



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

College of Maritime Engineering and Sea Science

“Evaluate the use of a semi-static system on survival during larval culture of *Seriola rivoliana* in captivity.”

CAPSTONE COURSE

A project submitted in partial fulfillment of the requirements for
the degree of:

Aquaculture Engineer

By:

Melania Denisse Vargas Yagual

GUAYAQUIL - ECUADOR

2022 - 2023

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Evaluación del uso de un sistema semi-estático sobre la supervivencia durante el cultivo larval de *Seriola rivoliana* en cautiverio

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Acuícola

Presentado por:

Melania Denisse Vargas Yagual

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres Guido y Mayra, que me enseñaron el valor de la perseverancia y afrontar los momentos difíciles sin rendirme en el intento, gracias por ser los promotores de mis sueños. A mi esposo Jefferson el principal motor y apoyo para continuar este proyecto y a mi hija Isabella por ser el mayor motivo de superación. Y a todas aquellas personas que han sido parte integral de mi vida estudiantil.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mis padres por brindarme ese apoyo económico, pero sobre todo emocional para poder culminar mi grado universitario, valoró cada gesto de amor brindado.

A mi pequeña familia de tres porque sin ellos no hubiese podido alcanzar esta meta anhelada, pero sobre todo por aguantar conmigo esas malanoches y por no ser egoístas con el tiempo que dedique para culminar este proyecto.

A mi tutor Wilfrido Arguello Guevara, PhD por su paciencia, sus consejos por el tiempo brindado, pero sobre todo por los conocimientos compartidos.

A todo el equipo del laboratorio de peces: Samira, Milton, Sandra y Jeff porque sin ellos los conceptos serían solo palabras y por inducirme al hermoso mundo de la piscicultura.

Y a la amiga que me regalo esta carrera Angie que me ha apoyado incondicionalmente.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Melania Vargas Y. y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Melania Vargas Y.

EVALUADORES



WILFRIDO ERNESTO
ARGUELLO GUEVARA

Wilfrido Argüello, Ph.D.

TUTOR Y PROFESOR DE LA MATERIA

RESUMEN

Seriola rivoliana es un pez marino potencial para la diversificación de la acuicultura del Ecuador y aunque varios estudios han permitido mejorar los protocolos de cultivo de la especie, la supervivencia larval representa el principal cuello de botella para su producción comercial. En este proyecto se evaluó un sistema de producción con flujo de agua continuo para el cultivo en la fase larval con el fin de disminuir los porcentajes de mortalidad que van directamente ligados a la mala calidad de agua y aparición de protozoarios que afectan a la supervivencia. El proyecto se realizó en la comuna San Pedro en la provincia de Santa Elena y se optó por un sistema de flujo continuo con recambios de agua de 0-200% de agua durante 25 días en tres replicas, los huevos fueron obtenidos de manera espontánea de un lote de reproductores mantenidos en cautiverio. La temperatura promedio durante el cultivo fue de 27 °C. Luego de 27 días de cultivo, se obtuvo una supervivencia de 1,80% con una cuantificación manual. Y no se observó la presencia de ectoparásitos durante la experimentación. Se concluye que esta supervivencia está dentro de los rangos de supervivencia a nivel experimental del género de *Seriola*, el protocolo utilizado constituye la base para futuras experimentaciones en esta especie.

Palabras Clave: *Seriola rivoliana*, supervivencia, larvicultura, recambio de agua.

ABSTRACT

Seriola rivoliana is a potential marine fish for the diversification of aquaculture in Ecuador and although several studies have allowed improving the culture protocols of the species, larval survival represents the main bottleneck for its commercial production. In this project, a production system with continuous water flow for cultivation in the larval phase was evaluated in order to reduce the mortality rates that are directly linked to poor water quality and the appearance of protozoa that affect survival. The project was carried out in the San Pedro commune in the province of Santa Elena and a continuous flow system was chosen with water exchanges of 0-200% water for 25 days in three replicates, the eggs were obtained spontaneously from a batch of reproducers kept in captivity. The average temperature during cultivation was 27 oC. After 27 days of culture, a survival of 1.80% was obtained with manual quantification. And the presence of ectoparasites was not observed during the experimentation. It is concluded that this survival is within the survival ranges at the experimental level of the *Seriola* genus, the protocol used constitutes the basis for future experiments on this species.

Keywords: Seriola rivoliana, survival, larval phase, protocol

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
INDICE DE ILUSTRACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	9
1. Introducción.....	9
1.1 Descripción del problema.....	11
1.2 Justificación del problema.....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
1.4 Marco teórico.....	13
1.4.1 Larvicultura de peces marinos.....	13
1.4.2 Problemas durante la larvicultura de peces marinos.....	15
1.4.3 Características biológicas del Huayaípe.....	17
CAPÍTULO 2.....	19
2. Metodología.....	19
2.1 Obtención de huevos de Huayaípe.....	19
2.2 Desinfección de los materiales.....	20
2.3 Fase experimental.....	21
CAPÍTULO 3.....	31

3.	Resultados y análisis	31
CAPÍTULO 4.....		36
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	36
4.1	Conclusiones	36
4.2	Recomendaciones	36
BIBLIOGRAFÍA.....		37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mediciones de huevo de <i>Seriola rivoliana</i> :.....	20
Figura 2. Misiones de Larva Vitelina de <i>Seriola rivoliana</i>	20
Figura 3. Fase exploratoria tanques con volumen de 1000 L operable debidamente rotulados.	21
Figura 4 Linea cronológica del tanque exploratorio N1, sistema estático con transferencias totales cada 7 días.	24
Figura 5 Linea cronológica del tanque exploratorio N3.....	26
Figura 6 Linea cronológica del tanque exploratorio N3-A.	27
Figura 7 Linea cronológica del tanque exploratorio N4.....	28
Figura 8 Linea cronológica del tanque exploratorio N4-A	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxónomica de <i>Seriola rivoliana</i> (Froese y Pauly, 2010)	17
Tabla 2 . Bitácora de parámetros.....	31
Tabla 3. Parámetros de tanques N3-A y N4-A.....	32
Tabla 4 . Mediciones de huevos	33
Tabla 5 .Costos del proyecto de cultivo de larvas de <i>Seriola rivoliana</i> con dos sistemas de flujo de agua durante 25 días.....	34

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

DPE Días post-eclosión

TQ Tanques

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
mV	Milivoltio
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura comprende un conjunto de técnicas que son aplicadas para la producción de especies acuáticas, animales y vegetales; teniendo similitud con la agricultura y ganadería.

La acuicultura en el Ecuador se la reconoce como la actividad agropecuaria dominante en la economía de nuestro país que origina fuentes de trabajo, divisas y riqueza. En el 2018, la producción por acuicultura a nivel mundial alcanzó un total de 114,5 millones de toneladas, de las cuales 82,1 millones de toneladas corresponden a la producción de pescado, de ahí que 54,3 millones de toneladas pertenecen a los peces de aleta, a la acuicultura continental 47 millones de toneladas y 7,3 millones de toneladas a la acuicultura marina – costera, el valor restante del total pertenece a los demás productos marinos como algas, conchas y perlas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2020).

La cantidad de personas dedicadas de forma directa e indirecta a la industria acuícola va en aumento y el interés por mejorar las condiciones de la industria acuícola ha permitido que nuestro país se posicione en los primeros lugares de esta actividad con el cultivo de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) con exportaciones que llegaban a 114,994 TM (875 millones de dólares) en el año 1998 (Sinche-Chele, Vera-Vera, & Blacio-Game, 2005). Sin embargo, la camaronicultura se ha visto afectada por diversos acontecimientos físicos y biológicos que han puesto en riesgo su rendimiento, como en el año 1992 con el

Síndrome de Taura, o en 1999 con el virus de la mancha blanca el cual provocó la caída de la industria, situación que provocó grandes pérdidas económicas e incluso la quiebra de algunas empresas (Sinche-Chele, Vera-Vera, & Blacio-Game, 2005).

A lo largo de la historia esta industria ha evolucionado notablemente en diferentes etapas desde su descubrimiento en conjunto con la piscicultura, considerada una actividad rentable que permite la diversificación de las especies marinas. En el Ecuador, se realiza a menor escala debido a la inexperiencia con las técnicas de adaptación al cautiverio, manejo reproductivo, larvicultura, engorde, entre otros, teniendo en cuenta que la mayor parte de las investigaciones se han concentrado en la fase de reproducción (David-Ruales, Machado-Fracalossi, & Vásquez-Torres, 2018). Y es que en un principio no fue creada con fines comerciales, los primeros agricultores la desarrollaron con la finalidad de abastecer de alimento a sus familias, la historia de la piscicultura hace referencia que esta actividad tiene sus inicios en China hace 4000 años con un cultivo combinado de peces y arroz (Sinche-Chele, Vera-Vera, & Blacio-Game, 2005).

Se sabe que, existe una gran variedad de peces que son comercializados y que debido a características como adaptabilidad a cautiverio, rápido crecimiento entre otros, su exquisito sabor de su carne los hacen sobresalir de las demás, como ocurre con la especie de ***Seriola rivoliana*** o comúnmente llamado Huayaipe, especie candidata por su alto valor comercial y gran demanda en el mercado, además, tiene altas tasas de supervivencia y crecimiento en la etapa

de engorde, alto contenido de ácidos grasos ricos en Omega – 3 y una baja tasa de conversión alimenticia (Benetti, 2018).

Investigaciones anteriores, ha permitido conocer las condiciones que requiere para su reproducción, larvicultura y engorde, pese a eso, la fase de la larvicultura aun muestra un porcentaje de bajo rendimiento; tal como reportan algunas investigaciones la supervivencia va del 0 al 2,5% entre los 21 a 25 días de vida (Blacio-Game & Alvarez-Novoa, 2002).

1.1 Descripción del problema

El Huayaípe es un pez marino con potencial para la diversificación de la acuicultura en Ecuador y varios estudios han propuesto protocolos de cultivo de esta especie. La supervivencia larval representa el principal cuello de botella para su producción comercial. En CENAIM se ha utilizado un sistema estático que no tiene renovación de agua los primeros 7 días de cultivo en larvas de Huayaípe, con el objetivo de no alterar de forma repentina las condiciones iniciales del cultivo en relación con la adaptabilidad de las larvas a su ambiente y el inicio de la alimentación exógena. Sin embargo, en los últimos años, se ha observado que dicho protocolo no ha permitido incrementar o mantener una supervivencia de al menos 2% en los primeros 10 días de vida en condiciones controladas tomando como base experiencias anteriores. Esta baja supervivencia está asociada a fallas en la captura de la primera presa exógena, incremento insostenible del alimento vivo, fallas en el llenado de la vejiga de gas, y por consecuencia, la calidad del agua se ve afectada, las larvas se presentan débiles y finalmente mueren.

1.2 Justificación del problema

El Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM) en conjunto con el Laboratorio de Cultivo de Peces Marinos del área de diversificación busca establecer un protocolo que permita la producción constante en el cultivo de Huayaípe bajo condiciones controladas, contribuyendo con el desarrollo de la acuicultura en el Ecuador y así promover la diversificación y comercio de las especies marinas mediante la investigación.

Siendo así, este proyecto nos permitirá establecer alianzas con otros países como Panamá donde se ha desarrollado el cultivo intensivo de peces nativos en jaulas a mar abierto y laboratorios de peces marinos, así mismo garantizando la existencia de nuevas fuentes de empleo, capacitaciones constantes estrechamente ligadas al desarrollo tecnológico además de aumentar el porcentaje de supervivencia de esta especie.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de un cultivo semi-estático sobre la supervivencia durante el cultivo larval de *Seriola rivoliana* en condiciones controladas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el uso de recambios de agua durante el desarrollo temprano del huayaípe.
- Ajustar la concentración de alimento vivo proporcionada durante los primeros días después de la eclosión.

- Implementar uso de limpiadores de superficie “skimmer” para disminuir los problemas del llenado de la vejiga de gas.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Larvicultura de peces marinos

Entre las mayores limitantes en la larvicultura de peces marinos se encuentran; el tamaño de la boca, reducida capacidad natatoria, composición bioquímica del alimento y desarrollo inadecuado del aparato digestivo a causa de la falta de enzimas digestivas proporcionadas en la alimentación exógena. En especies con crecimiento altricial es indispensable suministrar el primer alimento antes que desaparezca por completo el vitelo; así pues, las técnicas que optan los piscicultores es sembrar las postlarvas directamente en tanques que ya han sido fertilizados y como resultado se obtiene una baja tasa de supervivencia lo que dificulta la producción de alevines a gran escala (Prieto & Antencio, 2008).

1.4.1.1 Importancia del alimento vivo

El alimento vivo se describe como el grupo de organismos planctónicos que subyace en las etapas larvales de los crustáceos, las postlarvas de los peces y las diversas etapas de desarrollo de los moluscos. Organismos de zooplancton, por ejemplo; cladóceros, copépodos, artemia anostracos y rotíferos; Del fitoplancton se distinguen diferentes grupos de microalgas, principalmente diatomeas clorofitas, considerando el interés en la acuicultura, que se dirige principalmente a especies de peces, moluscos y crustáceos comercialmente importantes para la producción de semillas en condiciones controladas y alta supervivencia en sistemas de cultivo semi-intensivos e intensivos, se deben

conocer diferentes opciones y para la producción de alimento vivo a gran escala, porque el alimento natural es difícil de reemplazar. Las dietas artificiales tienden a causar una alta mortalidad por deficiencias nutricionales si no son equilibradas y no abordan el problema de la demanda constante de alimento vivo. Una alternativa a esta situación se basa en el conocimiento, optimización y automatización de sistemas de cultivo de fitoplancton y zooplancton para llevarlos a producción masiva semicontinua o continua (Prieto-Guevara, 2006).

1.4.1.2 Importancia de la calidad del agua

La calidad del agua también es determinante para el éxito del cultivo, cualquier cambio del agua en los parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, puede provocar una reducción de la producción e incluso la pérdida total. Aunque los principales parámetros que afectan directamente a los animales con importantes consecuencias a corto plazo son oxígeno y nitrógeno disueltos, existen otros parámetros que causan daños a largo plazo; ejemplos de esto son los metales pesados como el Cromo, Cadmio y Plomo que pueden dañar la producción y, a menudo, se subestiman. Estos metales pueden acumularse y aumentar su concentración en los tejidos de los peces, lo que puede reducir la calidad del producto y afectar la salud humana cuando se consume. (Blacio-Game & Alvarez-Novoa, 2002).

1.4.1.3 Importancia del desarrollo larvario

Cuando se clasifican las larvas de peces, se consideran dos tipos: altriciales y precociales; se asocia con el desarrollo temprano en relación con la cantidad de yema. El principal objetivo del estado larvario es la obtención de nutrientes para

su ontogenia; Para comprender esto, se deben realizar estudios morfológicos relacionados con las respuestas enzimáticas.

1.4.2 Problemas durante la larvicultura de peces marinos

Los métodos de crianza de larvas no han cambiado sustancialmente con el paso del tiempo, pues aún se aplican los métodos usados años atrás. Algunos avances presentan cambios significativos, que han sido beneficiosos para unas especies y no tanto para otras. Sin embargo, a pesar de los resultados actuales donde un gran número de especies de peces marinos se producen a escala comercial, existen problemas que tienen lugar durante el desarrollo temprano y que han causado el 100% de mortalidad de las larvas de peces tanto nuevas como en producción.

1.4.2.1 Primera alimentación exógena

Las larvas de la mayor parte de peces son planctófagas especialmente zooplanctófagas pese a que los adultos son herbívoros, omnívoros y carnívoros. La pequeña dimensión de la boca de los peces durante la larvicultura es un punto crítico. En la mayoría de las postlarvas el saco vitelino no es suficiente para brindarles los nutrientes necesarios hasta completar su desarrollo, puesto que es consumido rápidamente (debido a su crecimiento altricial) por lo que requiere tomar los nutrientes a través de presas vivas presentes en el medio externo. Por consiguiente, al iniciar la alimentación exógena el tracto digestivo, intestino y demás órganos aún no se encuentran desarrollados por completo, por este motivo la larva tiene que pasar por un proceso de adaptación aprendiendo a capturar, engullir y asimilar el alimento externo, por lo anteriormente descrito

requieren de una dieta especial con ciertas características cuantitativas y cualitativas como alto valor nutricional, tamaño de la partícula acorde a la apertura de la boca, textura suave, fácil para digerir y abundante (Prieto & Antencio, 2008)

Al comienzo de la nutrición exógena, la mayoría de los peces son organismos larvarios cuyo desarrollo aún no está completo, por lo que los órganos digestivos no están completamente definidos y el aparato enzimático está incompleto. Durante la primera alimentación el aparato digestivo no funciona en su totalidad, sin un estómago desarrollado, la digestión de los alimentos ingeridos se realiza en el intestino, donde el pH se mantiene alcalino y la actividad enzimática como la tripsina es proteolítica. Aunque se han reportado resultados alentadores usando dietas formuladas en la primera alimentación, la alimentación básica de organismos vivos como copépodos, *Artemia* sp. y rotíferos, aún se acepta como la mejor estrategia para la crianza de larvas de muchas especies debido a su calidad (David-Ruales, Machado-Fracalossi, & Vásquez-Torres, 2018).

1.4.2.2 Manejo de la calidad del agua y condiciones de cultivo

El agua es un elemento importante en el cultivo de peces, puesto que mantiene todas las necesidades de los organismos como nutrirse, crecer, respirar y reproducirse, por consiguiente, el agua en un cultivo se compone por partículas en suspensión y sustancias disueltas, además constantemente varía debido al cambio climático y las estaciones; por ende, un buen manejo se fundamenta en mantener controlada la composición del agua. Las condiciones de cultivo se determinan de acuerdo con el cultivo y la especie que se va a cultivar (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación,

2020). Una estrategia aceptada en la larvicultura de peces marinos para el mantenimiento de la calidad del agua del cultivo es el uso de recambios a diferentes tasas de renovación. Estos recambios de agua permiten mantener un sistema más aséptico, eliminar alimento no consumido y productos de desecho y mejorar las condiciones de turbidez para la captura del alimento. Sin embargo, las larvas de peces en sus primeros días de vida no soportan cambios repentinos de las condiciones del ambiente, por lo que el control del recambio debe hacerse de forma gradual y su implementación se torna primordial para no afectar la supervivencia larval.

1.4.3 Características biológicas del Huayaibe

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Seriola rivoliana* (Froese y Pauly, 2010)

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Familia	Carangidae
Género	<i>Seriola</i>
Especie	<i>Seriola rivoliana</i>

La especie, ***Seriola rivoliana*** conocida en Ecuador como Huayaibe es un pez teleósteo marino, de nado veloz y gran fuerza, tiende a migrar para buscar su alimento y reproducirse, no son peces muy longevos, los huevos de esta especie son pelágicos, esféricos y transparentes, son ovíparos por lo tanto su fertilización es externa. El cuerpo del Huayaibe es alargado y ligeramente comprimido, presenta una coloración variable y el dorso de color marrón o aceituna con tendencia a verde azulado, en ejemplares adultos se diferencia una franja oscura

vertical en la nuca y una lateral oscura que va desde atrás y hacia arriba a iniciando del ojo. (Sinche-Chele, Vera-Vera, & Blacio-Game, 2005)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El siguiente proyecto se realizó en el laboratorio de Piscicultura del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM-ESPOL), ubicado en San Pedro de Manglaralto – Santa Elena.

2.1 Obtención de huevos de Huayaibe

Los huevos fértiles de Huayaibe fueron obtenidos por desoves espontáneos (Desove N° 16) procedentes del lote de reproductores M6-RH6. Los Huayaibe fueron mantenidos en cautiverio, alimentados y con las condiciones necesarias para su madurez gonadal y desove. Una vez ocurrido el desove, se usó un recolector con una malla de 350µm para recolectar los huevos flotantes mediante la corriente que proviene de los aireadores. Posterior a la colecta, se evaluó la fertilización, viabilidad de los huevos, porcentaje de flotabilidad y se realizaron mediciones del diámetro de 10 huevos (ilustración 1) seleccionados de forma aleatoria, de este modo, los huevos fértiles fueron colocados en tanques de incubación de 500 L. Para las mediciones se utilizó el perfilador Mitutoyo. Una vez que los huevos eclosionaron se procedió a repetir el proceso de medición, tomando una muestra de 10 larvas (ilustración 2) para medir la longitud total (LT), longitud estándar (LS), altura del saco (AS), ancho del saco (AnS) y diámetro de la gota lipídica (DG). Para la desinfección de los huevos en los incubadores se utilizó el tratamiento de formalina 100ml por cada litro. Los filtros se los cambiaba cada 48h se los dejaba en remojo con cloro por 24h y en secado por 48h.



Figura 1. Mediciones de huevo de Seriola rivoliana:

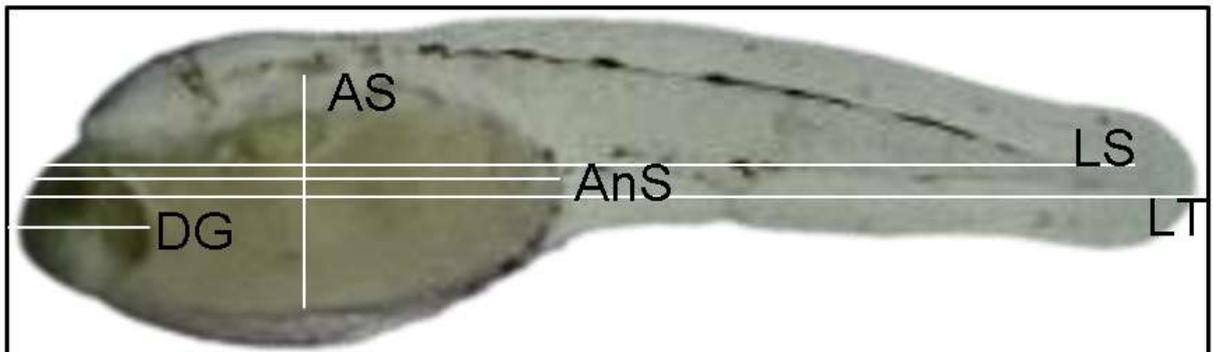


Figura 2. Mediciones de Larva Vitelina de Seriola rivoliana.

2.2 Desinfección de los materiales

Se desinfectó toda el área de trabajo con cloro durante 48 horas. Los tanques, mangueras y aireadores fueron colocados en un tanque de 500 L de agua con 50 mL de cloro y posteriormente, todo el material fue enjuagado con agua dulce.

Una vez completado el proceso de desinfección del área, los tanques fueron llenados con agua filtrada por U.V. y filtros de cartucho 1 y 0.5 micras. Los mismos que eran lavados y cambiados cada 48 horas.

En el presente trabajo se realizó una fase exploratoria para determinar los tratamientos a seguir con relación al manejo de la calidad del agua y los recambios.

2.3 Fase experimental

Se realizó un ensayo experimental para determinar la forma de renovación de agua que permita alcanzar la máxima supervivencia larval. Se utilizaron cuatro tanques base y dos réplicas, todos de color negro debidamente rotulados (N1, N2, N3, N3 – A, N4, N4 – A; Figura 3) con un volúmen operable 1000 L a una temperatura de 27 °C y un fotoperíodo natural de 12 horas en el día, desde las 6:00 hasta las 18:00 y en la noche las 12 horas siguientes.

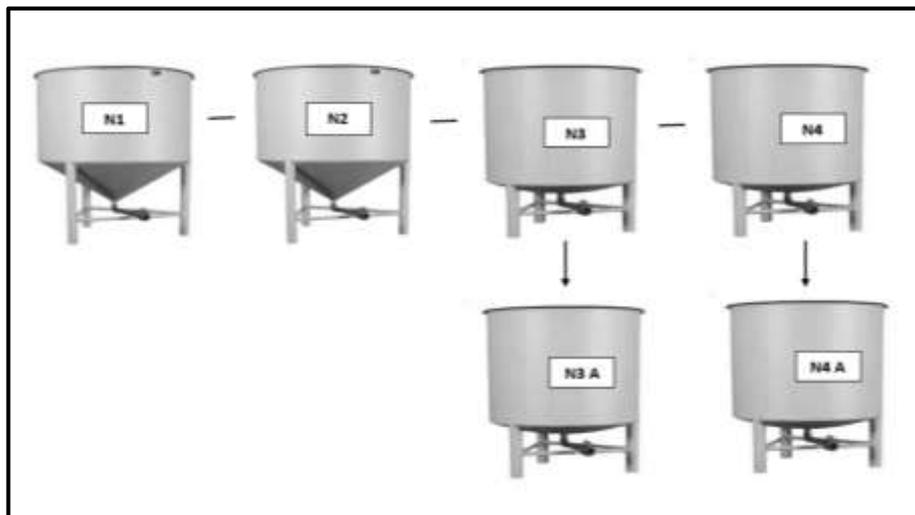


Figura 3. Fase exploratoria tanques con volumen de 1000 L operable debidamente rotulados.

Para la fase exploratoria se consideraron 2 tratamientos; la evaluación de un sistema estático hasta el día 7 de cultivo dónde se realizarían transferencias

totales a tanques “nuevos” limpios y desinfectados, y por otro lado; la implementación de un recambio de agua controlado en forma ascendente, partiendo desde 25% en el día 3 de cultivo (DPE, días post-eclosión) hasta completar el 100% en el día 10 DPE.

Luego de la eclosión se obtuvo 287,215 larvas equivalente al 25% de eclosión, finalmente se sembraron en los 4 tanques iniciales, para el tanque N1 se sembró a una densidad de 47 larvas/L es decir 47.000 larvas sembradas, y los tanques N2, N3, N4 fueron sembrados con una densidad de 60 Larvas/ L es decir 60 000 larvas por tanque.

A los tanques N1, N2 que tienen una forma cónica, se utilizó transferencias semanales (cada 7 días) hasta llegar al día 10 del cultivo e iniciar con recambio del 25% aumentando progresivamente cada día hasta llegar al 200% de recambia al final del ciclo.

En los tanques N3, N4 se utilizó un recambio de agua desde el día posterior a la siembra, iniciando con un 25% de recambio e incrementando el 10% cada día hasta alcanzar el 200% de recambio diario.

Cada tanque de cultivo larval se preparó previamente antes de la siembra con 5 L de ***Tetraselmis sp.***, a una concentración de 1'380.750 cel/ml obtenidos de un fotobiorreactor, se usó la técnica de las aguas verdes para el suministro de alimento.

Todos los días se realizaba la toma de parámetros a las 9 de la mañana y la adición del alimento vivo se realizaba en dos dosis, en la mañana a las 8:00 y en la tarde a las 14:00. Durante los 10 primeros días se suministró rotíferos (***Brachionus rotundiformis***) y a partir del día 11 DPE se inició la alimentación

durante 5 días con nauplios de artemia de manera combinada con meta nauplios de Artemia para no realizar cambios alimenticios bruscos y proporcionando una dosis de 1L cada hora durante el día (6:00 – 18:00).

En el día 18 del cultivo se inició la fase de deshabitación en donde progresivamente se cambió la alimentación con artemia a balanceado (Otohime B2)

Para explicar la metodología aplicada se realizó una línea cronológica con todos los procesos, alimentación y datos obtenidos en cada tanque de cultivo. Estas líneas de tiempo son mostradas en las figuras 4 a 9:

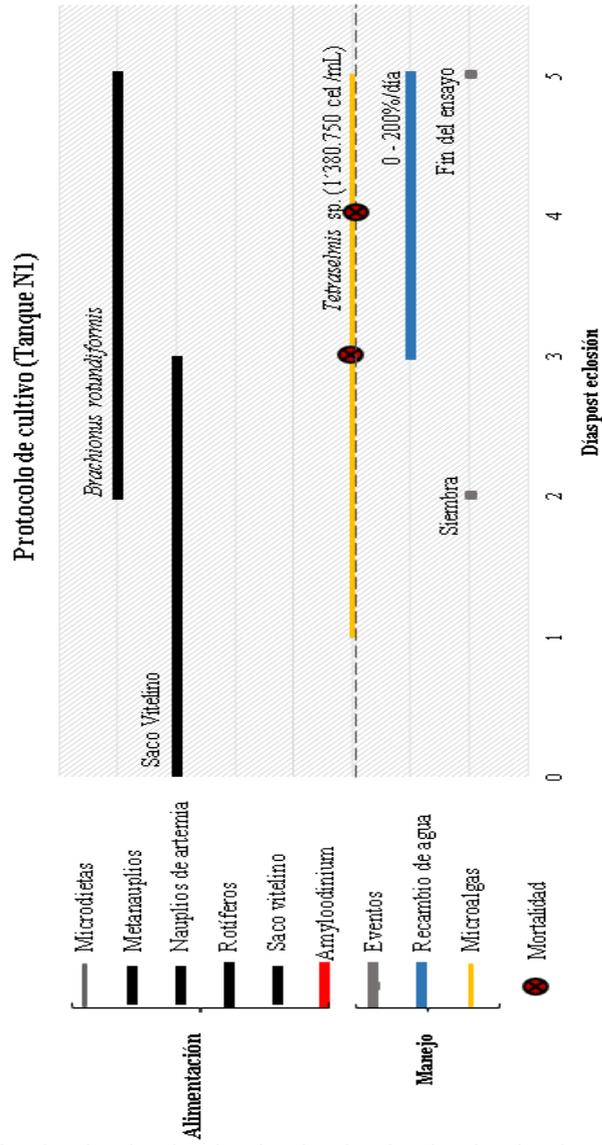


Figura 4 Línea cronológica del tanque exploratorio N1, sistema estático con transferencias totales cada 7 días.

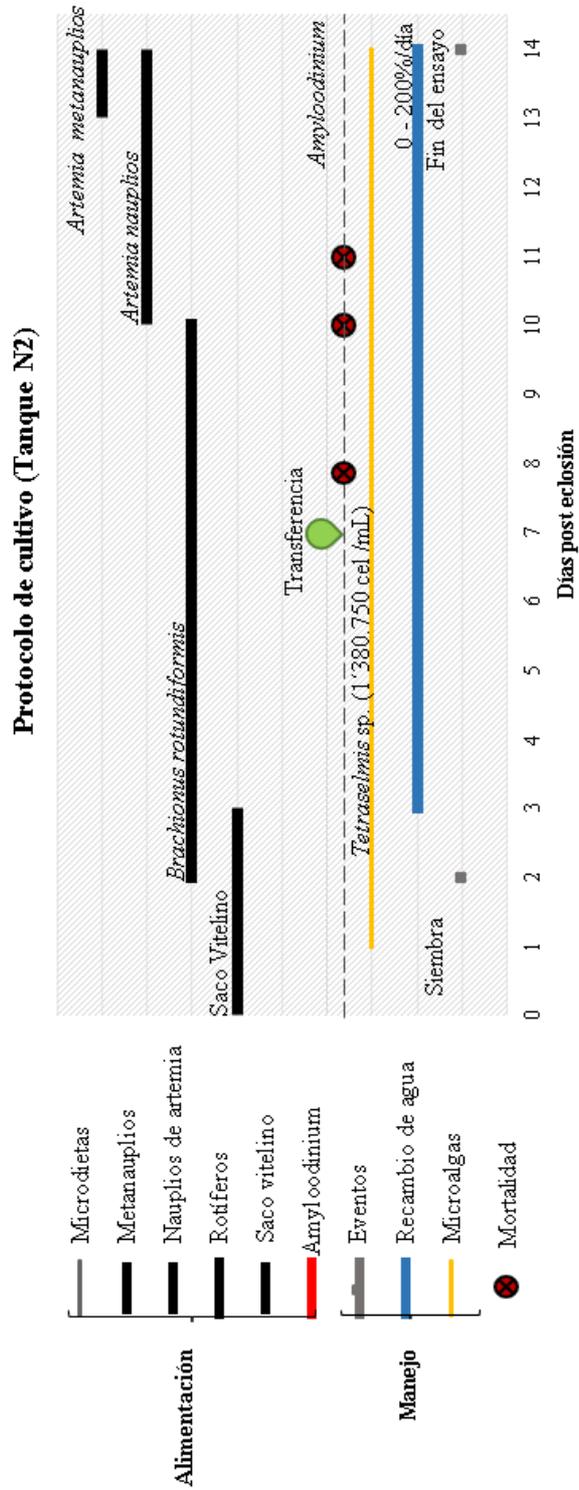


Figura 5 Línea cronológica del tanque exploratorio N2, sistema estático con transferencias totales cada 7 días.

El Tanque N1 y N2 (figura 4 y 5) fueron cultivados con un sistema estático con el objetivo de no alterar de forma repentina las condiciones iniciales del cultivo y evitar cambios bruscos en el ecosistema. Sin embargo, las larvas del tanque N1 solo sobrevivieron hasta el día 5 de cultivo y se tuvo que descartar porque ya no había población de larvas. En el tanque N2 se realizó una transferencia a un tanque nuevo en el día 7, y al día 8 se registró la presencia de *Amyloodinium*, no se aplicó ningún tratamiento para evitar mortalidades, no obstante, al día 15 había 100% de mortalidad.

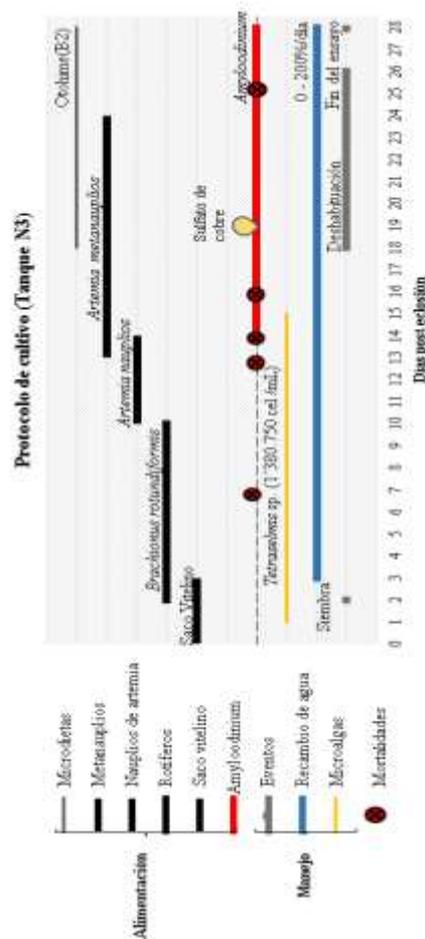


Figura 5 Línea cronológica del tanque exploratorio N3.

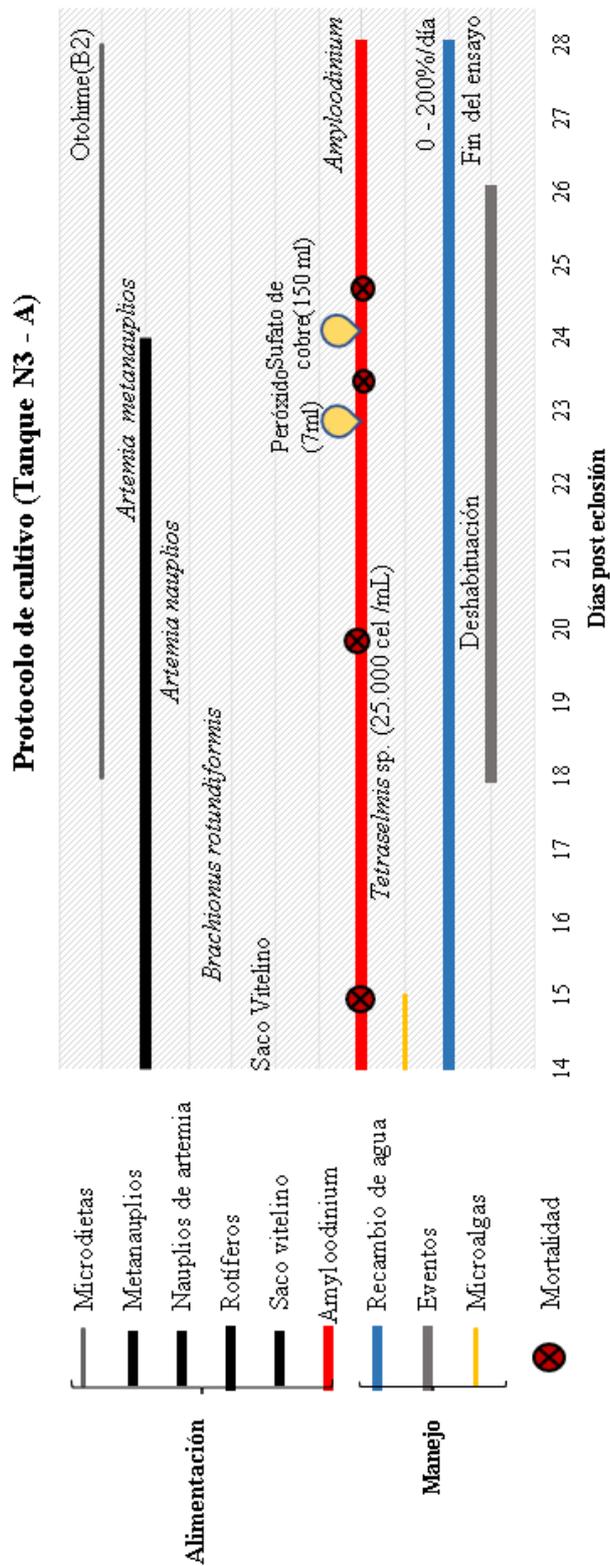


Figura 6 Línea cronológica del tanque exploratorio N3-A.

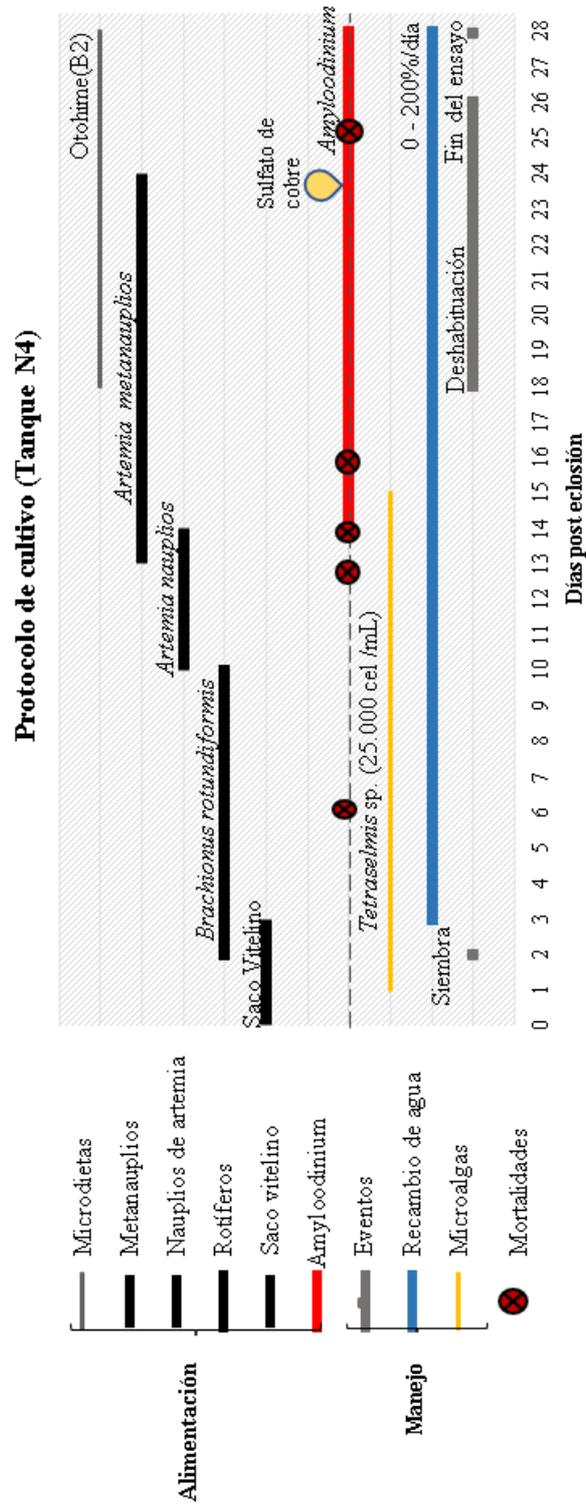


Figura 7 Línea cronológica del tanque exploratorio N4.

Protocolo de cultivo (Tanque N4 - A)

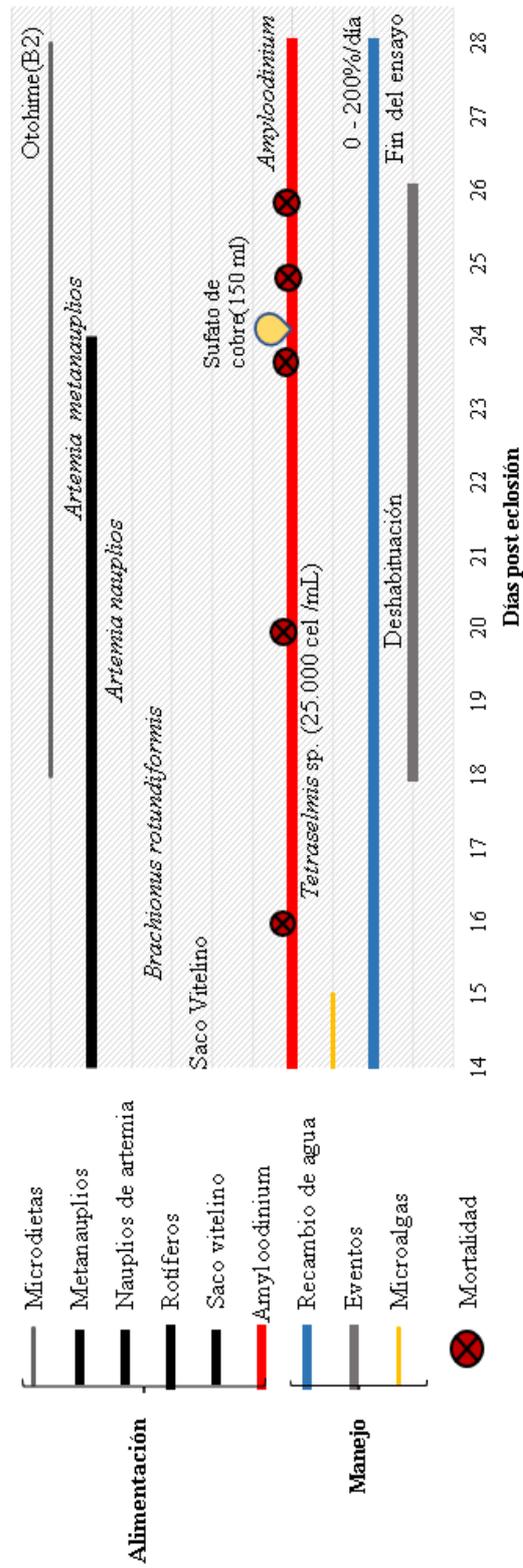


Figura 8 Línea cronológica del tanque exploratorio N4-A

El tanque N3 y N4 (figura 6y8) se cultivó con un sistema de flujo continuo, iniciando el flujo un día posterior a la siembra (3DPE) con un 25% de recambio e incrementando 10% cada día para llegar al día 10 que inicia la alimentación con Nauplios de Artemia y es donde se corre el riesgo de ingreso de protozoarios, con el 100% de recambio y tener al final del ciclo (25DPE) tener un 200%.

El uso de este sistema permitió reducir de manera controlada la densidad de larvas mediante la transferencia a dos tanques N3-A y N4-A porque se observaba un buen número de población. En estos tanques se registró el ingreso de *Amyloodinium* al día 14DPE y se aplicaron tratamientos con sulfato de cobre que resultó en altos porcentajes de mortalidad. Sin embargo, el número de larvas se mantuvo hasta el final del ciclo de cultivo.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Después de evaluar los resultados de ambos sistemas, se obtuvo la mejor supervivencia larval con el sistema de flujo continuo con recambio inicial de 25% incrementado diariamente hasta llegar al 200%. Se repitió el ensayo aplicando este nuevo sistema obteniendo los siguientes resultados.

3.1 Parámetros ambientales

Tabla de resultados de parámetros tomados diariamente a las 8:00 am la temperatura que era controlada con calentadores de agua y el oxígeno disuelto en el agua medido con un oxímetro (Oxiguard).

Tabla 2 . Bitácora de parámetros

<i>DPE</i>	<i>TQ.</i>	<i>Oxi.</i> <i>(mg/l)</i>	<i>T°</i> <i>(C)</i>	<i>TQ.</i>	<i>Oxi.</i> <i>(mg/l)</i>	<i>T°</i>	<i>TQ.</i>	<i>Oxi.</i> <i>(mg/l)</i>	<i>T°</i>	<i>TQ.</i>	<i>Oxi.</i> <i>(mg/l)</i>	<i>T°</i>
2	N1	7,31	24,3	N2	7,02	24,3	N3	6,80	24,3	N4	7,00	24,3
3	N1	7,20	24,1	N2	7,06	24,8	N3	6,94	24,3	N4	6,99	24,2
4	N1	7,06	24,8	N2	7,10	24,2	N3	7,00	24,0	N4	6,99	24,3
5	N1	6,65	27,8	N2	6,51	27,9	N3	6,66	26,2	N4	6,84	25,8
6	N1	6,65	27,3	N2	7,05	25,1	N3	6,67	25,2	N4	6,76	27,0
7				N2	6,93	24,9	N3	6,72	24,6	N4	7,00	24,9
8				N2	6,81	24,2	N3	6,90	24,8	N4	6,79	25,5
9				N2	7,16	24,7	N3	7,05	24,5	N4	6,50	25,4
10				N2	7,14	23,0	N3	7,09	24,9	N4	7,32	25,2
11				N2	7,03	25,0	N3	6,97	24,7	N4	7,00	25,6
12				N2	6,50	25,1	N3	6,97	24,6	N4	6,96	25,7

13	N2	7,20	25,3	N3	7,10	24,8	N4	7,00	25,1
14				N3	6,30	24,6	N4	6,25	25,1
15				N3	7,22	23,2	N4	7,22	23,3
16				N3	7,19	24,6	N4	7,18	24,0
17				N3	7,09	24,6	N4	7,16	24,6
18				N3	6,80	24,3	N4	7,00	24,0
19				N3	6,56	24,6	N4	6,85	24,5
20				N3	6,44	23,2	N4	6,42	23,5
21				N3	6,43	23,3	N4	6,37	26,6
22				N3	6,35	23,5	N4	6,29	23,7
23				N3	6,42	23,9	N4	6,31	24,5
24				N3	6,30	23,5	N4	6,20	24,2
25				N3	6,28	23,2	N4	6,32	24,0
26				N3			N4	6,39	25,4

Tabla 3. Parámetros de tanques N3-A y N4-A

DPE	TQ.	Oxi. (mg/l)	T° (C)	TQ.	Oxi. (mg/l)	T°
14	N3-A	7,07	23,7	N4-A	6,50	24,0
15	N3-A	7,13	25,0	N4-A	7,20	24,8
16	N3-A	7,31	24,8	N4-A	7,18	24,6
17	N3-A	7,21	24,7	N4-A	7,20	24,5
18	N3-A	7,01	24,3	N4-A	7,00	24,3
19	N3-A	6,97	24,7	N4-A	6,49	24,4
20	N3-A	6,34	23,8	N4-A	6,42	23,4
21	N3-A	6,09	24,4	N4-A	6,40	23,6
22	N3-A	6,15	23,5	N4-A	6,30	23,9
23	N3-A	6,59	23,9	N4-A	6,44	23,3
24	N3-A	6,20	24,2	N4-A	6,35	23,2
25	N3-A			N4-A	6,31	23,8
26	N3-A			N4-A	6,30	24,8

En esta especie unos de los parámetros más importantes es la temperatura y sobre todo en la fase larval ya que ellos no regulan la temperatura corporal, es decir son poiquiloterms, y al recibir cambios bruscos de temperaturas puede afectar directamente a los porcentajes de supervivencia. Por esta razón mantuvimos un control de temperatura durante todo el ciclo.

3.2 Mediciones de larvas

Obtuvimos un desove total de 510.000 huevos, de los cuales 212.500 fueron viables, es decir hubo una fertilización de 41.7% iniciamos midiendo los huevos y estos fueron los resultados

Tabla 4 . Mediciones de huevos

#	Ø TOTAL	ØGOTA LIPÍDICA
1	1,085	0,240
2	1,040	0,268
3	1,062	0,253
4	1,086	0,265
5	1,108	0,274
6	1,082	0,269
7	1,096	0,260
8	1,081	0,270
9	1,082	0,260
10	1,086	0,262

Una vez eclosionados los huevos realizamos mediciones de las larvas cada tres días desde el día (2DPE) de la siembra hasta los 12 primeros días.

Teniendo los siguientes datos de crecimiento.

3.3 Costos

Este proyecto promueve la investigación del cultivo comercial de *Seriola rivoliana* lo cual impulsa la diversificación acuícola en nuestro país. Para la ejecución de este proyecto se utilizó el presupuesto de 9 mil dólares, cuyo desglose comprende los siguientes ítems:

Tabla 5 .Costos del proyecto de cultivo de larvas de *Seriola rivoliana* con dos sistemas de flujo de agua durante 25 días.

Concepto	Cantidad	Unidad	Costo Unit	Costo Total
MATERIA PRIMA				
Nauplios	0,5	Millar	\$ 350,00	\$ 175,00
Artemia	1	Kg	\$ 6,50	\$ 6,50
Probiótico	18	Lt	\$ 30,00	\$ 540,00
Balanceado	1		\$ 25,00	\$ 25,00
Total, Materia Prima				\$ 746,50
MATERIALES Y EQUIPOS				
Tanques 1TM	3	Unidad	\$ 850,00	\$2.550,00
Bombas	1	Unidad	\$ 425,00	\$ 425,00
Microscopio	1	Unidad	\$ 700,00	\$ 700,00
Material de Laboratorio	1	Global	\$1.000,00	\$1.000,00
Envases y embalajes	3	Unidad	\$ 15,00	\$ 45,00
Otros equipos (propiedad CENAIM)	1	Global	<u>\$3.000,00</u>	<u>\$3.000,00</u>
Total, Propiedad, planta y equipo				\$7.720,00
COSTOS FIJOS				
Gastos Administrativos	1	Global	\$ 250,00	\$ 250,00
Servicios públicos (electricidad, agua)	1	Global	\$ 350,00	\$ 350,00
Material de oficina	1	Global	\$ 75,00	\$ 75,00
Logística y transporte	1	Global	\$ 100,00	\$ 100,00
Otros costos fijos	1	Global	<u>\$ 50,00</u>	<u>\$ 50,00</u>
Total, costos fijos				\$ 825,00

Es importante resaltar que el 75% del valor total del proyecto está enmarcado en equipos que pueden ser usados para proyectos afines futuros, lo cual nos genera un mejor payback del proyecto.

3.4 Sistema de transferencia pasiva

Al realizar la evaluación de este sistema se tuvo como resultado que la calidad de agua no era la óptima para este tipo de cultivo con estas condiciones, debido a que no había remoción de elementos no deseados como alimento no consumido, heces y estos llegaron a niveles tóxicos que afectó directamente a los porcentajes de supervivencia (Figura 4 y 5) se presentaron problemas de turbidez e ingreso de protozoarios teniendo como resultado de ambas replicas (N1 y N2) 0% de supervivencia.

3.5 Sistema de flujo continuo

Con el sistema no hubo problema de turbidez, mediante la observación diaria comprobamos que no se ensuciaba el fondo de los tanques, se renueva diariamente la dosis de alimento vivo porque constantemente salía del sistema, teniendo como resultado una buena calidad de agua.

De este modo al día 14, se realizó una transferencia parcial para dividir la población de peces en dos tanques y bajar la densidad de cultivo ya que una alta densidad genera problemas de canibalismo y deteriora la calidad del agua, con este sistema reportamos un porcentaje de supervivencia del 1.8%.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En la ejecución del sistema estático con transferencias parcial comprobamos que la calidad de agua no era la óptima para nuestro cultivo afectando directamente la población y el ensayo llego solo al día 5DPE con 100% de mortalidad Por el contrario, con el sistema de flujo continuo no hubo problemas de turbidez, mediante la observación diaria comprobamos que no se ensuciaba el fondo de los tanques, se renueva diariamente la dosis de alimento vivo porque constantemente salía del sistema, teniendo como resultado una buena calidad de agua. De este modo al día 14, hicimos una transferencia parcial para dividir la población de peces en dos tanques y bajar la densidad de cultivo ya que una alta densidad genera problemas de canibalismo y deteriora la calidad de agua. Alcanzamos a incrementar los porcentajes de supervivencia.

4.2 Recomendaciones

El desarrollo de este proyecto y los resultados alcanzados nos permite visualizar la oportunidad potencializar el desarrollo de este cultivo y se recomienda continuar con experimentaciones futuras para seguir incrementando la supervivencia. Dado que actualmente hay interés de otras compañías de incentivar el cultivo de esta especie. Y que la optimización de este protocolo de manejo pueda ser aplicado en esta u otras especies de peces marinos y en otros centros de cultivo, no solo en CENAIM que actualmente es el único centro ecuatoriano que produce esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

- Benetti, D. (26 de Marzo de 2018). *Global Seafood Alliance*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/la-tecnologia-de-criadero-de-peces-marinos-tropicales-y-subtropicales-necesita-mejoras/>
- Blacio-Game, E., & Alvarez-Novoa, R. (Julio de 2002). *Diversificación: propuesta de selección de peces y moluscos con potencial de cultivo*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8763>
- David-Ruales, C., Machado-Fracalossi, D., & Vásquez-Torres, W. (13 de Agosto de 2018). *Desarrollo temprano en larvas de peces, clave para el inicio de la alimentación exógena*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/695/69559148018/movil/>
- Escárcega-Rodríguez, S. (2020). ¿Cultivo de peces marinos? Hablemos de larvicultura en estanques. *Revista Digital Universitaria*, 1-10. Obtenido de https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v21_n2_a3.pdf
- Froese, R. y D. Pauly. (2010) Fish Base. Recuperado de www.fishbase.org 20 de noviembre de 2022
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (18 de Junio de 2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma*. Obtenido de https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm

Prieto, M., & Antencio, V. (Agosto de 2008). *MVZ Cordoba*. Obtenido de www.researchgate.net/publication/44813398_Zooplancton_en_la_larvicultura_de_peces_neotropicales

Prieto-Guevara, M. (2006). Alimento vivo y su importancia en acuicultura. *Electrónica de Ingeniería en producción acuicola*, 1-3. Obtenido de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1597>

Schwartz, M., & Campodónico, S. (2019). Primera descripción del desarrollo larvario temprano de la vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*). *Ciencias marinas y pesqueras*, 1-4.

Sinche-Chele, F., Vera-Vera, V., & Blacio-Game, E. (2005). *Dspace ESPOL*. Obtenido de www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1752/1/3423.pdf