

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

**Informe final
Práctica Profesional Supervisada**

**Cultivo de palometa (*Seriola lalandi*) en un sistema de
recirculación realizado en la Unidad de Recirculación del
Laboratorio de Tecnología Pesquera de la Pontificia Universidad
Católica de Valparaíso, Chile**



**Presentado por:
Marcos Estuardo Ponciano Nuñez**

**Para otorgarle el Título de
Técnico en Acuicultura.**

Guatemala, febrero del 2017

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

**Informe final
Práctica Profesional Supervisada**

**Cultivo de palometa (*Seriola lalandi*) en un sistema de
recirculación realizado en la Unidad de Recirculación del
Laboratorio de Tecnología Pesquera de la Pontificia Universidad
Católica de Valparaíso, Chile**

**Presentado por:
Marcos Estuardo Ponciano Nuñez.**

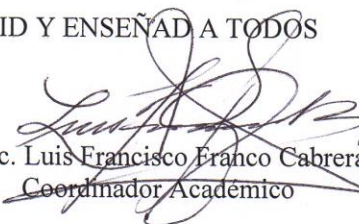
Carné No. 201440174

**Para otorgarle el Título de
Técnico en Acuicultura.**

Guatemala, febrero del 2017

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen del Profesor del curso M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón, al informe de la Práctica Profesional Supervisada, del estudiante Marcos Estuardo Ponciano Nuñez, titulado “Cultivo de palometa (*Seriola lalandi*) en un sistema de recirculación realizado en la Unidad de Recirculación del Laboratorio de Tecnología Pesquera de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo y autoriza su impresión.

ID Y ENSEÑADA TODOS


M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera
Coordinador Académico



Guatemala, febrero 2017

Universidad de San Carlos de Guatemala.
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Consejo Directivo.

Presidente	M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretaria	M.Sc. Kahtya Iturbide Dormon
Representantes Docentes	M.A. Olga Marina Sánchez Cardona M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios v Zootecnistas.	M.Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representantes Estudiantiles	T.A. María Alejandra Paz Velásquez. Br. Marcos Estuardo Ponciano Núñez

ACTO QUE DEDICO

A Dios por guiar cada uno de mis pasos a lo largo de mi vida para poder llegar a este gran logro, por ayudarme a superar cada obstáculo llenando mi corazón de sabiduría y valentía.

A mis padres Leonel Estuardo Ponciano Rodríguez y Maira Alcira Nuñez por darme su apoyo, amor y comprensión incondicional, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, por vivir conmigo las alegrías y las tristezas, por nunca dejarme caer.

A mi hermano Pedro Danilo Ponciano Nuñez por ser mi ejemplo a seguir mostrándome que aunque el camino este lleno de dificultades se debe recorrer con perseverancia y buena actitud.

A mi hermano Juan Ignacio Ponciano Nuñez porque aspirar a ser un buen ejemplo para él me ha dado fuerza en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por llenar mi vida de luz, por llenarme de sabiduría cuando más lo he necesitado, por protegerme de todo mal y peligro y por permitir que mis sueños se hagan realidad.

A mis padres Leonel Estuardo Ponciano Rodríguez y Maira Alcira Nuñez por que siempre han estado a mi lado, porque mis logros son su orgullo y mis son mi apoyo en mis fracasos, por hacerme saber con sus actos que no importa lo que yo decida ellos siempre estarán allí para respaldarme

A mis hermanos Pedro Danilo Ponciano Nuñez y Juan Ignacio Ponciano Nuñez porque no importa que tan lejos estemos el uno del otro, siempre nos apoyaremos incondicionalmente.

A Sofía Méndez Kreitz y a su familia por brindarme su apoyo en los momentos en lo que lo he necesitado.

A mis amigos por compartir todos los momentos compartidos, buenos o malos, durante estos tres años y por ayudarme a descubrir que soy capaz de superar cualquier obstáculo que se me atraviere.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC- por ser la institución que me ha dado la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente.

Al Centro de estudios del mar y acuicultura –CEMA- por ser el establecimiento académico el cual me ha formado como profesional.

A la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso por abrirme las puertas de su casa de estudios y no solo compartir conmigo sus conocimientos sino hacerme sentir uno más de ellos.

RESUMEN

El presente informe recopila las actividades desarrolladas durante la Práctica Profesional Supervisada –PPS- realizada en el proyecto “Caletas Innovadoras “en la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

La pesca artesanal es una importante actividad económica chilena a nivel nacional y regional que ha tenido un desarrollo frágil y dispar, generado por condiciones y problemas relacionados con la actividad pesquera propiamente tal-como es el deterioro de los recursos pesqueros con biomasa decrecientes- y con la actual institucionalidad de fomento, que no ha implementado una política coordinada e integrada. La institucionalidad sectorial tiene problemas de coordinación, fiscalización, inadecuación, regulación y administración pesquera; además de una asistencia técnica esporádica e incompleta, especialmente en lo referente a la gestión de recursos.

Teniendo en consideración el desarrollo precario de la pesca artesanal en Chile y adaptando el enfoque de desarrollo sustentable en el uso y la conservación de los ecosistemas y recursos acuáticos, se propone como alternativa de producción la implementación de sistemas de recirculación de agua para la acuicultura marina RAS (por sus siglas en inglés, Recirculating Aquaculture System), diseñados especialmente para operar en caletas de pescadores artesanales para potenciar el crecimiento económico, asegurar la sustentabilidad ambiental y fortalecer la institucionalidad de la pesca del sector artesanal.

Los RAS para el cultivo de organismos utilizan tecnologías de tratamiento de agua de última generación para eliminar los desechos provenientes del cultivo y así permitir la reutilización del agua. A la vez, estos sistemas pueden adoptar características físico-químicas del agua a los requerimientos específicos de cada especie y optimizar así el crecimiento y el uso del alimento. El diseño y tamaño de los estanques responden a las necesidades según el hábitat y el comportamiento específico de las especies en cuestión, asegurando el bienestar animal. Al trabajar desacoplados del medio ambiente y su entorno los RAS disminuyen considerablemente la probabilidad de floración de enfermedades. Paralelamente, se evita el

ingreso de parásitos a través del tratamiento del agua que entra al sistema por lo que no es necesario utilizar medicamentos durante la producción.

El sistema del proyecto cuenta con un filtro de tambor que retira partículas en suspensión con un tamaño mayor a sesenta micras, un protein skimmer combinado con ozono el cual elimina del agua bacterias, alimento no consumido, heces, virus, parásitos y proteína. Sumado a esto se utiliza un enfriador de agua o wáter chiller en inglés, debido a que la temperatura del agua se eleva al circular por todos los equipos y bombas; esto afecta el metabolismo de los peces en cultivo y las bacterias en el biofiltro. También cuenta con sondas específicas para cada parámetro para monitorear el pH, oxígeno disuelto, dióxido de carbono, potencial de óxido-reducción, saturación de oxígeno y temperatura.

El trabajo en el sistema constaba de dos partes, la primera era el monitoreo de los parámetros físico-químicos los cuales deben de estar en el rango óptimo para la especie en cultivo, en este caso la *Seriola lalandi*. Los parámetros físico-químicos monitoreados son los siguientes: oxígeno disuelto, dióxido de carbono, carbonato de calcio, temperatura, salinidad, pH, potencial de óxido-reducción, amonio, nitritos y nitratos. La segunda parte era la manutención del sistema la cual es muy importante porque en ella se reúnen todas las actividades que tienen como objetivo mantener los parámetros físico-químicos en los rangos adecuados para la especie y mantener la bioseguridad., estas actividades fueron: medir el nivel de los tanques, limpieza y orden de todo el sistema, servicio y limpieza de los equipos, instalación de nuevos equipos, adaptaciones necesarias para el sistema, alimentación, limpieza de difusores y muestreos de crecimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos	2
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA	3
3.1 Ubicación geográfica	3
3.2 Condiciones climáticas	5
3.3 Zona de vida	6
3.4 Actividades principales de la Unidad de Práctica	6
3.5 Infraestructura	6
3.6 Equipo.....	7
3.7 Recursos naturales disponibles.....	9
3.8 Croquis del sistema.....	9
4. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	10
4.1 Planificación de la institución	10
4.1.1 Misión.....	10
4.1.2 Visión	10
4.1.3 Ideología fundamental.....	10
4.2 Organigrama	11
4.3 Valores.....	11
4.4 Calidad del personal.....	12
5. SISTEMA DE RECIRCULACIÓN Y <i>SERIOLA LALANDI</i>	13
5.1 Sistemas de recirculación.....	13
5.2 Descripción de <i>Seriola lalandi</i>	13
6. ACTIVIDADES REALIZADAS	14
6.1 Descripción de las actividades realizadas.....	14
6.2 Resultados y aprendizaje alcanzados.....	20
6.3 Lecciones aprendidas.....	22
7. CONCLUSIONES	23
8. RECOMENDACIONES	24

9. BIBLIOGRAFIA	25
10. ANEXOS26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1- Tipos de climas en la región de Valparaíso.....	5
Cuadro No. 2- Equipo del sistema de recirculación.....	7
Cuadro No. 3- Calidad del personal en el proyecto “Caletas Innovadoras”	12
Cuadro No. 4- Rangos óptimos de los parámetros fisicoquímicos.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1- Mapa de ubicación de la Escuela de Ciencias del Mar, Valparaíso.....	3
Figura No. 2- Escalera El Membrillo, Valparaíso.....	4
Figura No. 3- Diagrama de la Estructura del Sistema.....	9
Figura No.4-Diagrama de la estructura interna del proyecto “Caletas Innovadoras.....	11
Figura No. 5- Espectrofotómetro para análisis de calidad del agua.....	14
Figura No. 6- Balanza e ictiómetro con los que se realizaba el muestreo.....	16
Figura No. 7- Eviscerado en cosecha parcial de <i>Seriola lalandi</i>	16
Figura No. 8 - Eviscerado en cosecha parcial de <i>Seriola lalandi</i>	17
Figura No. 9 - Cosecha parcial de <i>Seriola lalandi</i>	17
Figura No. 10- Pantalla de filtro de tambor y botella de oxígeno.....	27

1. INTRODUCCION

El presente informe recopila las actividades desarrolladas durante la Práctica Profesional Supervisada –PPS- realizada en el proyecto “Caletas Innovadoras “en la Escuela de ciencias del mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

La producción segura y sustentable de alimentos para el consumo humano requiere de nuevos métodos y tecnologías. Una alternativa tecnológica en la acuicultura marina son los sistemas de recirculación de agua (RAS). Los sistemas RAS permiten concentrar los desechos de la operación de cultivo y ponerlos a disposición de una cadena de tratamientos adicionales, reutilizado agua y sólidos. La mayor parte de la producción acuícola mundial es llevada a cabo en sistemas de producción instalados en zonas costeras. Estos sistemas, en contacto directo con el medio ambiente, traen consigo un riesgo potencial a través de la contaminación del agua, el escape de organismos, el afloramiento de enfermedades, la presencia de parásitos y el consecutivo uso de medicamentos.

La acuicultura con una tasa de crecimiento cercana a un 10% anual, requerirá a futuro de tecnologías de producción alternativa. Los sistemas de recirculación para la acuicultura RAS, adquieren importancia ya que permiten, entre otras cosas, un pre y post-tratamiento cabal de efluentes minimizando la contaminación del entorno.

Las tecnologías de los RAS permiten concentrar los residuos orgánicos e inorgánicos para que queden disponibles para su utilización posterior. Así, los desechos de un organismo se transforman en nutrientes de otro. La reutilización de materia (energía) es un paso fundamental para hacer de la acuicultura una actividad sustentable.

Durante la práctica se realizaron actividades de alimentación, monitoreo de parámetros físico-químicos de calidad del agua, análisis de calidad del agua, muestreos de longitud y peso de los peces y tanto la instalación como el mantenimiento del equipo utilizado en sistema de recirculación.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Confrontar al estudiante con el ambiente de trabajo de la carrera de Técnico en Acuicultura, a través de una práctica directa, en un contexto institucional o empresarial.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Proveer al estudiante la oportunidad de participar en actividades reales propias de la acuicultura, pesca y/o manejo de los recursos hidrobiológicos.

2.2.1 Retroalimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante, mediante la integración de los conocimientos y experiencias teórico-prácticas adquiridas.

2.2.2 Propiciar el desarrollo y ejercicio de los valores morales y éticos del estudiante en el desempeño profesional.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA.

3.1 Ubicación geográfica

La Región de Valparaíso (V) se sitúa entre los 32° 02' y 33° 57' de latitud sur y entre los meridianos 70° y 72° W. Ubicada en la zona central de Chile, al norte limita con la Región de Coquimbo, al sudeste con la Región Metropolitana y en su extremo sur con la Región del Libertador General Bernardo O'higgins; en los límites este y oeste se encuentra referenciada por el límite nacional con Argentina ubicado en el gran macizo de la Cordillera de Los Andes y por el Océano Pacífico, respectivamente. Esta región cuenta con una superficie total de 16.396,10 Km² que representa el 0,8% del territorio nacional, y un 2,1% del territorio nacional sudamericano. De esta superficie, 394 km² corresponden a territorio insular compuesto por las islas de Pascua, Sala y Gómez, San Félix y San Ambrosio, y el Archipiélago Juan Fernández compuesto por las islas Alejandro Selkirk, Robinson Crusoe y Santa Clara. Según Ine la población proyectada al 2016 alcanzará a 1.842.880 habitantes. La Región de Valparaíso es una de las más importantes en diversos aspectos. En sus límites acoge una de las áreas urbanas más importantes del país: la conurbación Valparaíso-Viña del Mar. Además de ello, la región posee dos importantes puertos de embarque de diversos tipos de productos chilenos de exportación: Valparaíso y San Antonio (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 1).

Desde el punto de vista físico-geográfico, la ciudad de Valparaíso se encuentra emplazada en medio de una planicie costera en dirección norte-sur. Por su condición geográfica y su localización se define como una ciudad puerto de la costa suroeste de América del Sur entre las coordenadas de latitud 33°01' sur y longitud 71°38' oeste y a unos 118 Km al noroeste de la ciudad capital de Santiago (Sanchez, 2009).

La Escuela de ciencias del mar se encuentra en Latitud Sur 33°01'21.53'' y Longitud Oeste 71°37'58.29'', a una altura de 21 msnm. La dirección de la Universidad es Av. Altamirano 1480, casilla 1020 Valparaíso, Chile como se observa en la figura no.1. Existen dos rutas de acceso a la escuela, una de ellas es la avenida Altamirano que viene del centro de la ciudad y

la segunda es por la escalera El Membrillo que viene del cerro Playa Ancha, está es muestra en la figura no. 2.



Figura No. 1- Mapa de ubicación de la Escuela de Ciencias del Mar, Valparaíso
Fuente: Google Earth, 2016

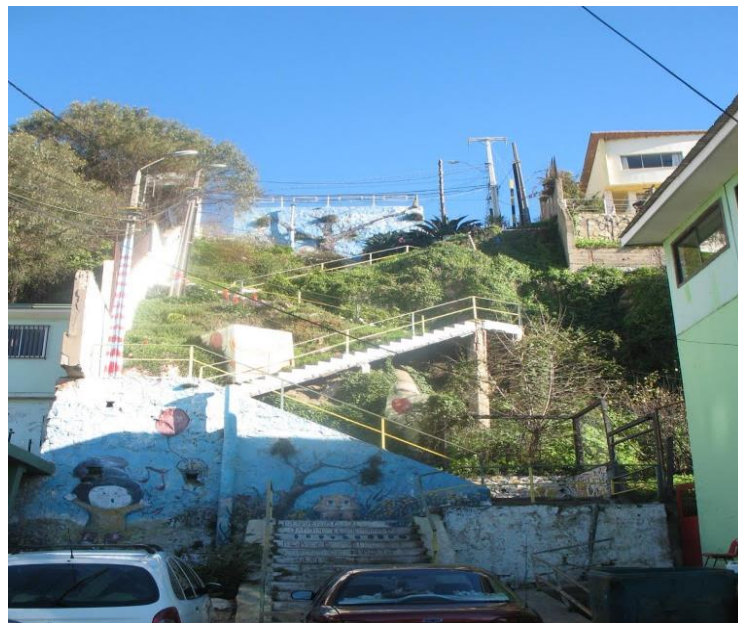


Figura No. 2 –Escalera El Membrillo, Valparaíso
Fuente: Trabajo de campo, 2016

3.2 Condiciones climáticas.

Desde el punto de vista climático, la Región de Valparaíso presenta un clima templado mediterráneo, pero con algunas variaciones. Así como la semi-aridez se presenta hacia el norte del río Aconcagua, es más húmedo o mediterráneo costero en el litoral y frío de altura hacia la cordillera. Tanto el Océano Pacífico, en general, como la corriente de Humboldt, en particular, condicionan en gran medida la conducta de los elementos climáticos de la región. Las direcciones predominantes de los vientos, todas de componente oceánico y portadoras de humedad, explican la constante presencia de este factor en el clima regional. El carácter frío de la corriente de Humboldt determina la existencia permanente de una banda de bajas temperaturas vecinas a la costa, contribuyendo al descenso de las temperaturas continentales. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016). En general se distinguen cuatro tipos de climas:

Cuadro No. 1- Tipos de climas en la región de Valparaíso

Clima	Descripción
Clima de estepa cálido	Ubicado al norte del río Aconcagua, se caracteriza por la escasa humedad atmosférica, cielos despejados y luminosidad alta, fuerte oscilación térmica diaria y temperaturas media anuales de 15° C. Las precipitaciones alcanzan de 150 a 200 mm al año.
Clima templado de tipo mediterráneo costero:	Se presenta en toda la costa de la región y su influencia llega hasta el interior por medio de los valles. Las variaciones de temperaturas son menores por el influjo del océano, siendo más parejas durante el año con un promedio anual de 14°. La humedad relativa es alta con un 75% y las precipitaciones son más abundantes alcanzando unos 450 mm.
Clima templado de tipo mediterráneo cálido	Este clima se desarrolla desde el valle del río Aconcagua hacia el sur. Se caracteriza principalmente por ser más seco y con una variación térmica mayor que en la costa. La temperatura media anual es de 15,5° C y las precipitaciones aumentan con la altitud variando desde unos 250 mm hasta 300 mm.
Clima frío de altura	Se ubica en la Cordillera de los Andes por sobre los 3.000 metros de altura. Hay un predominio de bajas temperaturas y de precipitaciones sólidas, especialmente en invierno.

3.3 Zona de vida.

Esta zona comprende: planicies litorales, roqueros, estuarios y acantilados, más dunas y playas que incluyen diversos ecosistemas como: litorales, humedales y matorral costero. Esta zona presenta un clima templado atenuado por el efecto marino. La humedad producida por la cercanía del mar y el vapor de agua actúa a su vez como un moderador de la temperatura. Durante los meses de verano las temperaturas de la región en el litoral se ven afectadas por las masas de aire que se originan en el océano, de temperaturas entre los 10°C y 22°C. Estos vientos aumentan la humedad y suben la temperatura de esa zona hasta los 27°C. En invierno, entre mayo y octubre, la región se ve afectada por masas de aire frías y húmedas de origen polar. Las temperaturas de la zona costera pueden bajar incluso a valores menores de 0°C. Quintero presenta las temperaturas medias mensuales más bajas en la costa de la región. La amplitud térmica también es más moderada que en el interior, teniendo como promedio los 9°C. Se trata de una zona con un gran atractivo para la actividad turística, por la calidad de sus playas y el clima. La mayoría de la población de la región está concentrada en esta zona, principalmente en sus tres grandes ciudades: Valparaíso, Viña del Mar y San Antonio. Por ello, estas localidades presentan problemas ambientales urbanos, como: el deterioro de la calidad del aire por material particulado y gases provenientes de vehículos; la congestión vehicular; la pérdida de suelo agrícola; y destrucción del patrimonio urbanístico. (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2016)

3.4 Actividades principales de la Unidad de Práctica

La actividad principal del laboratorio era el diseño y la implementación a nivel piloto de un sistema de recirculación que permitiera obtener los parámetros de producción que sustentaran la definición de la forma y del tamaño del sistema a escala comercial para impulsar así la acuicultura de pequeña escala como actividad complementaria de los pescadores artesanales.





3.5 Infraestructura

El laboratorio está situado en la planta baja del Laboratorio experimental de Acuicultura (LEDA) en la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) ubicada en Avenida Altamirano 1480, casilla 1020 Valparaíso, Región de Valparaíso, Chile.

3.6 Equipo

Cuadro No.2- Equipo del sistema de recirculación

Equipo	Marca	Características	Imagen
Skimmer	Erwin Sander	<p>Volumen: 0,27 m³/h Caudal Max: 11 m³/h Caudal min: 8 m³/h Tasa de retención hidráulica Max: 2 m³/h Tasa de Retención Hidráulica min: 1,5 m³/h Caudal de AIRE 5 m³/h</p>	
Filtro tambor	HEX	<p>Caudal: 1,8 m³/h</p>	
Chiller	SunSun	<p>Volumen 1100- 1400 L</p>	

<p>Biofiltro</p>	<p>Immteco</p>	<p>Fibra de Vidrio Volumen 1,57 m³</p>	
<p>Degacifad or o Acopio</p>	<p>--</p>	<p>Fibra de vidrio Volumen: 0,49 m</p>	
<p>Generador de O₃</p>	<p>oxytek</p>	<p>Q_{max} 60 gr/h</p>	
<p>Generador de O₂(ozono)</p>	<p>Airsep</p>	<p>Q_{max} 11,5 m³/día</p>	
<p>Generador de O₂(Peces)</p>	<p>Airsep</p>	<p>Q_{max} 8,1 m³/día</p>	

3.7 Recursos naturales disponibles

El laboratorio cuenta con agua dulce y agua salada. El agua salada es bombeada directamente del mar, se hace pasar por una serie de filtros de arena para que pueda ser utilizada en el sistema. El agua dulce que se utiliza es del servicio normal de la ciudad.

3.8 Croquis del sistema

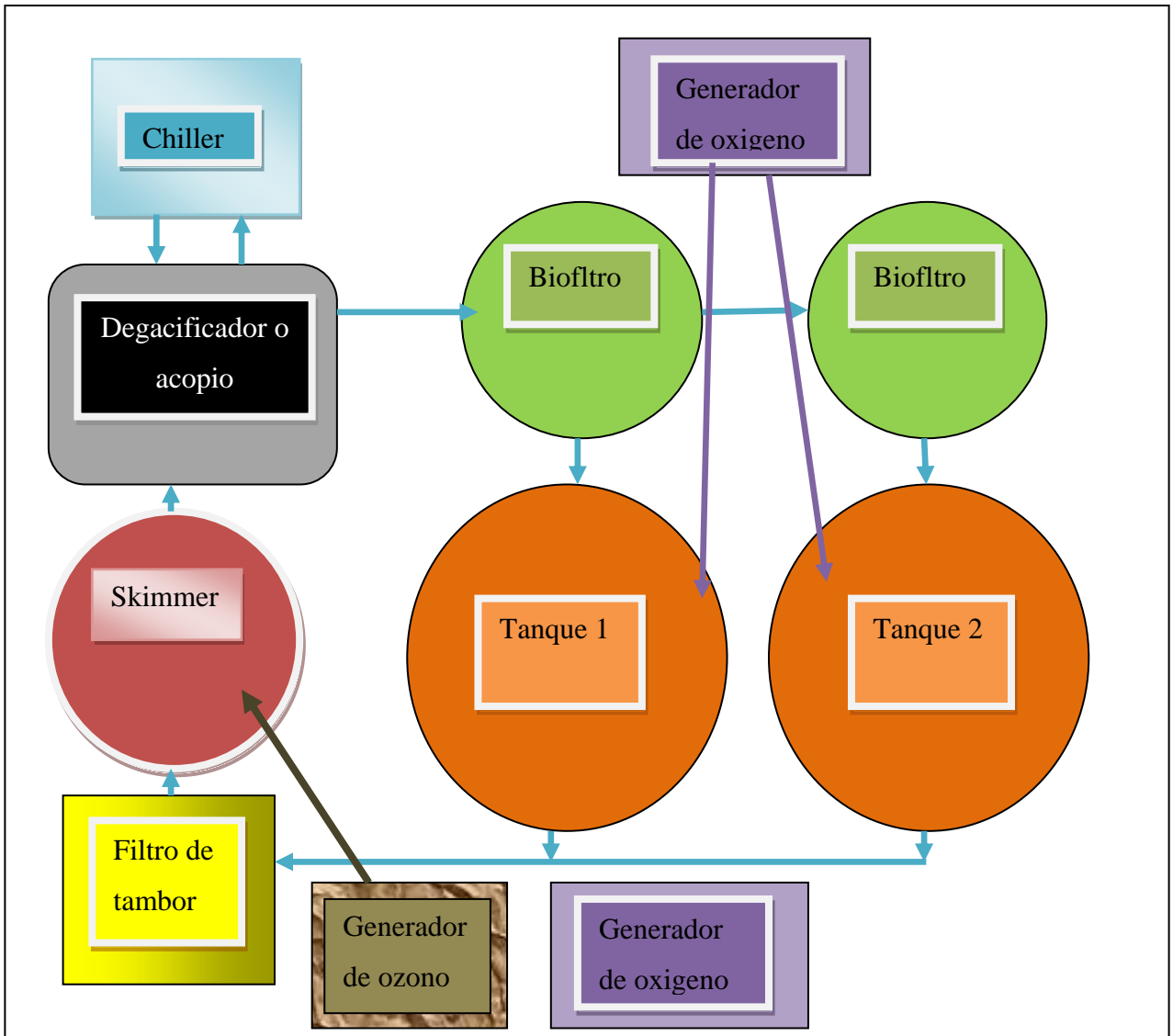


Figura No. 3- Diagrama de la Estructura del Sistema

4. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

4.1 Planificación de la institución.

4.1.1 Misión

La misión de la Escuela de Ciencias del Mar es la formación de graduados y profesionales y la generación, difusión y transferencia de conocimientos, para contribuir al desarrollo de la ciencia y de la tecnología en el mejor uso y conservación de los ecosistemas acuáticos y sus recursos, conforme al marco valórico y ético de la Universidad.

4.1.2 Visión

Una escuela que responde oportuna, eficaz y eficientemente a la sociedad en relación con las necesidades y demandas respecto del uso y la conservación de los ecosistemas acuáticos y de sus recursos, en el contexto del desarrollo sustentable. Los graduados y profesionales de esta Escuela poseen la vocación y competencias que los llevan a ocupar posiciones relevantes en los sectores público y privado, liderando la innovación tecnológica productiva y la gestión del uso y conservación de los ecosistemas acuáticos y sus recursos. Su quehacer se proyecta en estrecha vinculación con los actores sociales en los ámbitos regional, insular y continental, nacional e internacional.

4.1.3 Ideología fundamental

La ideología fundamental comprende los principios corporativos que son el marco de actuación ética de esta unidad académica y la base de la cultura institucional, entendida ésta como el conjunto de valores que inspiran y guían la vida cotidiana.

4.2 Organigrama.



Figura No. 4- Diagrama de la estructura interna del proyecto “Caletas Innovadoras”

4.3 Valores.

Honestidad y honradez: para vivir de un modo auténtico, íntegro y genuino, de acuerdo con principios morales, que permitan obrar correctamente y de un modo estable en nuestras relaciones con los demás, virtudes esenciales para una correcta integración en la sociedad.

Respeto: por el individuo y la naturaleza, en un actuar responsable, que refleje corrección en el comportamiento de los integrantes en todos los ámbitos, desde criterios éticos y morales.

Autenticidad y amplitud de miras: en el desempeño académico y profesional, para mantenernos fieles a nuestros principios vitales y obrar en consecuencia, con dedicación y generosidad, comprometidos a trabajar por el bien común, y el desarrollo económico y social.

Audacia, prudencia y laboriosidad: en un actuar eminentemente creativo e innovador, con perseverancia y capacidad emprendedora, para ser pioneros y anticipar las demandas de una sociedad en un proceso de cambio cada día más acelerado.

4.4 Calidades del personal

Cuadro No.3- Calidad del personal en el proyecto “Caletas Innovadoras”

Nombre	Cargo	Grado académico
Jaime Orellana Hurtado	Director de proyecto	Ingeniero Pesquero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Doctor Rer. Nat., Christian Albrechts Universität Kiel, Alemania.
Exequiel Gonzáles Poblete	Director Alterno	Ingeniero Pesquero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Magíster en Ciencias en Economía de Recursos Naturales, Universidad Rhode Island, EE.UU
Carlos Felipe Hurtado Ferreira	Investigador Principal	Ingeniero Pesquero PUCV. Doctor en Acuicultura, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Juan Pablo Monsalve	Asistente de Investigación	Ingeniero Acuicultor, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Diego De La Cruz	Asistente de Investigación	Candidato a Doctor en Acuicultura de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Silvia Gómez	Asistente de Investigación	Candidato a Doctor en Acuicultura de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

5. SISTEMA DE RECIRCULACIÓN Y *SERIOLA LALANDI*

5.1 Sistemas de recirculación

Los Sistemas de Recirculación Acuícola (RAS por sus siglas en Inglés) representan una manera excitante, ecológica y exclusiva para el cultivo de peces. A diferencia del método tradicional de cultivo de peces en estanques abiertos al aire libre, las jaulas de red o tanques, permiten la cría de peces en altas densidades, dentro de un ambiente de crianza controlable por el operador de la instalación. Los filtros de los sistemas de recirculación limpian el agua y la reciclan, enviándola nuevamente a los tanques de cultivo de peces. Sólo se le añade agua nueva a los tanques para compensar la pérdida de agua producto de las salpicaduras, la evaporación y para reemplazar la que se utiliza para eliminar los materiales de desecho.

Los diseños RAS cuentan con varias tecnologías de proceso, los cuales trabajan en conjunto para garantizar una mínima pérdida de agua, el calor y de las poblaciones de peces; mientras que limpian y reciclan el agua de los tanques de peces constantemente. Las granjas de cultivo con RAS se pueden diseñar con diferentes niveles de complejidad, sin embargo los verdaderos diseños de recirculación de agua implican el uso de equipos para remover y almacenar de manera segura los residuos, garantizar la limpieza, reutilizar el agua y mantener las condiciones de cría cerca del ambiente óptimo para las especies de peces que se cultivan. Por el contrario, muchos de los sistemas de cultivo en tanques antiguos, que se han utilizado para el cultivo peces se denominan sistemas “abiertos” o “fluidos” debido a que el agua pasa una sola vez a través del tanque y luego se desecha. (International Aqua Feed, 2014)

5.2 Descripción de *Seriola lalandi*

Seriola lalandi es un pez pelágico de la familia Carangidae. Conocido comúnmente como vidriola, dorado y palometa, posee cuerpo fusiforme, levemente comprimido. Habita en aguas templadas (18-24°C), tanto pelágicas como demersales, en un rango que varía entre los tres y 825 metros de profundidad, aunque también pueden encontrarse en aguas más frías. A veces se encuentra solitario o bien en pequeños cardúmenes. Se alimenta de pequeños peces y crustáceos. Es una especie migratoria, que avanza a través del océano Indico, Atlántico y Pacífico.. (Mundo Acuicola, 2019)

6. ACTIVIDADES REALIZADAS.

6.1 Descripción de las actividades realizadas

Calidad del agua y otros parámetros

El monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua es muy importante porque se deben encontrar en los rangos óptimos para la especie en cultivo, en este caso la *Seriola lalandi*. La primera tarea del día era medir los parámetros de calidad de para analizar cómo se comportó el sistema durante la noche y realizar una acción preventiva o correctiva que establezca el sistema. Los parámetros que se monitorean son: Oxígeno, pH, temperatura, salinidad, concentración de amonio, nitrito, nitrato, dureza del agua, CO₂. Los parámetros físicos que no requieren de una metodología en el laboratorio se miden con una sonda multiparamétrica a excepción de la salinidad en la cual se utiliza un refractómetro. Por otro lado para determinar la concentración de amonio, nitritos, nitratos y carbonato de calcio requieren de métodos colorimétricos y un espectrofotómetro (Figura No.5). Era importante tomar por la mañana otros parámetros que al final del cultivo proporcionaran información sobre el gasto tanto energético como del recurso hídrico. Los parámetros eran: consumo energético, alimento diario, nivel de agua en tanques de cultivo y tanque de acopio.

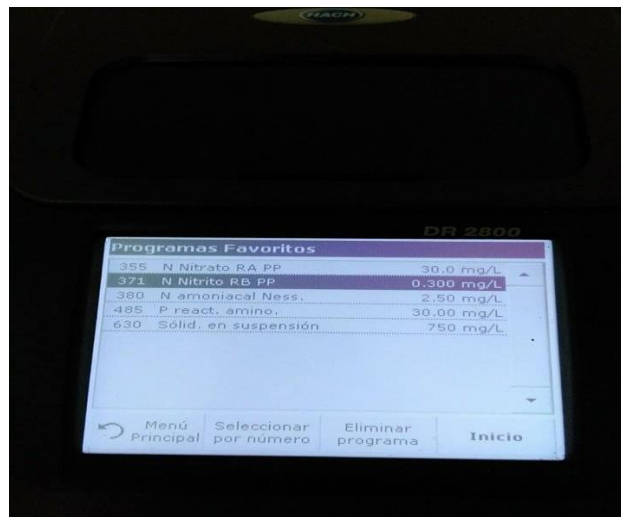


Figura No. 5- Espectrofotómetro para análisis de calidad del agua

Fuente: Trabajo de campo

Alimentación y muestreo

Los peces se alimentan según la calidad del agua. La cantidad del alimento diario que se utilizara se obtiene de una tabla de alimentación realizada por el Dr. Jaime Orellana, director del proyecto, en su experiencia previa con la especie *Seriola lalandi* en sistemas de recirculación en Alemania. El alimento era pesado en una balanza electrónica para que el peso fuera exacto. Era suministrado al boleo con una espátula designada únicamente para eso ya que por medidas de bioseguridad no era permitido suministrar el alimento con las manos. Si uno de los parámetros de calidad de agua que es afectado directamente por la alimentación no está en los rangos permisibles para la especie, la cantidad de alimento disminuye o se suspende por completo durante el día. El alimento era almacenado en una caja de duroport en donde no era afectada por la humedad ni cambios de temperatura que dañaran la calidad del alimento.

Para realizar el muestreo primero por bioseguridad debía de ponerme un overol que era proporcionado por el laboratorio. Utilizando un trasmallo los peces se recluían en un lado del tanque por medio trasmallo mencionado anteriormente para luego atraparlos con una quecha uno por uno, así el daño físico y estrés por manipulación no afectaba a todos los peces. Luego los peces eran anestesiados uno por uno, como anestésico se utilizaba aceite de clavo en una relación de 1 mililitro de aceite de clavo por cada 18 litros de agua salada. Luego se tomaba la longitud total con un ictiómetro, y el peso con una balanza electrónica. Por último los peces se colocaban en un tanque de recuperación por 15 minutos para luego ser devueltos al tanque de cultivo. Cuando se realizaba una cosecha parcial en el tanque de recuperación se bajaba la temperatura a 2°C con hielo para bajar el metabolismo de los peces y proceder a desangrarlos con un corte del arco branquial, por último se evisceraban.



Figura No. 6- Balanza e ictiómetro con los que se realizaba el muestreo
Fuente: Trabajo de campo



Figura No. 7- Eviscerado en cosecha parcial de *Seriola lalandi*
Fuente: Trabajo de campo



Figura No. 8 - Eviscerado en cosecha parcial de *Seriola lalandi*
Fuente: Trabajo de campo



Figura No. 9 - Cosecha parcial de *Seriola lalandi*
Fuente: Trabajo de campo

Mantenimiento e instalación del equipo de recirculación

Cada equipo que conforma el sistema de recirculación necesita de un mantenimiento para obtener el mejor desempeño de los mismos. La limpieza del Skimmer: era necesaria debido a que en el cristal que obliga a la espuma a llegar al drenaje del skimmer y en la parte superior se queda acumulada parte de la materia orgánica que se extrae del agua por lo tanto es desarmar la parte superior del skimmer y limpiarlo con agua dulce a presión para no dañar el equipo por dentro. El acopio cumple con doble función. La primera es que debido a que está compuesto por bioblocks, estos permiten que el agua al pasar a través de ellos golpeando sus paredes libere el CO₂ que llega al agua por medio de la respiración de los peces y la materia orgánica en descomposición, esto es muy importante porque éste influye en el pH del agua acidificándolo. Si el pH del agua es ácido se reduce la eficiencia de los biofiltro por esta razón en el acopio debía de agregar CaCO₃ para mantener el agua en un pH neutro. Su segunda función, como acopio, este envía el agua directo a los biofiltros se puede reponer el agua que se pierde por evaporación y desfogue para limpieza del fondo. Por estas razones es necesario limpiar a presión los bioblocks para remover la materia orgánica adherida a ellos que dificulta el paso del agua a través de ellos. La pantalla del filtro de tambor está diseñada para filtrar sólidos en suspensión mayores a 60 micras, estas partículas provienen de alimento no consumido heces de los peces principalmente. Con el tiempo la pantalla se obstruye por estas partículas obstaculizando el flujo correcto del agua; por lo tanto, es necesario cambiarla y limpiar la anterior cuidadosamente con agua dulce a presión y HCL para volverla a utilizar.



Figura No.10- Pantalla de filtro de tambor y botella de oxígeno.

Fuente: Trabajo de campo

En un sistema de recirculación es importante mantener la temperatura en el rango adecuado para la especie para obtener el mejor crecimiento y salud posible. La *Seriola lalandi* es una especie de aguas frías nativa de Chile, por lo tanto se necesita enfriar el agua ya que la temperatura se eleva al pasar por las bombas y equipo que está caliente. Fue necesario instalar una tubería de entrada y salida del chiller que tomara el agua de la tubería de entrada del acopio y la regresara al acopio con la temperatura más baja.

Otras actividades

Durante la práctica se realizaron varias actividades que aunque no tenían un contacto con el cultivo o con el sistema de recirculación estaban directamente relacionadas con ambos; estas actividades ayudaban a mantener el laboratorio en óptimas condiciones para el trabajo y para promover el cultivo de especies nativas en sistemas de recirculación como una alternativa económicamente viable y amigable con el ambiente.

Para realizar el muestreo fue necesario construir un arte de pesca que se adecuara a las características de la especie *Seriola lalandi*, por lo tanto se tomó la decisión de construir un trasmallo. Se construyó de material reciclado, botellas llenas de arena como pesos, tubos de PVC sobrantes de la construcción del sistema para poder maniobrar el trasmallo y la red se utilizaba anteriormente en el taller de artes de pesca así que fue reparada y adecuada para utilizarla en el trasmallo. El arte de pesca construido se probó dos veces previas al muestreo real para probar su funcionamiento.

Para demostrar que el cultivo era económicamente viable y amigable con el ambiente era necesario calcular el gasto energético y de agua al final del cultivo, por lo tanto estos datos que se tomaban diariamente y se registraban a mano en un formato realizado previamente por los encargados del sistema, luego se digitalizaban en Excel para que al finalizar el proyecto se pudieran realizar gráficas de crecimiento, costo energético medio, factor de conversión alimenticio y costos de producción.

También era necesario mantener ordenado el laboratorio para que sin importar quien estuviera trabajando encontrara en su lugar correspondiente el equipo técnico (sonda multiparamétricas,

refractómetro, potenciómetro, fotómetros, como la cristalería de laboratorio, la caja de herramientas, etc.).

Se realizó una visita a la provincia de San Antonio que se ubica en el extremo suroeste de la V Región de Valparaíso, tiene una superficie de 1.511,6 km² y posee una población de 136.594 habitantes. Su capital provincial es el puerto de San Antonio el cual es uno de los dos más importantes de Chile. El motivo de la visita fue para apoyar en la realización de una charla informativa acerca del sistema de recirculación a los pescadores artesanales de esa región, ayude a colocar las mantas vinílicas, colocar la cañonera, repartir trifoliales, tomar asistencia y asignarles asiento a las personas que asistían.

6.2 Resultados y aprendizaje alcanzados

- Los parámetros de la calidad de agua se deben encontrar entre los rangos óptimos para la especie en cultivo y si esto no se cumple se ajusta el sistema para modificar el parámetros deseado. Los rangos óptimos fueron definidos por el Dr. Jaime Orellana por medio de su experiencia anterior con el cultivo de *Seriola lalandi* en Alemania.

Cuadro No.4- Rangos óptimos de los parámetros fisicoquímicos

Parámetros físico-químico	Rango optimo
Temperatura	20-23C°
Oxigeno	>95% de saturación
pH	7-7.5
Co2	8-12 ml/L
CaCo ₃	60-160ml/L
NH ₄	<1 ppm
NO ₃	<60 ppm
NO ₂	<1 ppm
PLC	>250mv

- Los otros parámetros registrados son importantes para realizar cálculos posteriores que proporcionen datos como factor de conversión alimenticio, curvas de crecimiento, costo energético total, costo de producción, recambio de agua total, costo del alimento,

alimento utilizado. Con todos estos datos se le puede dar a los pescadores con datos reales una alternativa viable y sustentable para que lo puedan aplicar.

- Cada uno de los equipos que conforman el sistema de recirculación necesitan de un mantenimiento específico el cual es necesario para no tener un declive en la eficiencia del equipo y alargar la vida útil del mismo.

El Skimmer imita el fenómeno natural de la marea, que combina el aire y el agua para limpiar el agua. Un Venturi ingresa el ozono a presión desde la base del skimmer para crear burbujas al entrar en contacto con el agua, entre más pequeñas sean las burbujas mayor será la superficie de contacto total. las partículas que deseamos extraer del agua poseen una parte hidrofílica y una hidrofóbica; esto quiere decir que una parte queda atrapada dentro de la burbuja y la otra en el lado donde se encuentra el agua. De esta manera las burbujas siguen su curso hacia arriba y salen del agua junto con las partículas indeseables. Utilizando ozono se eliminan del agua bacterias, alimento no consumido (proteína), heces, virus y parásitos.

Dentro del biofiltro se da el proceso de nitrificación por medio de bacterias. En este proceso el amonio (NH_4) que es toxico para los peces es transformado por las bacterias nitrosomas en nitritos (NO_2^-) los cuales son menos tóxicos y por ultimo las bacterias nitrobacter transforman lo nitritos en nitratos (NO_3^-) que no son tóxicos para los peces y pueden ser utilizados por las plantas.

- El biofiltro que se utiliza es tipo moving bed. En este tipo de biofiltro se ingresa una corriente de oxígeno en la parte inferior que suspende y mantienen en movimiento los medios en los que se encuentran adheridas las bacterias lo cual genera que el proceso de nitrificación se dé homogéneamente y se obtengan mejores resultados.
- Parte fundamental del proyecto “Caletas innovadoras” era la concientización de los pescadores acerca de la reducción de las poblaciones salvajes de peces y la importancia

de la idea de una alternativa de producción en tierra para evitar problemas de vulnerabilidad.

6.3 Lecciones aprendidas

- Es un sistema de recirculación es indispensable tener el conocimiento para interpretar los datos que se obtienen del monitoreo de los parámetros físico-químicos del agua, porque a pesar de que se tiene tecnología de punta automatizada, el técnico a cargo del sistema debe poder tomar las decisiones adecuadas para equilibrar el sistema y para saber si algún otro encargado hizo algo en el sistema. Por ejemplo, usted tuvo un percance por la mañana y se logró presentar hasta medio día. Lo primero que usted hace es observar los datos del monitoreo rutinario que se realiza a primera hora en la mañana y observa que su compañero de trabajo anotó que la temperatura se encontraba en 22 C° pero la pantalla de la temperatura en ese momento le indica 20 C°, entonces usted puede interpretar ese dato en que su compañero hizo un recambio de agua en el sistema, el cual bajo la temperatura notoriamente. De esta misma manera sucede con todas las variables en el sistema.
- La acuicultura está avanzando hacia una dirección más consciente en el medio ambiente para poder ser una opción rentable y sustentable. Los sistemas de recirculación cumplen con estas características, con un recambio de agua en todo el sistema menor al 10% y la capacidad de carga en cultivo entre 60-120 kg/m³, este tipo de sistemas se convierten en la mejor opción para tener una acuicultura que cuida el uso del agua. Sumado a esto la posibilidad de poder integrar el cultivo con otras actividades como cultivos hidropónicos y acuicultura multitrófica. Las dos mayores adversidades para los sistemas de recirculación son la alta inversión inicial y el alto gasto energético. La inversión se verá recuperada en el mediano plazo y se deben buscar energías alternativas como la solar.

7. CONCLUSIONES

- Se tuvo la oportunidad de trabajar en el ambiente de trabajo de la carrera de Técnico en Acuicultura, a través de una práctica directa, en un contexto institucional.
- Se participó en actividades reales propias de la acuicultura, pesca y/o manejo de los recursos hidrobiológicos.
- Los sistemas de recirculación se convertirán en una necesidad para que la acuicultura sea una actividad productiva más amigable con el ambiente.
- Aunque el sistema de recirculación este conformado por diferentes equipos, todos trabajan como un todo; por ello es necesario poder interpretar los datos que nos brindan cada uno de esos equipos y así manejar el sistema de una manera adecuada disminuyendo el riesgo de pérdidas económicas.
- Realizar cultivos de especies nativas en sistemas de recirculación es una buena alternativa ya que podemos controlar cada uno de los parámetros físico-químicos del agua para que sean los adecuados.

8. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones en sistemas de recirculación para la producción de especies nativas de Guatemala con fines lucrativos y de repoblamiento.
- Implementar dentro de los contenidos de los diferentes cursos del técnico en acuicultura del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura de la Universidad de San Carlos de Guatemala el tema de sistemas de recirculación de manera teórico-práctica.

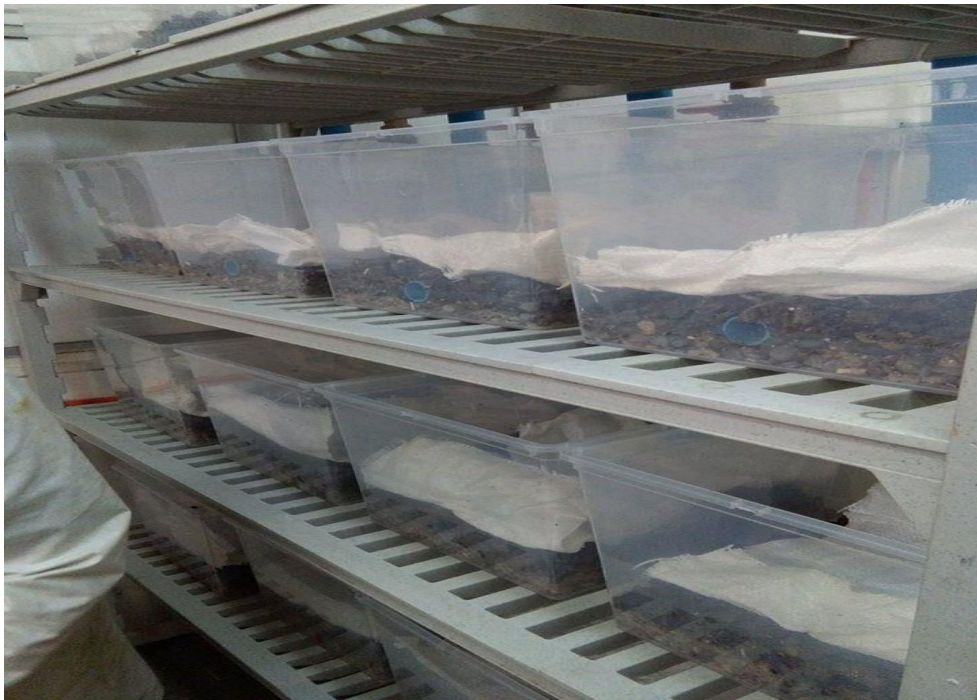
9. Bibliografía

1. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (*Clima y vegetación en la región de Valparaíso* [en línea] ,2016). Recuperado diciembre 27, 2016, de <http://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region5/clima.htm>
2. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (*Región de Valparaíso* [en línea] ,2016). Recuperado diciembre 27, 2016 de <http://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region>
3. Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2016). *Principales ecosistemas naturales de la V región y su estado : Quinta región de Valparaíso*. Valparaíso: Gobierno de Chil; y Ministerio del Medio Ambiente.
4. Sánchez, A. (2011). *Valparaíso: la ciudad-puerto más importante de Chile y la vulnerabilidad de su patrimonio arquitectónico a los riesgos sísmicos*. Valparaiso: Estudios Geográficos.

10. ANEXOS



Anexo 1- Análisis de calidad de agua (Amonio)



Anexo 2- Sistema en construcción para acuicultura multitrófica



Anexo 3- Extracción de poliquetos para el sistema de acuicultura multitrófica



Anexo 4- Panel eléctrico del sistema de recirculación



Anexo 5- Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) cultivada en Los Andes, Regios de Valparaiso, Chile