

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Determinación de parámetro de eficiencia de un sistema de electro-cloración de agua de mar para la desinfección de sistema de cultivo comercial de larvas de camarón *Penaeus vannamei*

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Acuicultura

Presentado por:

Kevin Israel Borbor Ponce

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Escuela Superior Politécnica del Litoral

College of Maritime Engineering and Sea Science

Determination of the efficiency parameter of a seawater electro-chlorination system for the disinfection of a comercial culture system for *Penaeus vannamei* shrimp larvae.

Capstone course

Prior to receiving the degree of:

Aquaculture Engineer

Presented by:

Kevin Israel Borbor Ponce

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Primero a DIOS por ser mi motor y fuerza en momentos de prueba dándome la sabiduría y el conocimiento para tomar el camino correcto y no desmayar en la lucha antes las circunstancia que se han presentado durante todo mi camino estudiantil.

A mis padres Edinson Miguel Borbor Muñoz y Graciela Sylvania Ponce Pisco, y a mis hermanos por ser mi apoyo, sustento y brindarme consejos, alegría y amor.

A mis amigos de la universidad por su amistad y alegrías en toda la carrera estudiantil.

A la ESPOL por darme el conocimiento y la experiencia que uno debe de tener para salir adelante en la vida laboral y por siempre formar profesionales de excelencia académica.

Kevin Israel Borbor Ponce

Agradecimientos

Mi agradecimiento va a todos los docentes de la Espol ,quienes fueron el pilar para formar profesionales de excelencia por medio de los conocimientos que nos impartes en los distintos semestres que consta la carrera, además de la paciencia, dedicación y amor que tienen por impartir las distintas materias. Especialmente a mi tutor PhD. Stanilaus Sonnenholzner ,PhD. Jerry Landívar; al personal de la empresa texcumar y al gerente comercial Blgo. Fabian Escobar por prestar las instalaciones para poder realizar el siguiente estudio.

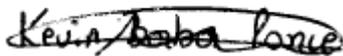
Declaración Expresa

Yo Kevin Israel Borbor Ponce acuerdo y reconozco que la titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, información no divulgada y cualquier otro derecho o tipo de Propiedad Intelectual que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, incluyendo cualquier derecho de participación de beneficios o de valor sobre titularidad de derechos, pertenecerán de forma total, perpetua, exclusiva e indivisible a LA ESPOL, sin limitación de ningún tipo. Se deja además expresa constancia de que lo aquí establecido constituye un “previo acuerdo”, así como de ser posible bajo la normativa vigente de transferencia o cesión a favor de la ESPOL de todo derecho o porcentaje de titularidad que pueda existir.

Sin perjuicio de lo anterior los alumnos firmantes de la presente declaración reciben en este acto una licencia de uso gratuita e intransferible de plazo indefinido para el uso no comercial de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, sin perjuicio de lo cual deberán contar con una autorización previa expresa de la ESPOL para difundir públicamente el contenido de la investigación, desarrollo tecnológico o invención.

Así también autorizamos expresamente a que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra o invento, por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.

Guayaquil, 20 de septiembre del 2023.



Kevin Israel
Borbor Ponce

Evaluadores



PhD. Jerry Landívar

Profesor de Materia

PhD. Stanislaus Sonnenholzner

Tutor de proyecto

Resumen

El camarón se ha consolidado como el primer producto no petrolero que genero mayor ganancia para el Ecuador después del banano, sin embargo, la presencia de organismos de origen bacteriano y viral provoca grandes pérdidas para la industria camaronera principalmente en los laboratorios de larvicultura en donde los camarones en estado de nauplio a post larvas son más susceptibles a ser atacado por estos agentes patógenos. Es debido a esto que se utilizan productos químicos como el Cloro, radiación UV, entre otros para desinfectar suministros de agua, tanque, reservorio y así evitar la presencia de estos organismos oportunistas, sin embargo, estos productos pueden ser muy corrosivo y perjudicial para el personal que lo manipula y suministra, además se requiere grandes cantidades de volumen para la producción de organismos vivos, lo que a su vez ocasiona gran cantidad de gasto tanto en compra como en transporte. Por esta razón se están comenzando a implementar en los laboratorios la utilización de electro-cloración, sin embargo, no se ha probado en organismo vivos. En consecuencia el objetivo principal de este estudio es utilizar este sistema que produce hipoclorito de sodio in situ y evaluar su efectividad en la desinfección de bacterias patógenas dentro de un cultivo comercial de larvas de *Penaeus vannamei*, permanencia del cloro residual en los tanque y la toxicidad en microalgas del género *Tetraselmis Chuii*. En este estudio se determinó que el cloro residual producido por electro-cloración efectivamente baja las cargas bacteriana tanto en tejidos de post-larvas Pl 5 como en el tanque de producción, sin embargo afectaron el crecimiento en las microalgas a concentraciones de 1 a 2 ppm. Con respecto a cloro residual que se queda luego de la reacción debido a la desinfección al cabo de ocho horas fue de cero y no se observó alteración con respecto al pH.

Palabras Clave: Cloro residual, desinfectante, bacteriostático, post-larvas, concentración.

Abstract

*Shrimp has established itself as the first non-oil product that generated the greatest profit for Ecuador after bananas, however, the presence of organisms of bacterial and viral origin causes great losses for the shrimp industry, mainly in the larviculture laboratories where the Shrimp in the nauplius to post-larvae stage are more susceptible to being attacked by these pathogens. It is because of this that chemicals such as Chlorine, UV radiation, among others, are used to disinfect water supplies, tanks, reservoirs and thus avoid the presence of these opportunistic organisms. However, these products can be very corrosive and harmful to the environment. personnel that manipulate and supply it, in addition, large quantities of volume are required for the production of living organisms, which in turn causes a large amount of expense in both purchase and transportation. For this reason, the use of electro-chlorination is beginning to be implemented in laboratories; however, it has not been tested in living organisms. Consequently, the main objective of this study is to use this system that produces sodium hypochlorite in situ and evaluate its effectiveness in the disinfection of pathogenic bacteria within a commercial culture of *Penaeus vannamei* larvae, the permanence of residual chlorine in the tanks and the toxicity. in microalgae of the genus *Tetraselmis Chuii*. In this study it was determined that the residual chlorine produced by electro-chlorination effectively lowers the bacterial loads both in post-larvae Pl 5 tissues and in the production tank, however it affected the growth in the microalgae at concentrations of 1 to 2 ppm. Regarding residual chlorine that remains after the reaction due to disinfection, after eight hours it was zero and no alteration was observed with respect to pH.*

Keywords: Residual chlorine, disinfectant, bacteriostatic, post-larvae, concentration.

Índice general

Evaluadores	VI
Resumen	VII
Abstract	IX
Índice general	X
Abreviaturas	XII
Simbología	XIII
Índice de figuras	XIV
Índice de tablas	XIV
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Justificación del problema	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Marco teórico	4
Capítulo 2	10
2. Metodología	10
2.1 Prueba para determinación del cloro residual y pH en piscina de producción con diferentes concentraciones de cloro	10
2.2 Evaluación del cloro en tanque de producción de 20 toneladas con postlarvas PL 5 <i>Penaeus Vannamei</i>	11
2.3 Evaluación de toxicidad del hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones en microalgas del género <i>Tetraselmi chuii</i>	12
2.4 Evaluación de Cloro producido por la electro-cloración en tejido de post-larva PL 5....	14

Capítulo 3	15
3 Resultados y análisis	15
3.1 Resultado de parámetro operativo del equipo.....	15
3.2 Resultado del efecto del cloro de la electro-cloración sobre bacterias patógenas en un tanque de post-larvas	15
3.3 : Resultado de la aplicación de Cloro en tanque de producción y análisis de cloro residual y pH.....	16
3.4 : Resultado de la evaluación del cloro sobre cepas de microalgas <i>Tetraselmis Chuii</i>	19
3.5 Resultado del efecto del cloro de la electro-cloración sobre bacterias patógenas en tejido de postlarvas PL5.....	20
Capítulo 4	21
4 Conclusiones y recomendaciones.....	21
4.1 Conclusiones	21
4.2 Recomendaciones.....	22
Bibliografía.....	23
Anexos.....	24

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

OD Oxígeno disuelto

TCBS Agar Tiosulfato-Citrato-Bilis-Sacarosa

T1 Tratamiento 1

T2 Tratamiento 2

C Control

Simbología

ppm	Partes por millón
g	Gramo
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
L	Litro
mV	Milivoltio
° C	Grados centígrados
UFC	Unidad formadoras de colonias
HClO	Ácido hipocloroso

Índice de figuras

Fig. 3 1 :Efecto del cloro residual libre sobre bacterias en tanques de producción de post-larvas PL5.Fuente:Autor	16
Fig. 3 2 :Reacción del cloro residual libre a diferentes concentraciones en un tanque de producción post-larva Pl 5.....	17
Fig. 3 3 :Variabilidad del pH en el transcurso de 6 horas.Fuente:Autor	18
Fig. 3 4 Efecto del cloro residual sobre Tetraselmi chuii.Fuente:Autor	19
Fig. 3 5 :Efecto del cloro residual libre sobre bacterias en el tejido de post-larvas PL5.Fuente:Autor.....	20

Índice de tablas

Tabla 1:Desinfectantes utilizados en acuicultura	5
--	---

Capítulo 1

1.1 Introducción

El camarón se ha consolidado como el primer producto no petrolero que generó mayores ganancias para Ecuador por detrás del banano, además que genera un gran número de empleos de forma directa y indirecta (Banco del Ecuador ;2020). Por otro lado, uno de los mayores factores en generar grandes pérdidas económicas en el sector camaronero es la presencia de enfermedades de origen bacteriano y viral (Flegel.T.W.;2006).

Los camarones que se encuentran en estado de nauplios son más susceptibles a ser atacados por agentes patógenos a diferencia de los que se encuentran en fases posteriores, lo que ocasiona grandes tasas de mortalidad dentro de los laboratorios, además estos también se pueden ver afectados por factores medioambientales especialmente lo que proviene de la comunidad microbiana del agua e intestino. Una microbiota sana garantiza un estado de salud óptimo ya que no permite la colonización de microorganismos patógenos que conlleve a una alteración de la inmunidad provocando una mayor susceptibilidad a las enfermedades. (Duan, Y., Tang, Y., Huang, J. et al;2020).

Existen gran cantidad de desinfectantes en el mercado muy utilizados en acuicultura que van desde el yodo al cloro que ayudan a desinfectar al agua antes de introducirlos a los tanques de cultivo permitiendo controlar y prevenir enfermedades en los criaderos de los laboratorios, sin embargo existe posible efecto negativos al utilizar estos productos ya que no solo matan los organismos patógenos subyacente sino que puede alterar el equilibrio de la microbiota del agua ,siendo esta fundamental en el mantenimiento del equilibrio del ecosistema acuícola. (Hou et al., 2017).

La industria acuícola está en constante desarrollo especialmente el sector camaronero lo que genera grandes volúmenes de producción de biomasa lo que conlleva a su vez a tener que utilizar gran

cantidad de productos (Cloro, lejía, yodo, soluciones de formaldehído, etc) que permitan la correcta desinfección y esterilización de los materiales e instrumentos especialmente en los criaderos de camarones, evitando la propagación de enfermedades que afecten a la producción. Por tal razón el sector camaronero debe estar constantemente al tanto de las nuevas innovaciones tecnológicas que garantice a lograr los mejores resultados con productos de calidad, por eso una de las nuevas tecnologías que están implementando es la electro-cloración que permite generar hipoclorito de sodio in situ, por medio de la utilización del agua de mar como materia prima. Sin embargo, este equipo debe ser confeccionado a los parámetros operacionales de la empresa, para así permitir una mayor eficiencia del equipo. Por lo cual la finalidad de este proyecto es determinar la efectividad de un sistema de electro-cloración que permitan la correcta desinfección de un sistema de cultivo de larvas de camarón *Penaeus vannamei*.

1.2 Descripción del problema

La infraestructura de cultivo de organismos acuáticos está constituida por complejos sistemas de distribución de agua (reservorios, tanque, tuberías, válvula, y otros elementos), los mismos que deben ser desinfectados rutinariamente para eliminar patógenos (bacterias, virus, hongos, parásitos) que pueden afectar la salud de los organismos de cultivo. Existen varios productos desinfectantes en el mercado que se utilizan para este propósito como por ejemplo cloro en sus diferentes presentaciones (hipoclorito de calcio, dióxido de cloro, etc), amonio cuaternario, ozono, radiación UV, entre otros. Las tuberías por lo general son propensas a la formación de bio-películas de bacterias (patógenas), de difícil eliminación y desinfección por métodos tradicionales. Por otra parte, grandes operaciones de producción acuícolas demandan grandes volúmenes de estos químicos lo que implica costos de transporte, necesidad de almacenajes, riesgo de derrame y riesgo a la salud humana durante la manipulación y aplicación de estos oxidantes en los múltiples

componentes del sistema de cultivo. La industria camaronera del Ecuador se ha caracterizado por la implementación de nuevas tecnologías, y entre estas, actualmente se están adoptando sistemas de electro-cloración, para producir ácido hipocloroso in situ, y aplicarlo directamente en tuberías. Esta tecnología debe ser confeccionada sin embargo a las diferentes condiciones operativas de cada empresa (flujo de agua en la tubería, calidad de agua, entre otros factores), para definir los parámetros operativos del equipo que logre mejor rendimiento y eficacia de desinfección en los sistemas de almacenamiento y distribución de agua.

1.3 Justificación del problema

En la industria acuícola, es de vital importancia que las empresas realicen un continuo análisis de calidad de agua y principalmente la esterilización y desinfección de los equipos e instrumento para producción de un cultivo de larvas de camarón, que me permita estar libre de agente patógenos y así tener una producción sana y estable en su diferente ciclo.

Se conoce que las mortalidades que se presentan en los laboratorios son mayoritariamente debido a agentes patógenos lo que ocasiona grandes pérdidas económicas al productor, lo que obliga a que se busquen alternativas que me permitan eliminar estos organismos oportunistas sin llegar afectar al cultivo de producción y que estén en condiciones propicias para su óptimo desarrollo y supervivencia que implique mayor rentabilidad costo-beneficio.

Por lo cual el objetivo de la siguiente investigación es que la persona que busque utilizar un instrumento de electro cloración sepa que este equipo debe de ser confeccionado a las condiciones de su laboratorio, permitiendo establecer un protocolo de uso, debido a que existe escasez de información sobre el uso de hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones en organismos vivos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la efectividad de un sistema de electro-cloración en la desinfección de un sistema de cultivo de larvas de camarón *Penaeus vannamei*.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto del cloro de la electro-cloración sobre bacterias patógenas en un tanque de post-larvas.
- Analizar mediante pruebas de concentración de cloro residual la efectividad de desinfección del agua de mar por medio del sistema de electro cloración.
- Determinar la toxicidad del cloro de la electro-cloración a diferentes concentraciones en microalgas del género *Tetraselmis chuii*.
- Determinar la concentración bacteriológica en post-larvas de *Penaeus vannamei* tratada con cloro de la electro-cloración.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Desinfectantes utilizados en la acuicultura

El uso de antiséptico en acuicultura se considera como un bactericida de amplio rango que además de ser de acción rápida, económica y fácil de usar, cumple con el objetivo necesario de prevenir y tratar enfermedades bacterianas. Pero, hay escasos informes sobre el uso de antiséptico para la prevención de enfermedades específicas. (Zou, P., Yang, Q., Wang, H. Et al.; 2020).

“Existe una gran variedad de desinfectantes utilizados actualmente en la acuicultura. Los desinfectantes más utilizados son agentes oxidantes, halógenos (por ejemplo, cloro, bromo y

yodo),agentes alquilantes (por ejemplo ,alcoholes,aldehídos y compuestos fenólicos),compuestos de amonio cuaternario y guanidinas,etc.”(Torgersen y Hastein,1995;OIE,2019a).

La eficacia de cada uno estos productos químico dependerá de la concentración y el tiempo de contacto ,aunque la mayoría a una dosis estándar elimina muchos organismos patógenos.

1.5.2 Cloro como desinfectante

El cloro es muy eficaz contra organismos patógenos como bacterias ,virus ,parásitos y hongos comunes .Además varios de sus subproductos están registrados en la EPA para el uso en acuicultura como agente alguicida y piscicidas.Las presentaciones como compuestos inorgánicos del cloro son el hipoclorito sódico (forma líquida) y el hipoclorito cálcico (en polvo HTH).Los compuesto de cloro son muy corrosivo para metales y muy nocivo para la piel y mucosa. Además su eficiencia está ligada al pH (6-8) ya que su efecto oxidante se le atribuye al producto acido hipocloroso (HOCL).A concentraciones muy bajas puede matar organismo acuático por lo que se debe de tener mucho cuidado con derrame ,exposiciones a equipos o materiales como tanque ya que se corre un riesgo potencial .Se inactiva con tiosulfato sódico ,en proporciones de 7 mg de tiosulfato sódico por 1 mg de cloro .Se deben de realizar análisis de cloro por medio de kit ,para asegure de que no queden residuos. (Roy P. E. Yanong and Claire Erlacher-Reid;2012)

Tabla 1:Desinfectantes utilizados en acuicultura

<i>Desinfectante comúnmente utilizado en acuicultura</i>					
Desinfectante	Producto Químico	Dosis o dilución	Tiempo de contacto	Actividad Especifica	Comentarios
Cloro	Hipoclorito de sodio (liquido)	200 a 500 mg/l de cloro disponible	*10 a 60 minutos para	B	*Enguaje bien el equipo después de su uso y

Hipoclorito de calcio (Polvo,gránulos, pellet)	5000 a 10000 mg/ l de cloro disponible	desinfección general. *Concentraciones más altas y tiempo más prolongado puede ser necesario para patógenos específicos.	EV NEV F +/- M +/- S	neutralizar con tiosulfato de sodio (7 mg para 1 mg de cloro).Asegurese que no exista cloro residual por medio de prueba de test. *Irrita las membranas mucosas ,la piel y los ojos a altas concentraciones ;por lo cual es aconsejable utilizar guantes, mascarilla y protección ocular . Utilizar con precaución para evitar matar animales dentro del cultivo o adyacente en sala mal ventilada.
		*De 10 a 30 minutos para eliminar tipo resistente de micobacterias y esporas .		
		*Al limpiar tanques desinfectar durante 24 horas, neutralizar ,enjuagar y dejar secar .		

*Corrosivo para metales y puede dañar selladores de silicona.

*Funciona mejor con pH de 6 a 8 .el pH alcalino inhibe la cloración.

*Puede conservarse en un mes en botella opacas y si se usa con moderación .Si se abre y se cierra la botella constantemente en el mismo transcurso puede reducirse su concentración a la mitad.

B=bacteria,EV=virus envueltos,NEV= virus no envuelto,F=agentes fúngicos/micóticos,M=organismos micobacterianos,S=esporas,+/- indica resultados variables documentados en la literatura.

Nota :Datos tomado de Biosecurity in Aquiculture ,part 1:An Overiew (2012)

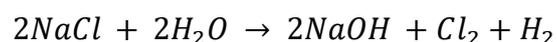
1.5.3 Cloro y sus formas

El cloro puede expresarse como cloro libre (generalmente es el ácido hipocloroso (HOCl) y los iones hipoclorito (OCl⁻), cloro combinado (siendo la concentración utilizada en el medio) y cloro total que es suma de cloro libre y combinado. El Cloro libre que se encuentre en el medio puede afectar a organismo, por lo cual es necesario removerlo antes de utilizar el agua. También existe el compuesto de cloroaminas que es la combinación de cloro y el amonio, siendo estas menos oxidativas que el cloro pero que cuenta con un efecto residual que le permite la desinfección de microbios, bacterias y potenciales patógenos. Además en dosis mínimas, puede ser fatal para peces e invertebrados (0.1-0.3 ppm) (Hanna instruments; 2019)

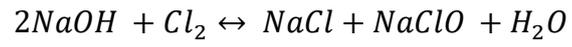
1.5.4 electro cloración

La electro cloración consiste en producir hipoclorito de sodio por medio de corriente eléctrica utilizando como materia prima el agua de mar. El hipoclorito de sodio es un agente oxidante que se produce in situ por medio del sistema utilizando el proceso de electrólisis además de producir otros reactivos como sales insolubles como carbonato de calcio e hidróxido de magnesio en los cátodos. Estos reactivos producidos debido a la electrólisis deben de ser eliminados del sistema debido a que pueden reducir la longevidad de los cátodos y por consiguiente la efectividad de la electro-cloración. Por otra parte, la eficiencia de la electro cloración dependerá de los parámetros de operación de la institución estos son (densidad de corriente, caudal, intervalo de polaridad y duración, material del electrodo, etc) (Haruna, Ojonimi Samuel, and Ivar Balk; 2023)

Las reacciones que ocurren dentro de las celdas del sistema de electro-cloración son las siguientes:



Luego ocurre que el cloro gaseoso producido reacciona con el Hidróxido de sodio instantáneamente, resultando en la formación del Hipoclorito de sodio.



Por lo general la solución generada en estos sistemas tiene valores de pH que oscilan entre 8,5 y 9,5 con una concentración de cloro residual de 6000 a 7000 ppm .(clorep;2019)

Capítulo 2

2. Metodología.

El estudio se lo realizó en las instalaciones del laboratorio de fitoplancton y microbiología de la empresa texcumar S.A, ubicado en el Km. 5.5 vía San Pablo en el cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena. Las muestras utilizadas para el estudio provienen de piscina de producción de cultivos de larvas de camarón blanco *Penaeus vannamei*. Se realizaron los diferentes análisis de parámetro físico (OD, Temperatura, salinidad, pH, etc) y microbiológicos.

2.1 Prueba para determinación del cloro residual y pH en piscina de producción con diferentes concentraciones de cloro

La unidad experimental estuvo compuesta por 9 tanques de 20000 L de producción (Figura 1) con ningún tipo de recambio de agua para evitar la manipulación de parámetros.

El diseño experimental estuvo compuesto por 2 tratamientos con 2 replicas cada uno. El tratamiento control (Concentración inicial del agua de producción sin aplicación del producto) y 2 tratamiento con cloro residual de 1 y 2 ppm. (Figura 1)

Aplicado el producto se procedió a medir el cloro libre en diferente tiempo (1 min ,15 min ,30 min y 6 horas) con ayuda de instrumento (Hanna HI701 $\pm 0,01$) y el pH (Hanna HI98120 $\pm 0,01$), además se midieron parámetros como el Oxígeno Disuelto, salinidad, temperatura, etc .(YSI pro20i).

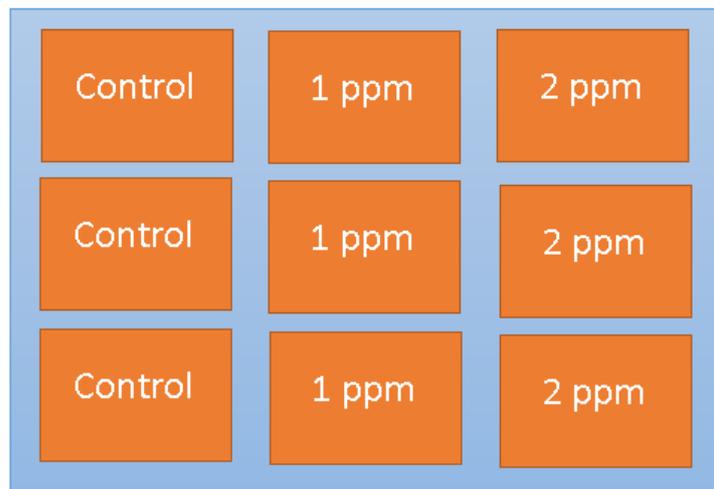


Fig. 2 1 Diseño experimental de tanque con cloro residual a diferentes concentraciones.

2.2 Evaluación del cloro en tanque de producción de 20 toneladas con postlarvas PL 5 *Penaeus Vannamei*

Se evaluó el efecto del cloro producido por electro-cloración tomando muestras de las piscinas de 20 toneladas de producción (Figura 1) con concentración de 1 y 2 mg/l con cultivo de larvas en estadio PL 5 y a densidades de 160 animales por litro. Se procedió a recoger 6 muestras que fueron llevadas al laboratorio de microbiología para su análisis.

Las muestras fueron colocadas en tubo de ensayo y luego se realizó diluciones hasta llegar a una concentración de 10^5 para posteriormente coger 100 μ l de muestra y sembrarlo en placas Petri con agar TCBS ,CHROMagar Vibrios,y CHROMagar Pseudomona.Las placas fueron incubadas a 30 °C durante 24 horas.

La actividad antimicrobiana del cloro se evaluó por 8 horas en los diferentes agares sembrados. Después de 24 horas el crecimiento microbiano se determinó por medio del conteo visual.



Fig. 2 Siembra de muestras de piscinas en placas Petri con diferentes agares, incubados y realización de conteo. Fuente :Autor

2.3 Evaluación de toxicidad del hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones en microalgas del género *Tetraselmi chuii*

En el laboratorio de fitoplancton de la empresa texcumar se realizaron ensayos de toxicidad donde se tomaron cepas de microalgas del género *Tetraselmi chuii* , de 7 días de experimentación., en su fase exponencial. Esto con el propósito de probar la toxicidad del cloro se realizaron los pasos de la Fig. 2.3.

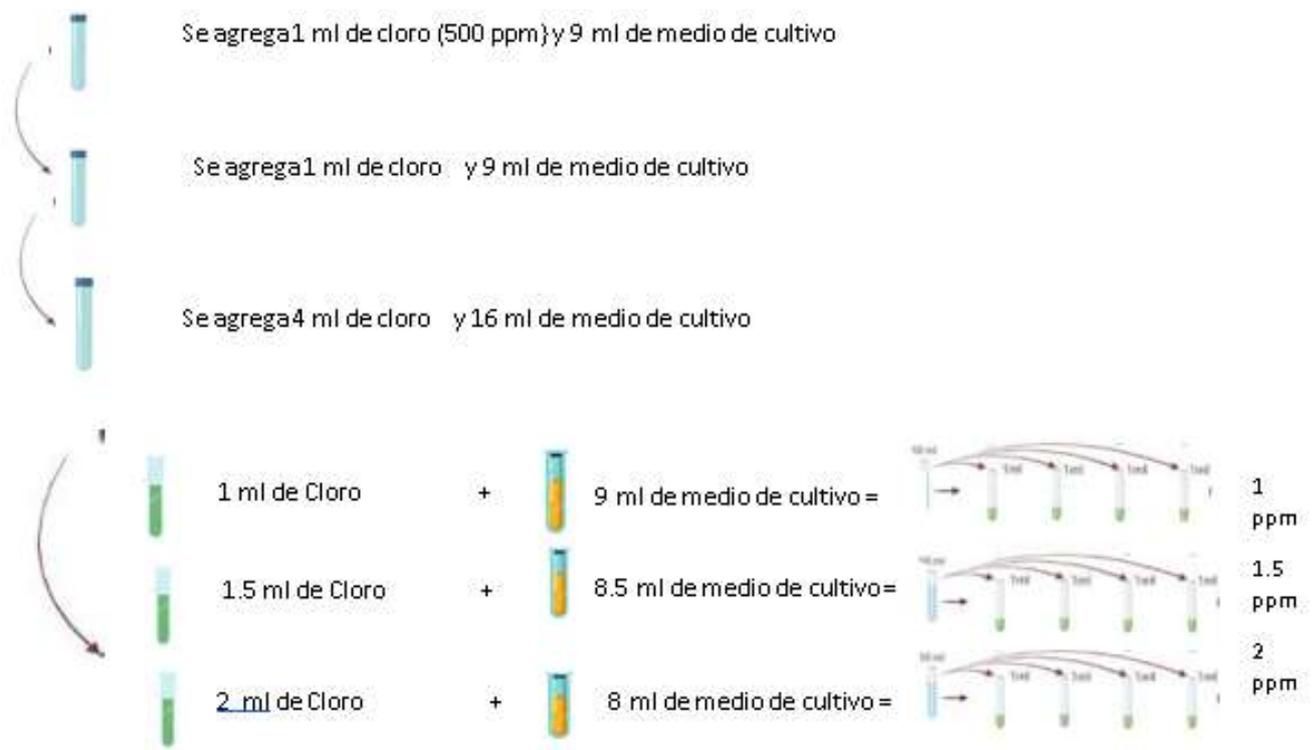


Fig. 2 3 Proceso para evaluar la toxicidad del cloro producido a diferentes concentraciones en microalgas.

Fig. 2.3 Proceso para evaluar la toxicidad del cloro a diferentes concentraciones en microalgas. Fuente Autor.

Para obtener las concentraciones (Ver tabla 2.1) a evaluar. Luego la dilución se agito por medio del equipo VORTEX MOXER, esto con el propósito de lograr una homogenización total. Las cepas de microalgas que se encuentran en los tubos de ensayo se deja en una gradilla, con luz blanca y a temperatura de 18-21 ° C .

Por último, se realizaron 2 conteos una después de una hora y otra a las 24 horas, con ayuda del microscopio Led compuesto binocular Omax 40 X-2000x y la cámara de Neubauer,.Se verifico la toxicidad de cloro en las microalgas a través del conteo de células en donde se analizó si la forma de su estructura se encuentra deteriorada.

Tabla 2. 1 :Concentraciones evaluadas sobre microalgas del género *Tetraselmi chuui*

Denominación	Concentración de cloro libre [mg/l]
C	0
T1	1
T2	1.5
T 3	2

2.4 Evaluación de Cloro producido por la electro-cloración en tejido de post-larva PL 5

Se recogieron muestras de post-larvas PL5 de los tanques tratados con cloro residual a concentraciones de 2 mg/ l para realizar macerados siguiendo los pasos de la Fig. 2.4

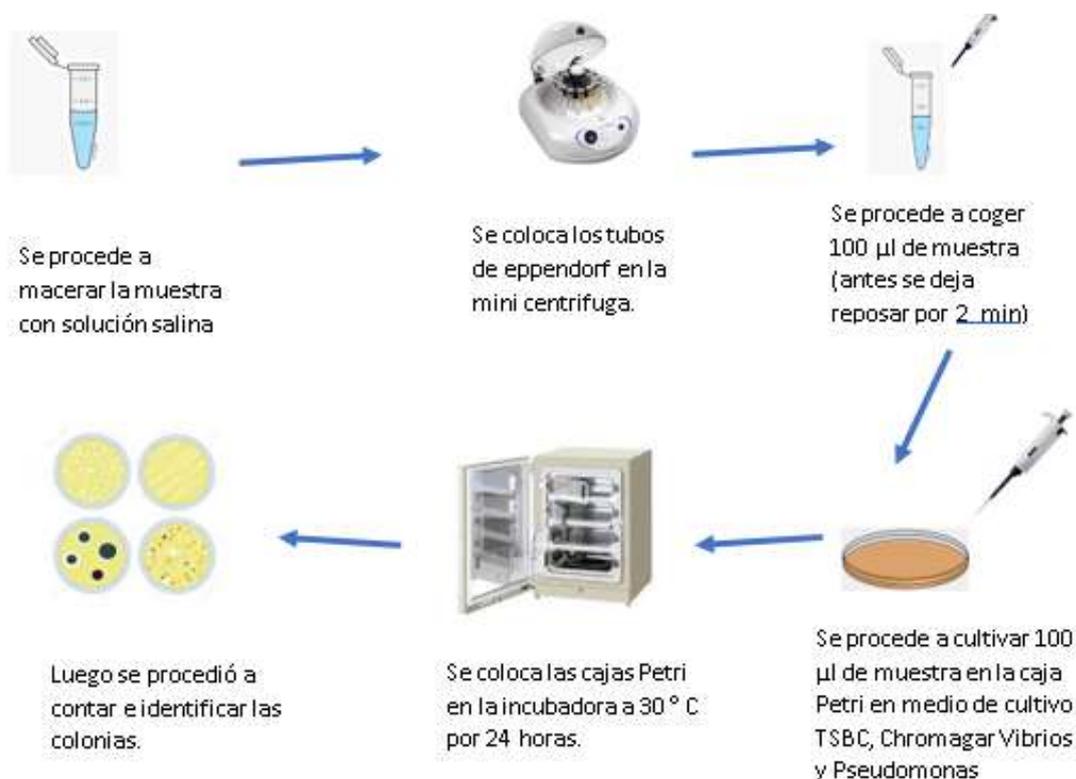


Fig. 2 4 : Proceso para evaluar el efecto del cloro en tejidos de post-larvas PL5. Autor: Kevin Borbor

Por último, se realizó dos conteos una inicial (sin tratamiento) y otro luego de 8 horas

Capítulo 3

3 Resultados y análisis

3.1 Resultado de parámetro operativo del equipo.

Tabla 3. 1 :*Parámetro operativo del equipo.*

Datos	
Concentración de NaClO del equipo de electro-cloración	500 ppm
ORP de la solución Producida	790 mV
pH	8,52
Producción por hora	1000 l/h
Consumo	3.07 /h

3.2 Resultado del efecto del cloro de la electro-cloración sobre bacterias patógenas en un tanque de post-larvas

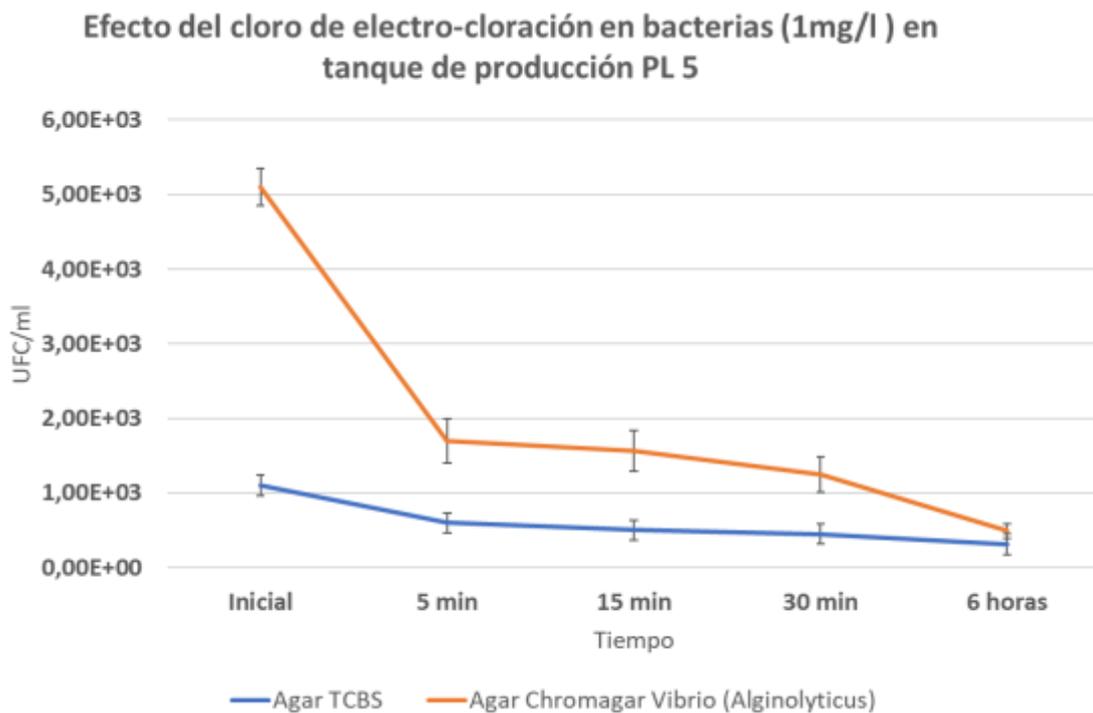


Fig. 3 1 :Efecto del cloro residual libre sobre bacterias en tanques de producción de post-larvas PL5.Fuente:Autor

Fig.3.2: Efecto del cloro sobre bacterias en tanque de producción post larva PL 5. Fuente: Kevin Borbor

El gráfico 3.1 muestra una reducción significativa en la carga bacteriana en vibrios Totales a una concentración de 1 ppm de cloro producido por electro cloración en un tiempo de 6 horas de aproximadamente 72 %, con respecto a *Vibrios* seleccionado (*Vibrio alginolyticus*) se observa una reducción del 95 % en el mismo periodo de tiempo, por lo cual el cloro producido por el sistema de electro cloración generó un efecto bacteriostático en las cargas bacteriana. Cabe destacar que a esta concentración las post-larvas de PL 5 no se vieron afectada.

3.3 : Resultado de la aplicación de Cloro en tanque de producción y análisis de cloro residual y pH.

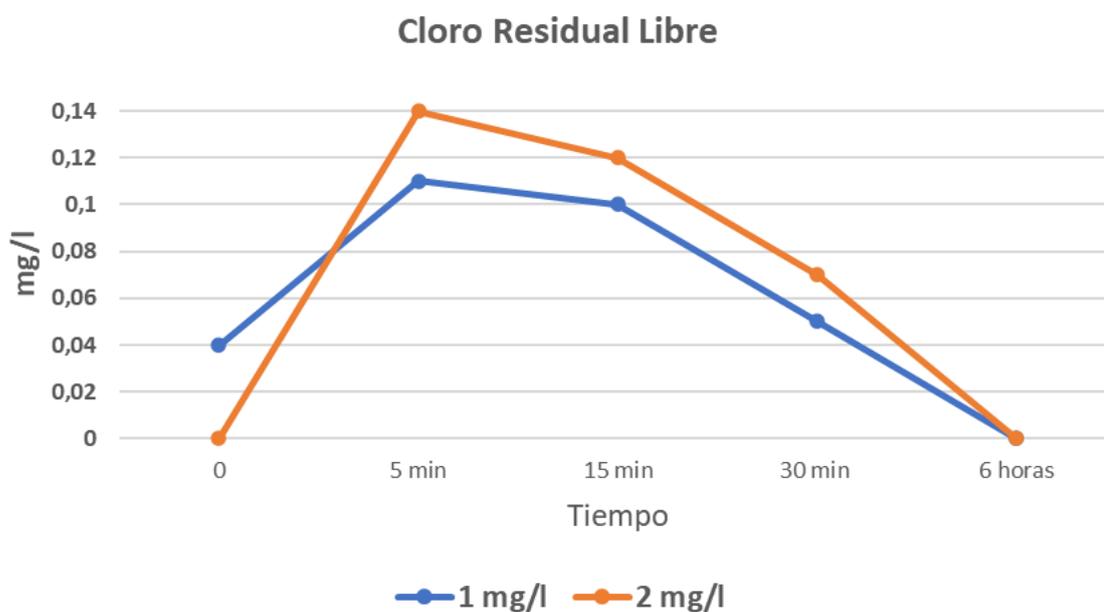


Fig. 3 2 :Reacción del cloro residual libre a diferentes concentraciones en un tanque de producción post-larva PI 5

El grafico 3.4. Muestra como el cloro reacciona de forma instantánea en un tanque de producción, pero al transcurso que pasa el tiempo pierde su poder desinfectante, significando que pierde su poder oxidante y al cabo de 6 horas se debe de agregar más cloro a mayor concentración para seguir con la desinfección.

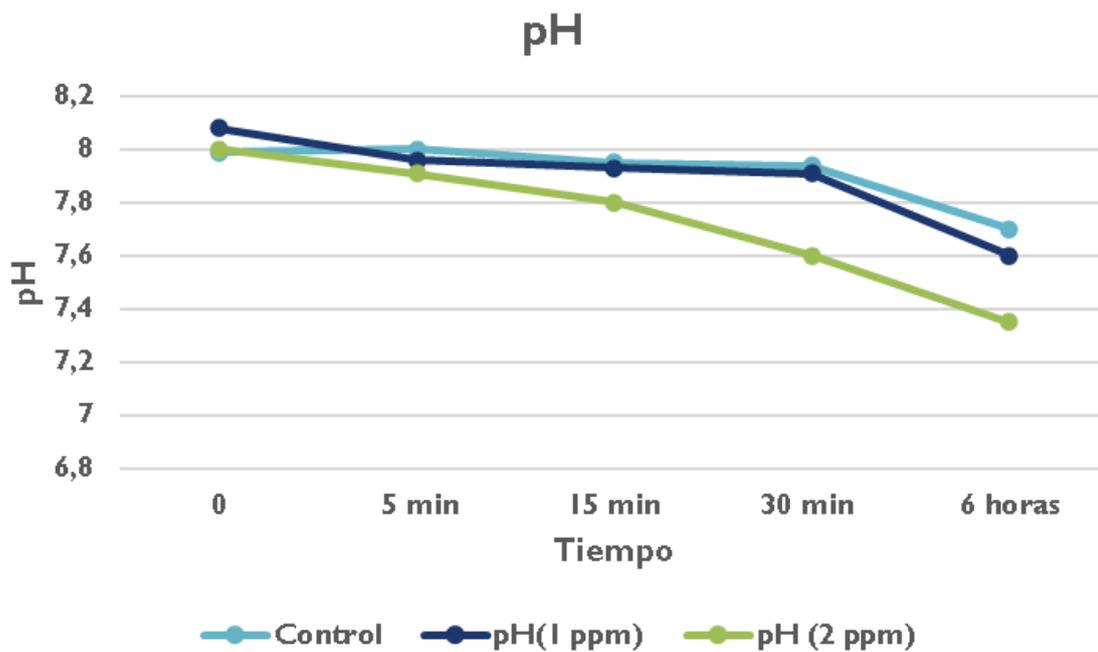


Fig. 3 3 :Variabilidad del pH en el transcurso de 6 horas.Fuente:Autor

En el grafico 3.3. muestra que el cloro afecta muy poco el pH, ya que este se mantiene estable en transcurso de las 6 horas a las concentraciones aplicada (1mg/l y 2 mg/l).

3.4 : Resultado de la evaluación del cloro sobre cepas de microalgas *Tetraselmis Chuii*.

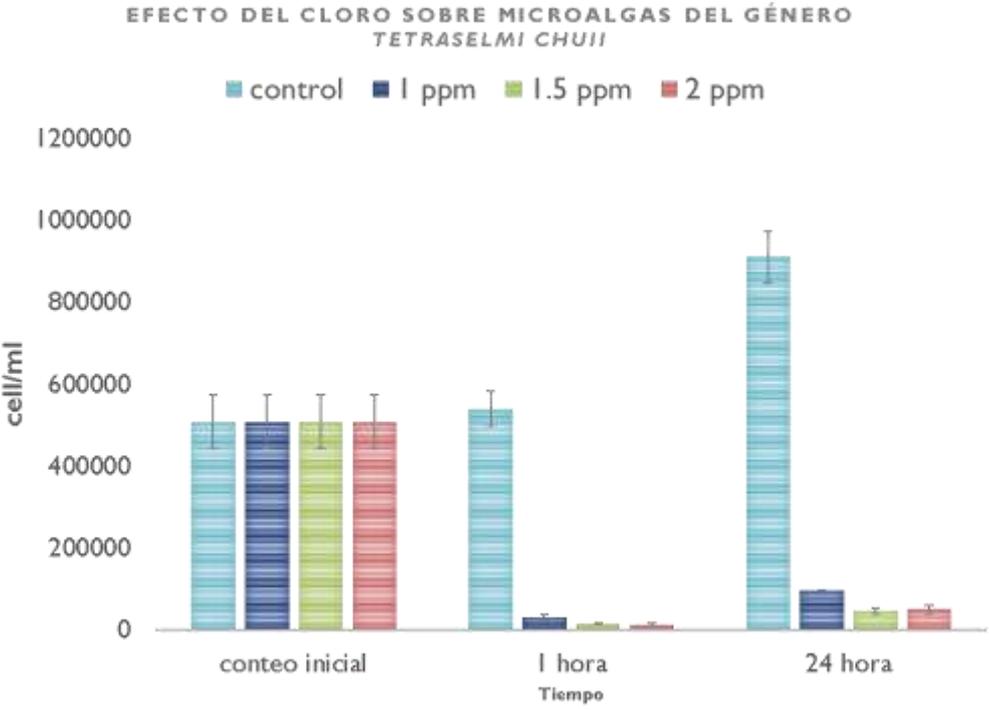


Fig. 3 4 Efecto del cloro residual sobre *Tetraselmi chuii*. Fuente: Autor

El gráfico 3.4 muestra que el cloro producido por electro-cloración actúa sobre la cepa de microalgas afectando la población drásticamente a concentraciones de 1 a 2 ppm, siendo a las 24 horas restablecido en menor medida el crecimiento.

3.5 Resultado del efecto del cloro de la electro-cloración sobre bacterias patógenas en tejido de postlarvas PL5

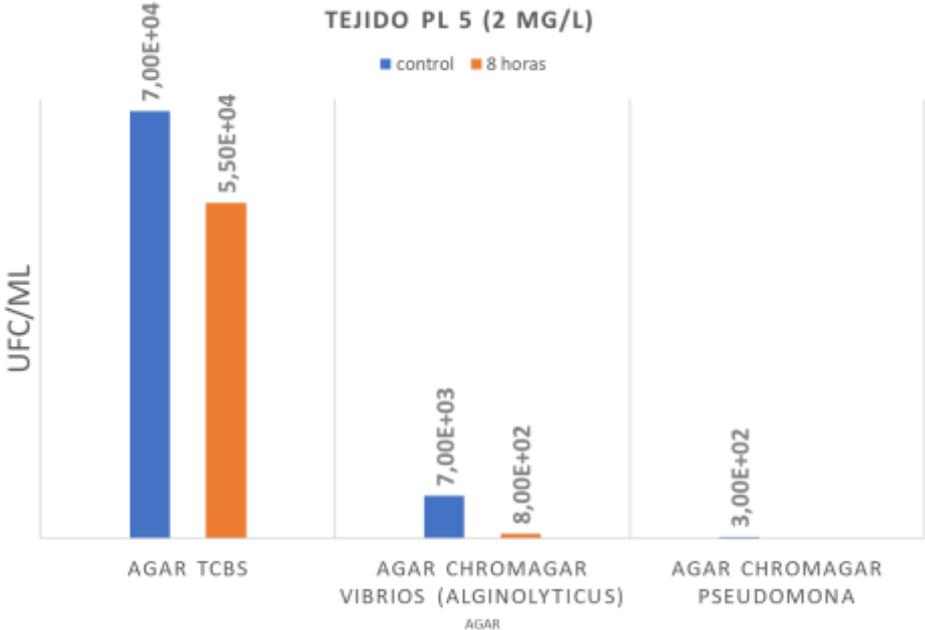


Fig. 3 5 :Efecto del cloro residual libre sobre bacterias en el tejido de post-larvas PL5.Fuente: Autor.

El grafico 3.5 muestra que a concentraciones de 2 mg /l de cloro libre este afecta a las bacterias, ya que se ve una reducción del 22 % en *Vibrios* totales en el transcurso de 8 horas, con respecto a vibrio seleccionado (*Vibrios alginoliticus*) se observa una reducción del 89 % y en *Pseudomonas* del 100 % en el mismo periodo de tiempo, demostrando el poder oxidante del cloro. Además las post-larvas a esta concentración (2mg/l) no se vieron afectadas.

Capítulo 4

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

-El Cloro producido por la electro-cloración testeado en un tanque de producción de 20 toneladas de producción con post-larva PL 5 no se vieron afectadas por las concentraciones aplicada.

-Se observo una reducción 72 % en *Vibrios* totales y 95 % *Vibrios alginolyticus* en tanque de post-larvas PL 5 tratada con cloro de electro-cloración.

-Las concentraciones de cloro aplicada a las concentraciones testeada reaccionaron al poco tiempo mostrando su poder desinfectante, pero al cabo de 6 hora no se encontró cloro libre por lo cual se debe de agregar más cloro como medida preventiva. Además, el pH no se vio afectado.

-Las concentraciones de cloro testeado en cepas de microalgas del género *Tetraselmis chunii* fueron perjudiciales ya que hubo mortalidad del 95 % al cabo de una hora, aunque a las 24 horas el crecimiento fue mínimo.

-En los tejidos de post-larvas PL5 se observaron reducción de carga bacteriana de 22 % en *Vibrios* totales ,89 % *Vibrios alginolyticus* y 100 % en *Pseudomonas*, por lo cual el producto es efectivo en desinfección.

-El equipo de electro-cloración produce 1000 litros /hora, además el costo de producir un litro de este producto es de \$ 0,27 cts. por lo cual es muy rentable.

4.2 Recomendaciones

- Se debe de seguir testeando el cloro producido por electro cloración debido a que solo se realizaron concentraciones de 1 ppm a 2 ppm siendo que el equipo produce a concentraciones de 500 ppm.
- El equipo de electro-cloración se le debe de realizar mantenimiento cada 6 meses.
- Si se almacena el producto, este debe de ser almacenado en recipientes cerrado y a la sobra para evitar pérdidas de concentración del cloro.
- Aunque el producto puede ser fácil de manipular y seguro para el personal se debe de evitar que entre en contacto directo con tanque de cultivo, debido a la concentración inicial que produce el equipo 500 ppm.
- Recordar que los equipos que se utilicen para medición deben de ser calibrado para evitar error en la lectura, además de ser limpiado luego de ser utilizados en los tanques de producción.

Bibliografía

- 1.- Banco Central del Ecuador, «Boletín de estadísticas del sector externo (IEM-311),» Banco Central del Ecuador, 2020.
- 2.- Flegel, T. W. (2006). Detection of major penaeid shrimp viruses in Asia, a historical perspective with emphasis on Thailand. *Aquaculture*, 258(1-4), 1- 33.
doi:[10.1016/j.aquaculture.2006.05.013](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.05.013)
- 3.- Duan, Y., Tang, Y., Huang, J. et al. Changes in the microbial community of *Litopenaeus vannamei* larvae and rearing water during different growth stages after disinfection treatment of hatchery water. *J Microbiol.* 58, 741–749 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12275-020-0053-0>
- 4.- Hou D, Huang Z, Zeng S, Liu J, Wei D, Deng X, Weng S, He Z and He J (2017) Environmental Factors Shape Water Microbial Community Structure and Function in Shrimp Cultural Enclosure Ecosystems. *Front. Microbiol.* 8:2359. doi: [10.3389/fmicb.2017.02359](https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02359)
- 5.- ou, P., Yang, Q., Wang, H. et al. In vitro disinfection efficacy and clinical protective effects of common disinfectants against acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND)-causing *Vibrio* isolates in Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*. *J Microbiol.* 58, 675–686 (2020).
<https://doi.org/10.1007/s12275-020-9537-1>
- 6.-Roy Yanong and Claire reid (2012,02,13) Biosecurity in Aquaculture ,part :1 An overview [Online] Disponible en : <http://fisheries.tamu.edu/files/2013/09/SRAC-Publication-No.-4707-Biosecurity-in-Aquaculture-Part-1-An-Overview.pdf>
- 7.-Hanna Instruments (2019,22,08) Efecto del cloro en acuarios y acuicultura. [Online] Disponible en : <https://hannacolombia.com/aqua/blog/item/el-efecto-del-cloro-en-acuarios-y-acuicultura>
- 8.- Haruna, Ojonimi Samuel, and Ivar Balk. "Proof of Longevity of a Self-Cleaning ElectroChlorination Process System for Seawater Treatment." Paper presented at the Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, May 2023. doi: <https://doi.org/10.4043/32231-MS>

9.- OIE. 2019a. Aquatic animal health code. World Organisation for Animal Health. Paris, France.
<https://www.oie.int/en/standardsetting/aquatic-code/access-online/> (Accessed on 2020-07-03)

10.-Torgersen, Y. and Håstein, T. 1995. Disinfection in aquaculture.libro en version fisica Rev. Sci. Tech. 14, 419–434.

11.- Luis Carlos Galán (2021,28 de agosto) Electrolisis del cloruro sódico(NaCl) .Experiemnto y reacciones electroquímica explicadas [Video].

Youtube . <https://www.youtube.com/watch?v=TOqfmGFUJEg>

12.- Clorep (09/2019) Selcorperm Sistema de electrocloración [Online] Disponible en :
https://www.clorep.es/wp-content/uploads/2019/01/5001EC015E.2_01-16_net.pdf

Anexos



Anexo 1: Medición de OD,pH,ORP y Cloro residual Libre en taque de 20 toneladas.



Anexos 2: Proceso de realización de prueba microbiológica en muestra de tanque y tejido de post-larvas PL5.



Anexos 3: Prueba microbiológica del NaClO en microalgas *Tetraselmi chuii*



Anexos 4: Sistema de electro-cloración y tanques de reserva de la solución.