cierre Taller

G. CUARTO TALLER

Lugar: LMBE, Caldera.

Fecha Agosto de 2013

Taller no contemplado en el Convenio con La Ilustre Municipalidad de Caldera. El objetivo fue, instalar y dejar operativa una Unidad de Producción Continua de Microalgas (Fig. 34). Esta actividad fue organizada a través del Director (s) del DAEM de la I. Municipalidad.



Fig. 34. Unidad de producción Continua de microalgas, instalada en el Liceo Manuel Blanco Encalada de Caldera, III Región

DIFUSIÓN

- A. Durante el desarrollo del Proyecto, además de los 4 talleres realizados directamente a los usuarios interesados, se presentó un trabajo en la Jornadas de Investigación de la Universidad de Valparaíso, realizadas durante de 2013.



Resumen.

Cultivo integrado ostión- erizo-macroalgas

C. Guisado & R. Maltraín. Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales

Los cultivos mixtos o integrados han surgido como una necesidad para bio-degradación y/o bio-remediación y como una alternativa de diversificación productiva. El objetivo del trabajo es el desarrollo del cultivo integrado del ostión, erizo y macro algas como alternativa productiva para disminuir los costos asociados al manejo del biofouling y diversificar la acuicultura en la Región de Atacama.

Para evaluar el efecto de erizos juveniles en sistemas de cultivo de ostión. Se colocaron por cuadruplicado linternas con ostiones y erizos (ca. 3 cm) y linternas sólo con ostiones.

Para determinar supervivencia de erizos y ostiones juveniles en sistemas modificados, se colocaron 3 linternas normales y 3 modificadas la cual tenía una bandeja adherida al último piso de la linterna que retuvieran aquellos erizos que pudieran salir de las linternas.

Para determinar crecimiento y supervivencia de erizo y algas en cultivo mixto erizo-*Macrocystis* se mantuvieron plántulas de *Macrocystis* (15cm) en mallas con erizos (ca. 20mm) (3 erizos por plántula), en linternas (12mm de apertura)

Los ostiones en linternas con erizos crecieron de 46 mm de longitud (SD 5,9) a 55,9 mm luego de 4 meses (100% de supervivencia). Los erizos crecieron 22,8 mm erizos y sobrevivió el 75% de ellos luego de 4 meses.

En los sistemas modificados se observó una supervivencia del 97% de los erizos siendo el crecimiento similar al observado en el experimento anterior, en cambio en los sistemas normales luego de 3 meses se observó una supervivencia de 73% de erizos.

La supervivencia de erizos en cultivo integrado con macroalgas fue de 83,5% luego de 2,5 meses observándose un crecimiento menor que aquellos alimentados con biofouling.

Los resultados permiten concluir que las adaptaciones realizadas a las linternas de cultivo mixto erizo- ostión permiten aumentar la supervivencia de los erizos. Si se observó un crecimiento menor de los erizos sólo con algas probablemente por el efecto de la densidad y ausencia de otro alimento disponible

Fuente Financiamiento: FIC-R Atacama 33-03-227

- B. Se realizó una publicación en la Revista Versión Diferente, con los objetivos del Proyecto y los primeros resultados obtenidos (Enero de 2013). Dicha revista tiene un tiraje de 4.000 ejemplares, de distribución gratuita, principalmente al sector de acuicultura del país. Se adjunta ejemplar.

Título:



Chita Guisado¹, Ramón Buzeta², Roberto Maltraín³.2013. Desarrollo del cultivo integrado del ostión, erizo y macro algas en la Re Proyecto FIC-FNDR Atacama 33-03-227 Región de Atacama

Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso

¹chita.guisado@uv.cl, ²rbbuzeta@yahoo.com, ³r.maltrain@gmail.com

- C. Se realizó una exposición sobre el proyecto, durante diciembre de 2012 en la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, de la Universidad de Valparaíso
- D. Por último está contemplado la presentación de un trabajo (aceptado) con los principales resultados del proyecto en el VI Foro Iberoamericano de Recursos Marinos y la Acuicultura a desarrollarse en Valparaíso entre el 25 y el 28 de noviembre del presente año.

E. CIERRE DE PROYECTO

Se programó el cierre de proyecto en el Gobierno Regional de Atacama en Copiapó, para el 26 de septiembre de 2013. Se enviaron cerca de 200 invitaciones a autoridades de Atacama, Caldera, Instituciones universitarias, empresas entre otros.



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Resultados de Investigación:

Las experiencias contempladas en el Proyecto se realizaron en su totalidad. Producto del cultivo integrado se obtuvieron cerca de 2000 erizos de aproximadamente 40 mm de diámetro, factibles de engordar y comercializar dado que provienen de cultivo. Estos erizos se mantendrán en Cultivos Rocas Negras con el fin de utilizarlos nuevamente en el control del fouling en cultivo integrado.

Las tasas de crecimiento de los erizos observadas en el proyecto (2,6 cm mensual) fueron mayores que las obtenidas en el medio natural y otras investigaciones (1,6 cm/mes) (Bustos et al. 1991). Por otro lado, estimaciones de otros autores (Gálvez 1996) estiman que los erizos en 4 años alcanzarían entre 1,5 y 4 cm de diámetro, prácticamente en el doble de tiempo de acurdo a nuestros resultados.

Es importante señalar el efecto que desarrollaron los erizos sobre los sistemas de cultivo con ostiones. Tal como lo señalamos más atrás, es posible mantener las linternas sin realizar desdobles de ostiones ni limpieza al encontrarse en cultivo integrado con erizos. Este hecho permite bajar los costos de operación del sistema de cultivo. Además de facilitar la limpieza y el manejo de los sistemas de cultivo, se comprobó que aquellos ostiones en cultivo integrado presentan una tasa de crecimiento mayor que en los sistemas de cultivo tradicional (sin erizos), esto debido al mayor flujo de agua y alimento al interior de las linternas.

En el presente proyecto se diseñó y probó un sistema (bandeja) que se adicionó a las linternas de cultivo, para disminuir la pérdida de erizos por desprendimiento. Los resultados permiten concluir que se disminuye la mortalidad cerca de un **15 %**. Es necesario destacar además, que la mantención de los erizos en sistemas de cultivo con ostiones y/o algas permitieron obtener tasas de supervivencia muy elevadas (**85%-100%**), comparadas con experiencias de repoblamiento, donde la mayor supervivencia es de **50%** (Bustos et al. 1991).

El engorde de erizos, cultivo integrado erizo- algas, permitió determinar supervivencia de erizos (100%) así como tasas de consumo de éstos animales

Resultados de Transferencia

Es importante dar a conocer la buena disposición de la Ilustre Municipalidad de Caldera, quien sirvió de intermediario para realizar las actividades con el Liceo Manuel Blanco Encalada. Además, fue muy importante la participación del Sr. José Burgos de Cultivos Rocas Negras, quien dio todas las facilidades para desarrollar los experimentos en su Concesión de Acuicultura.

Dificultades encontradas

Existieron demoras en el desarrollo del proyecto por dos razones que fueron superadas exitosamente.



1. La participación del Liceo Manuel Blanco Encalada, entidad que debiera de haber tenido la autorización de la Ilustre Municipalidad de Caldera, ya que es un establecimiento Municipal. Sin embargo se superó este inconveniente con un Convenio entre Municipalidad y la Universidad de Valparaíso.
2. El hecho de que las actividades del proyecto fueron planteadas para ser realizadas en el medio natural (pequeños acuicultores de Atacama). Se tuvo que solicitar permiso de Cultivo Experimental a la Subsecretaría de Pesca, trámite que debió además pasar por el Servicio de Impacto ambiental (ex CONAMA). Este trámite, solicitado por la Directora del proyecto demoró varios meses, por lo cual algunas actividades experimentales se vieron retrasadas. Sin embargo se aprovechó dicho período para desarrollar las actividades de hatchery.

CONCLUSIONES y SUGERENCIAS

Producto del proyecto ejecutado, se vislumbran posibilidades promisorias para el desarrollo de cultivos integrados con las especies utilizadas en esta oportunidad, tanto para Pequeños Acuicultores como para la Áreas de manejo (AMERB), Granjas Marinas.

El haber logrado aumentar la supervivencia y el crecimiento del erizo en los sistemas utilizados, permite ver con buenas posibilidades de desarrollar la equicultura (cultivo del erizo). Además de disminuir el biofouling producido en la industria del ostión, disminuyendo costos por un lado y disminuyendo la contaminación de los fondos marinos.

Existen varios recursos marinos con posibilidades de cultivo mixto o co- cultivo, cuya tecnología de cultivo está desarrollada, como son, erizo, loco, algas, macha, lapa, pepino de mar, almejas, navajuela, navaja entre otros, que podrían ser utilizados para el desarrollo de granjas marinas, permitiendo diversificar la acuicultura.

**SE ADJUNTAN DOCUMENTOS:
POLPTICOS Y REVISTA**



LITERATURA CITADA

Bustos E, Godoy C, Olave S, Troncoso R 1991. Desarrollo de técnicas de producción de semillas y repoblación de recursos bentónicos. I. Investigaciones en el erizo chileno *Loxechinus albus* (Molina, 1782). PNUD-Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 60 p.

Gálvez, M. 1996. Evaluación indirecta del stock de erizo (*Loxechinus albus*) al sur del estrecho de Magallanes. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 23: 253-286.