



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Título del trabajo

Análisis de la correlación entre el pH y el Dióxido de Cloro utilizado en el control de patógenos en postlarvas de camarón *Penaeus vannamei*

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Acuícola

Presentado por:

Damaris Daniela Ponce Martínez

Daniel Francisco Mejía Cela

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

College of Maritime Engineering and Sea Science

Work Title

Analysis of the correlation between pH and Chlorine Dioxide used in the control of pathogens in *Penaeus vannamei* shrimp postlarvae

CAPSTONE COURSE

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

Aquaculture Engineer

By:

Damaris Daniela Ponce Martínez

Daniel Francisco Mejía Cela

GUAYAQUIL - ECUADOR

2022

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Ramón Mejía y Graciela Cela quienes me dieron su apoyo incondicional a lo largo de mi vida estudiantil, me brindaron muchos consejos y me dieron la fuerza necesaria para poder sobreponerme de obstáculos que se me presentaron y que, gracias a ellos, los pude superar.

Agradezco también a mis otros familiares que de alguna manera influyeron en mí vida estudiantil, a mis hermanos Ámbar, Alexis y Diana por estar pendiente de mí durante mis años de estudio, a mi primo David quien me ayudó con clases cuando iniciaba mi vida universitaria y haciendo una mención especial para mis mascotas, mi perrita Sammy y mi gato Tomás quienes me sacaban una sonrisa cuando estaba estresado.

Finalmente, agradezco a los docentes y amigos que conocí en la ESPOL que hicieron más amena mi estadía y con los cuales pasé buenos momentos que llevaré conmigo en mis recuerdos. A mi compañera de tesis, Dámaris Ponce o como prefiero decirle, mi enamorada, le agradezco por sumar en mi vida en todo ámbito y hacer más interesante mi último año de estudio.

Daniel Mejía.

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios y a mi mamá, Cecilia Martínez, quien siempre me alentó a lograr mis objetivos, guiándome y haciendo lo posible por sacarme adelante a pesar de las dificultades. También se lo dedico a mis hermanos Juan Andrés, Alba y Gustavo quienes compartieron, junto a mí, todo mi proceso académico, acompañándome en las largas madrugadas de estudio.

Así mismo dedico este proyecto a mi mejor amiga, Dayanna Reyes, quien soportó todos mis berrinches mientras hacía la parte experimental. De igual forma a mi novio, Daniel Mejía, quien compartió toda esta experiencia conmigo, siendo mi ayuda incondicional.

Finalmente, se lo dedico a mi papá quien desde el cielo siguió mis pasos y que espero se sienta orgulloso de lo que he logrado hasta ahora.

Damaris Ponce

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro tutor, el Ph.D. Jerry Landívar quien nos ayudó en la realización del presente proyecto, nos facilitó su laboratorio con sus equipos, estuvo como guía en todo momento y nos corrigió de ser necesario.

Al Ph.D. Víctor Osorio por facilitarnos el equipo principal para poder trabajar en la fase experimental.

Al Ph.D. Wilfrido Argüello, al M.Sc. Jonathan Castro, y la M.Sc. Sonia Guartatanga quienes colaboraron con enseñanzas, equipos y consejos en el presente proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*Damaris Daniela Ponce Martínez y Daniel Francisco Mejía Cela*) y damos nuestro 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"

Damaris Ponce

Damaris Daniela Ponce Martínez

Daniel Mejía Cela

Daniel Francisco Mejía Cela

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
WILFRIDO ERNESTO
ARGUELLO GUEVARA



Firmado electrónicamente por:
JOSE JERRY LANDIVAR
ZAMBRANO

Wilfrido Argüello, Ph.D.

PROFESOR DE LA MATERIA

Jerry Landívar, M.Sc.

TUTOR

RESUMEN

Existen estudios que demuestran que el dióxido de cloro es una buena opción para combatir patógenos debido a su alto poder biocida. Sin embargo, se desconoce si a diferentes concentraciones provoca toxicidad en los animales o variabilidad en el pH del agua que puede generar una mortalidad no deseada. Para el presente proyecto se va a determinar la correlación entre el pH y el dióxido de cloro utilizado como desinfectante en postlarvas de *P. vannamei* y se va a mantener el nivel de pH estabilizando las concentraciones tóxicas de dióxido de cloro. Para el desarrollo experimental se utilizaron 12 acuarios repartidos en 3 grupos de 4 acuarios rotulados al azar con agua dulce y marina filtrada en dos fases distintas. En ambas fases se midió el dióxido de cloro y pH con un fotómetro y medidor de pH. En la segunda fase se inyectó dióxido de cloro para mantener la concentración inicial. Se concluye que el dióxido de cloro si tiene influencia en el pH del agua dulce y salada, la correlación entre el dióxido de cloro y el pH está dada por la concentración de dióxido de cloro y no por la velocidad de degradación de este en el agua, se confirmó en la fase 2 de agua dulce que al mantener la concentración de dióxido de cloro disminuye el nivel de pH volviéndolo ácido y que hay que tener en cuenta las dosificaciones de dióxido de cloro al usarlo para no afectar la supervivencia de los organismos.

Palabras Clave: Dióxido de cloro, pH, concentraciones, agua dulce, agua salada.

ABSTRACT

There are studies that show that chlorine dioxide is a good option to combat pathogens due to its high biocide power. However, it is unknown if at different concentrations it causes toxicity in animals or variability in the pH of the water that can cause unwanted mortality. For the present project, the correlation between the pH and the chlorine dioxide used as a disinfectant in *P. vannamei* postlarvae will be determined and the pH level will be maintained by stabilizing the toxic concentrations of chlorine dioxide. For the experimental development, 12 aquariums divided into 3 groups of 4 aquariums randomly labeled with fresh and marine water filtered in two different phases were used. In both phases, chlorine dioxide and pH were measured with a photometer and pH meter. In the second phase, chlorine dioxide was injected to maintain the initial concentration. It is concluded that chlorine dioxide does have an influence on the pH of fresh and salt water, the correlation between chlorine dioxide and pH is given by the concentration of chlorine dioxide and not by the speed of its degradation in the water, it was confirmed in phase 2 of fresh water that by maintaining the chlorine dioxide concentration, the pH level decreases, making it acidic and that chlorine dioxide dosages must be considered when using it so as not to affect the survival of organisms.

Keywords: Chlorine Dioxide, pH, concentrations, fresh water, salt water.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	8
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	9
1. Introducción	9
1.1 Descripción del problema	10
1.2 Justificación del problema.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
1.4 Marco teórico	12
CAPÍTULO 2.....	15
2. Metodología	15
2.1 Proceso de desinfección de los acuarios de vidrio	16
2.2 Diseño experimental	17
2.3 Obtención del agua.....	18
2.4 Colocación del dióxido de cloro en el agua.....	19
2.5 Determinación de los niveles de pH en el agua.....	19
2.6 Determinación del dióxido de cloro en el agua	20

CAPÍTULO 3.....	23
3. Resultados Y ANÁLISIS.....	23
3.1 Fase 1: agua dulce	23
3.2 Fase 1: agua salada	24
3.3 Fase 2: agua dulce	25
3.4 Análisis de costos	28
CAPÍTULO 4.....	30
4. Conclusiones Y RECOMENDACIONES	30
Conclusiones	30
Recomendaciones	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
APÉNDICES	33

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
ClO ₂	Dióxido de cloro
C	Control
T1	Tratamiento uno
T2	Tratamiento dos
T3	Tratamiento tres

SIMBOLOGÍA

TM	Toneladas métricas
pH	Potencial de Hidrógeno
H+	Iones de hidrógeno
m	Metro
ml	Mililitro
L	Litro
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
H	Horas

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS PATÓGENOS EN LA PÉRDIDA ECONÓMICA DE LA INDUSTRIA CAMARONERA ECUATORIANA [FIGUEREDO ET AL., 2020].....	11
FIGURA 2.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS ACUARIOS PARA LA EXPERIMENTACIÓN [PONCE & MEJÍA, 2022].....	18
FIGURA 2.2 AIREACIÓN DE AGUA DULCE POR 24 HORAS.....	18
FIGURA 2.3 TOMA DE PH EN AGUA DULCE.....	20
FIGURA 2.4 AÑADIENDO LOS REACTIVOS A LAS MUESTRAS DE AGUA PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CLO ₂	21
FIGURA 2.5 MUESTRA DE AGUA DEL ACUARIO Y BLANCO LISTOS PARA COLOCAR EN EL FOTÓMETRO.....	21
FIGURA 2.6 MIDIENDO LA CONCENTRACIÓN DE CLO ₂ EN EL FOTÓMETRO.....	22
FIGURA 2.7 FOTÓMETRO ENCERADO CON LA AYUDA DEL BLANCO	22
FIGURA 3.1 CONCENTRACIÓN DE CLO ₂ VS TIEMPO DE T1, T2 Y T3 EN AGUA DULCE.....	23
FIGURA 3.2 CONCENTRACIÓN CLO ₂ VS PH DE T1, T2 Y T3 EN AGUA DULCE.....	24
FIGURA 3.3 CONCENTRACIÓN CLO ₂ VS PH PARA T1, T2 Y T3 EN AGUA SALADA.....	24
FIGURA 3.4 CONCENTRACIÓN CLO ₂ VS TIEMPO PARA T1, T2 Y T3 EN AGUA SALADA.....	25
FIGURA 3.5 CONCENTRACIÓN CONSTANTE DE CLO ₂ PARA T1, T2 Y T3 EN AGUA DULCE DE LA FASE 2.	26
FIGURA 3.6 CONCENTRACIÓN DE CLO ₂ VS PH PARA T1, T2 Y T3 EN LA FASE 2 DE AGUA DULCE.....	27
FIGURA 3.7 PH VS TIEMPO PARA T1, T2 Y T3 EN LA FASE DOS DE AGUA DULCE.	28
FIGURA 4.1 PREPARACIÓN DE MUESTRA A ANALIZAR CON EL FOTÓMETRO	33
FIGURA 4.2 COMPARACIÓN DE BLANCO CON MUESTRA DE DIÓXIDO DE CLORO	33
FIGURA 4.3 MATERIALES Y REACTIVOS USADOS EN LA EXPERIMENTACIÓN.....	34
FIGURA 4.4 REACTIVOS EN POLVO USADOS PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CLO ₂	34
FIGURA 4.5 REACTIVOS LÍQUIDOS USADOS PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CLO ₂	35

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 EFICACIA DE DIFERENTES DESINFECTANTES EN FUNCIÓN DEL PH.	10
TABLA 2.1 MATERIALES UTILIZADOS EN LA FASE EXPERIMENTAL DEL PROYECTO	15
TABLA 3.1 COSTOS TOTALES DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA EXPERIMENTACIÓN.	28

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón representa cerca del 95% de las actividades acuícolas en Ecuador. La producción de camarón ha ido evolucionando, llegando a producir 570,000 TM en el año 2020, lo que indica un aumento del 9,2% entre los años 2015 y 2020 (Crespín, Cevallos, Montealegre & Cordero, 2021). A pesar de esta significativa evolución, la producción de camarón ha atravesado por varias dificultades producidas principalmente por la aparición de enfermedades de origen bacteriano o por diversos patógenos como hongos y virus que pueden reaparecer debido al aumento en las densidades de cultivo, deficiente manejo de la calidad de agua o por el uso de productos comerciales que generan un efecto contrario al objetivo (Villamil & Martínez, 2009).

Las enfermedades son consideradas el principal factor que genera pérdidas en la industria acuícola, en términos económicos y de producción. Enfermedades como la Mancha Blanca o el virus de Síndrome de Taura han generado grandes pérdidas económicas, por lo que en el afán de combatirlas se recurrió al uso descontrolado de productos comerciales, como los antibióticos, los cuales pueden llegar a ser dañinos para el consumidor (Villamil & Martínez, 2009).

La vibriosis es la responsable de innumerables casos de mortalidades masivas en los sistemas de cultivo de camarón. Algunas de las especies más conocidas son *V. parahaemolyticus*, *V. harveyi*, *V. campbelli* y *V. alginolitycus*. Estos pueden afectar a los camarones en etapas iniciales de larva o postlarva, así como en etapas de juvenil o aun cuando son adultos (Makarov, 2011).

Estudios realizados han demostrado que el dióxido de cloro es un producto que se puede utilizar para combatir la vibriosis presente en el agua de piscinas camaroneras, también se lo puede utilizar como desinfectante en procesos que necesiten asegurar la limpieza de materiales que se utilizan a menudo en etapa larvaria (Segura, Martínez & Osorio, 2022).

Así mismo, el dióxido de cloro ha sido utilizado como desinfectante en otras áreas. Por ejemplo, se analizó la efectividad que este producto tiene para la sanitización de frutas luego de la cosecha para reducir el riesgo de pudrición, en este estudio se determinó que la efectividad del dióxido de cloro no solo depende de la concentración de la solución y del tiempo de exposición, sino que también depende del pH de la

solución, ya que a medida que la concentración de dióxido de cloro aumenta, también lo hará el pH pero este último disminuye su efectividad cuando alcanza un pH superior a 8 (Zoffolli, Latorre, Daire & Viertel, 2005).

Por otro lado, Paucar (2021) compara diferentes productos comúnmente utilizados como desinfectantes, entre los que se encuentra el dióxido de cloro. Él menciona que el pH no tiene una gran influencia en la eficacia del dióxido de cloro, así como el ozono y las cloraminas pero que difieren en su capacidad biocida y estabilidad como se puede observar en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Eficacia de diferentes desinfectantes en función del pH.

Desinfectante	Eficacia biocida	Estabilidad	Efecto del pH en la eficacia
Ozono	1	4	Poca influencia
Dióxido de cloro	2	3	Poca influencia
Cloro	3	2	Disminuye considerablemente al aumentar el pH
Cloraminas	4	1	Poca influencia

Obtenido de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24954>

1.1 Descripción del problema

Actualmente, Ecuador es uno de los países más importantes en la producción y exportación de camarón a nivel mundial. Sin embargo, la acuicultura nacional ha atravesado crisis por la presencia de enfermedades producidas por diferentes agentes patógenos, provocando una alta mortalidad en sus sistemas de cultivo y generando pérdidas económicas para la industria camaronera, como se observa en la figura 1.1, el porcentaje de participación de los patógenos en la pérdida económica de la industria.

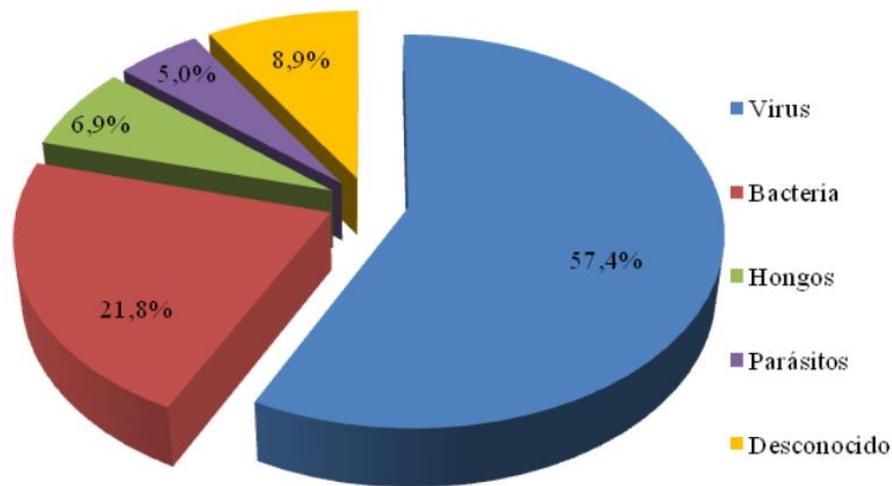


Figura 1.1 Porcentaje de participación de los patógenos en la pérdida económica de la industria camaronera ecuatoriana [Figueredo et al., 2020]

Los expertos han implementado el uso de diferentes tipos de desinfectantes que les ayude a disminuir la mortalidad provocada por estos agentes infecciosos. Estudios previos demuestran que el uso de dióxido de cloro ayuda a eliminar algunas especies de vibrios. El problema de este producto es que se desconoce si a diferentes concentraciones provoca toxicidad en los animales o variabilidad en el pH del agua que al final puede generar una mortalidad no deseada.

1.2 Justificación del problema

El dióxido de cloro surge como una alternativa que se puede utilizar en el ámbito acuícola debido a estudios previos que indican la existencia de beneficios que conlleva el uso de dicha sustancia en la desinfección del agua ante la presencia de patógenos, sin embargo cuando suceden episodios de mortalidad, se desconoce como influyó el dióxido de cloro en el sistema, es decir si el dióxido de cloro fue tóxico para los animales bajo ciertas concentraciones o si la influencia se debe a la variabilidad que generó en el pH del agua afectando así a los animales.

Al determinar esta incertidumbre, estaríamos generando seguridad en el uso del dióxido de cloro como desinfectante en acuicultura sin que se vean comprometidos nuestros organismos de cultivo, también contaríamos con otra opción segura dejando a un lado otras opciones que no son ambientalmente amigables para el cultivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la correlación del pH en el agua y de las concentraciones de dióxido de cloro utilizadas en tratamientos de patógenos bajo condiciones controladas en postlarvas de *P. vannamei*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la variación del pH del agua en el tiempo a concentraciones tóxicas de dióxido de cloro para vibrios en agua salada y agua dulce.
- Mantener el nivel de pH mediante la estabilización de las concentraciones tóxicas de dióxido de cloro para vibrios, evaluadas en la experimentación.
- Determinar la factibilidad del uso de dióxido de cloro como desinfectante en cultivos de camarón *P. vannamei*.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Camarón Blanco (*Penaeus vannamei*)

El camarón blanco es una especie nativa encontrada en la costa oriental del Océano Pacífico, que va desde Sonora al norte de México, recorriendo centro y Sudamérica hasta Tumbes en Perú, cuyas aguas poseen una temperatura mayor a 20 °C durante el año. En estado silvestre, la etapa de adultez y reproducción del camarón blanco se da en mar abierto, a diferencia de la etapa de juvenil que se lleva a cabo una vez que las postlarvas migran a las costas, por otro lado, la etapa de pre adulto se desarrolla en estuarios, lagunas costeras y manglares. El tiempo en que los camarones se tardan en llegar a su madurez sexual es aproximadamente de 6 a 7 meses, en los cuales los machos llegan a los 20 g y las hembras a 28 g. Cuando el camarón blanco llega a pesar entre 30 a 45 g, liberan entre 100000 y 250000 huevos que tienen 0.22 mm de diámetro aproximadamente, posterior a esto ocurre la incubación que tiene lugar 16 horas después del desove y la fertilización (FAO, 2009).

Durante la primera etapa larvaria, denominada nauplio, el nado de estos organismos es intermitente y fototáctica positiva, no requieren nutrición, sino que se alimentan de su reserva embrionaria. En las siguientes etapas larvianas (protozoa, mysis y postlarva), los organismos se alimentan de fitoplancton y zooplancton y son llevados a la costa por las corrientes de las mareas. Finalmente, las postlarvas cambian sus hábitos alimenticios unos 5 días después de haber sufrido su metamorfosis a postlarvas, en esa etapa se alimentan de detritos, gusanos, bivalvos y otros crustáceos. (FAO, 2009)

1.4.2 Género *Vibrio*

Los vibrios son bacterias Gram negativas, que pertenecen a la familia Vibrionaceae. Las principales especies de vibrios patógenos que han sido reportadas como causantes de enfermedades son: *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, *V. campbellii*, *V. carchariae*, *V. damsella*, *V. fischeri*, *V. harveyi*, *V. logei*, *V. mediterranii*, *V. nigripulchritudo*, *V. ordalii*, *V. orientalis*, *V. parahaemolyticus*, *V. pelagicus*, *V. penaeicida*, *V. splendidus* y *V. vulnificus*.

Los vibrios viven en ambientes naturales de la flora marina y se encuentran por lo general en camarones silvestres y de cultivo. La mayoría son patógenos oportunistas que aprovechan para ingresar al camarón y producir enfermedades cuando éste tiene debilitado su sistema inmune por algún motivo. La primera barrera de defensa que superan los vibrios al ingresar al organismo es el exoesqueleto, esto ocurre debido a la presencia de heridas, poros o perforaciones producto del accionar de bacterias quitinolíticas.

También pueden ingresar al camarón a través de las branquias ya que están cubiertas por una cutícula delgada; sin embargo, se cree que el intestino medio es el lugar en donde se da la entrada a la mayoría de patógenos que se encuentran en el sedimento, agua y alimentos consumidos por los camarones. Algunas cepas de especies de *Vibrio* son bioluminiscentes, dicha característica ha sido relacionada frecuentemente con patogenicidad; sin embargo, no todos los vibrios luminiscentes son patógenos y tampoco todos los patógenos del camarón presentan luminiscencia. (Cuéllar-Anjel, 2013)

1.4.3 Dióxido de Cloro

El dióxido de cloro consiste en un gas amarillo o amarillo-rojizo que se descompone rápidamente en el aire, se utiliza en el tratamiento de agua potable y en la descontaminación de instalaciones públicas. Este producto es soluble en agua y reacciona muy rápido cuando entra en contacto con otros compuestos. El dióxido de cloro al ser un compuesto altamente reactivo tiene la capacidad de matar bacterias y otros microorganismos del agua. Alrededor del 5% de las grandes empresas estadounidenses de tratamiento de agua potable utilizan al dióxido de cloro como su principal opción de desinfectante para el tratamiento del agua potable.

Se considera al dióxido de cloro como un compuesto altamente reactivo debido a la rapidez con la que reacciona al entrar en contacto tanto con el aire como con el agua. En el aire, la luz solar se encarga de romper las moléculas de dióxido de cloro, formando el cloro gaseoso y oxígeno, mientras que con el agua forma iones de clorito (ATSDR, 2004).

El dióxido de cloro nace como una alternativa de desinfección del agua. Este producto se destaca entre los demás por su alto poder biocida. Si se lo compara con el cloro o sus derivados, resulta ser más eficiente. Además, tiene como ventaja la acción selectiva que le permite mejorar la calidad de agua desde el punto de vista organoléptico y no genera trihalometanos como subproducto. Una de las desventajas que trae consigo es que al ser muy sensible su producción se vuelve complejo y costoso trabajar con este producto (Jiménez, 2019).

1.4.4 pH

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno(H^+); esto significa que el pH es un indicador de la alcalinidad o acidez que presenta el agua. El pH se mide en una escala de 0 a 14, cuando este valor es igual a 7 se dice que el pH es neutro. Para niveles menores a 7 el agua es ácida y para niveles mayores a 7 el agua es básica.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la fase experimental del proyecto, tomando en cuenta los procesos de desinfección y armado del sistema, se utilizaron los siguientes materiales que se encuentran descritos en la siguiente tabla a continuación.

Tabla 2.1 Materiales utilizados en la fase experimental del proyecto

Cantidad	Materiales	Descripción
12	Acuarios de vidrio	Acuarios con capacidad volumétrica de 20 litros donde se colocaron 10 litros de agua por acuario.
1	Aireador para acuario marca JAD S-4000B	Aireador de 4 boquillas usado para disipar el cloro del agua dulce.
1	Compresor de aire para acuario marca ACQ-003	Compresor con 6 salidas usado para disipar el cloro del agua dulce.
20 m	Manguera de plástico para acuario PT100	Manguera de 4 mm de diámetro interno y 6 mm de diámetro externo.
2	Válvulas en forma de T	Válvulas que se usaron para la distribución de aire en los acuarios.
100 ml	Clorito de Sodio	Compuesto químico que, mezclado con el catalizador, forman al dióxido de cloro.
100 ml	Catalizador	Sustancia que, en reacción con el clorito de sodio, forma el dióxido de cloro.
1	Medidor de pH marca Oakton Pc 700	Equipo utilizado para medir los niveles de pH en el agua.
1	Fotómetro HI97738	Equipo utilizado para medir las concentraciones de dióxido de cloro en el agua.
2	Extensión	Accesorio utilizado para conectar tres aparatos al mismo tiempo.

240 litros	Agua dulce sin cloro	Agua potable aireada por 24 horas.
240 litros	Agua marina filtrada	Agua marina obtenida de los laboratorios de CENAIM.
3 galones	Agua destilada	Agua usada para esterilizar el medidor de pH y los materiales.
1	Funda de Wipe	Usado para restregar las paredes de los acuarios.
1	Rollo de cinta	Usado para pegar las mangueras a las paredes del estanque.
1	Tijeras	Usadas para cortar la manguera y cinta según la conveniencia.
1	Funda de detergente	Usado para la limpieza de los acuarios.
1	Botella de cloro	Usado para la desinfección de los acuarios.
1	Paquete de papel Absorbente	Usados para el secado de las paredes externas de los acuarios.
8	Frascos goteros de vidrio	Usados para almacenar los compuestos a utilizar.
4	Bidones de 10 galones	Usados para almacenar el agua salada
1	Piseta	Usada para almacenar agua destilada y desinfectar los materiales
1	Vaso volumétrico de 100 ml	Usado para almacenar las reacciones del clorito de sodio y el catalizador

2.1 Proceso de desinfección de los acuarios de vidrio

Se procedió con la limpieza de los acuarios mediante el uso de detergente y cloro, primero se enjuagaron los tanques con agua potable, luego, se colocó detergente con agua en las paredes externas e internas del tanque y con el wipe se restregó todo el acuario, nuevamente se enjuagaron los tanques con agua para posteriormente enjuagar el fondo y las paredes de los acuarios con una solución de agua y cloro para desinfectar, finalmente se enjuagan los acuarios con abundante agua y se procedió a secar con papel absorbente.

2.2 Diseño experimental

El presente proyecto se dividió en dos fases, la primera fase abarca la medición del dióxido de cloro y pH en el agua por cada hora hasta que la concentración de dióxido de cloro en los acuarios sea cero. Se trabajó con 12 acuarios de vidrio los cuales fueron distribuidos en tres grupos de cuatro acuarios cada uno. Cada grupo contiene un acuario de control (C) y los tres restantes para las diferentes concentraciones de dióxido de cloro a utilizar (T1=1ppm, T2=2ppm y T3=3ppm), cada uno con su respectivo rótulo asignado al azar, como se puede observar en la figura 2.1.

La segunda fase abarca la estabilización del dióxido de cloro en el agua, medición de pH y medición de dióxido de cloro, en este caso se suministró dióxido de cloro cada dos horas para mantener la concentración requerida y ver el efecto que este tuvo sobre el pH. Este experimento se lo realizó por 24 horas, en el cual también se midieron los niveles de pH y de ClO_2 de los acuarios cada dos horas. Para esta segunda fase se utilizó la misma distribución de los acuarios utilizada en la fase 1, ambas fases fueron realizadas con 10 litros de agua potable distribuidos en los acuarios ya mencionados. Cabe recalcar que, para poder trabajar con agua potable, se necesitó airear por 24 horas seguidas dicha agua usando el aireador y el compresor, de esta manera se eliminó todo el cloro del agua. En el caso del agua de mar filtrada, se procedió de la misma manera que con el agua potable en lo que respecta a la distribución de los acuarios y su rotulación para ambas fases.



Figura 2.1 Distribución de los acuarios para la experimentación [Ponce & Mejía, 2022].

2.3 Obtención del agua

El agua potable se la obtuvo de la llave del lavabo dentro del laboratorio de Planctonología de la ESPOL, la cual pasó por un proceso de eliminación de cloro mediante aireación continua por 24 horas. El agua de mar filtrada se la obtuvo de las instalaciones de CENAIM.



Figura 2.2 Aireación de agua dulce por 24 horas.

2.4 Colocación del dióxido de cloro en el agua

El dióxido de cloro es un compuesto que surge de la reacción química entre un catalizador y clorito de sodio, dando como resultado un líquido de color amarillo y un gas, dicho gas es el dióxido de cloro. Para el presente proyecto, se realizaron pruebas previas para determinar la cantidad de gotas de clorito de sodio y catalizador que se debían añadir a los 10 litros de agua para obtener la concentración de dióxido de cloro requerida en cada tratamiento. En base a esta experimentación previa se determinó que para T1, T2 y T3 eran necesarias 15, 20 y 25 gotas de catalizador y clorito de sodio respectivamente para alcanzar concentraciones de 1, 1.5 y 2 ppm en los 10 litros de agua utilizados. La reacción del catalizador y el clorito de sodio se la realizó en un vaso de precipitación, dando como resultado un líquido amarillento, el cual fue introducido en el agua de los acuarios, luego se le dio un tiempo de 1 hora aproximadamente para que este se estabilice y poder confirmar que ha llegado a la concentración requerida a través del fotómetro.

2.5 Determinación de los niveles de pH en el agua

En la primera fase del proyecto, usando el equipo Oakton Pc 700 se procedió a medir los niveles de pH de los acuarios con concentraciones distintas de dióxido de cloro por cada hora, hasta que cada concentración descendiera a cero. En la segunda fase del proyecto, se procedió a medir los niveles de pH cada dos horas durante 24 horas seguidas, esto se realizó con el fin de ver la variabilidad del pH con respecto a distintas concentraciones de dióxido de cloro en el agua.



Figura 2.3 Toma de pH en agua dulce

2.6 Determinación del dióxido de cloro en el agua

Para la determinación del dióxido de cloro en el agua se usó el fotómetro HI97738 de la marca Hanna Instruments. Se utilizó dos tubos falcon rotulados como #1 y #2, a cada uno se le colocó 25 ml de muestra, luego se procedió a colocar 0.5 ml del reactivo A a cada tubo usando una jeringuilla, se los tapó y se los agitó 5 veces, después se colocó el sobre con el reactivo B en el tubo #1 (Blanco), se lo tapó y se agitó 5 veces. Luego se colocó 0.5 ml del reactivo C a ambos tubos, se los tapó y se los agitó 5 veces. A continuación, se les agregó 0.5 ml del reactivo D a ambos tubos, se los tapó y se los agitó 5 veces. Se colocó 10 ml del contenido del tubo #1 en la cubeta A, luego esta cubeta se la colocó dentro del fotómetro y se apretó el botón que dice “zero”, de esta manera se calibró en cero. Finalmente, se colocó 10 ml del contenido del tubo #2 en la cubeta B, y se la introdujo en el fotómetro y apretando la opción “read”, el fotómetro nos da el valor de la concentración de dióxido de cloro en mg/l (HANNA Instruments, s.f.)

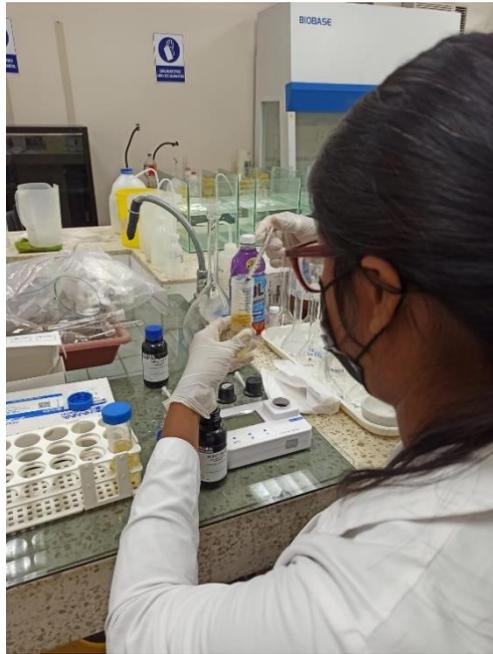


Figura 2.4 Añadiendo los reactivos a las muestras de agua para determinar la concentración de ClO_2



Figura 2.5 Muestra de agua del acuario y blanco listos para colocar en el fotómetro.

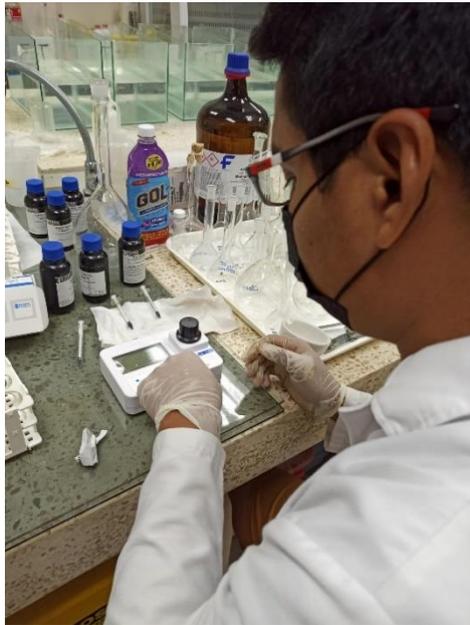


Figura 2.6 Midiendo la concentración de ClO_2 en el fotómetro



Figura 2.7 Fotómetro encerado con la ayuda del blanco

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Fase 1: agua dulce

Para la fase 1 de agua dulce, se obtuvieron los resultados presentados en la figura 3.1, esta indica que las pendientes de las rectas son significativamente iguales. Además, las ecuaciones de las rectas describen la velocidad de degradación del dióxido de cloro, siendo esta independiente de la concentración, esto quiere decir que no importa la concentración de dióxido de cloro que el agua de los acuarios haya tenido, la velocidad de degradación va a seguir siendo la misma.

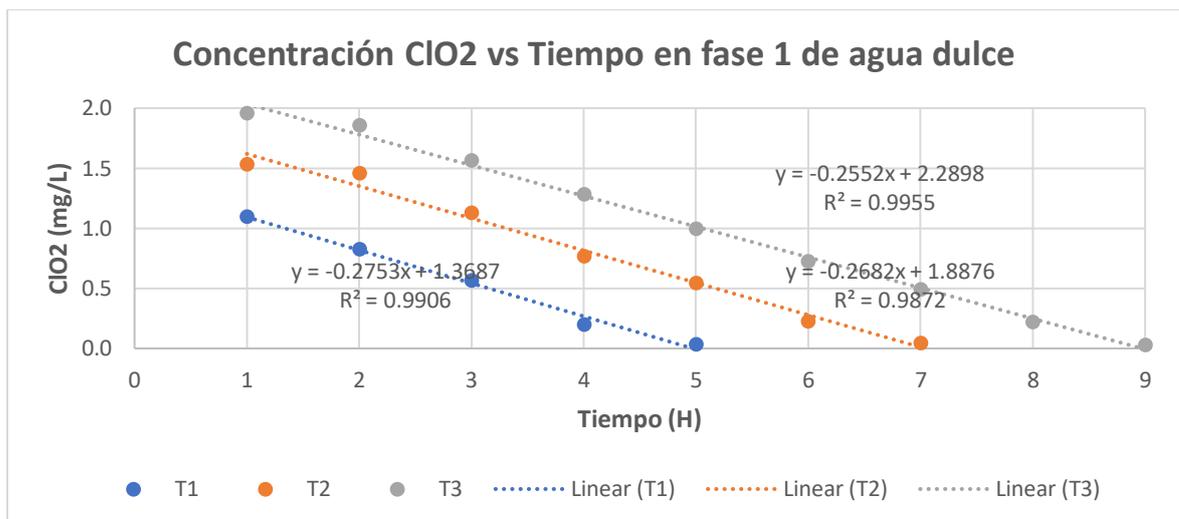


Figura 3.1 Concentración de ClO₂ vs Tiempo de T1, T2 y T3 en agua dulce

Otra de las cosas que la experimentación nos permitió observar mediante los datos es que las variaciones de pH no se dieron por la degradación del cloro, ya que, como se observa en la figura 3.2, el nivel de pH inicial y final en cada tratamiento no tiene diferencias significativas (Se mantiene en el tiempo). Pero, si existen diferencias significativas al analizar el pH de las concentraciones iniciales de cada tratamiento, asegurando que el pH está influenciado por la concentración de cloro y no por la degradación de cloro.

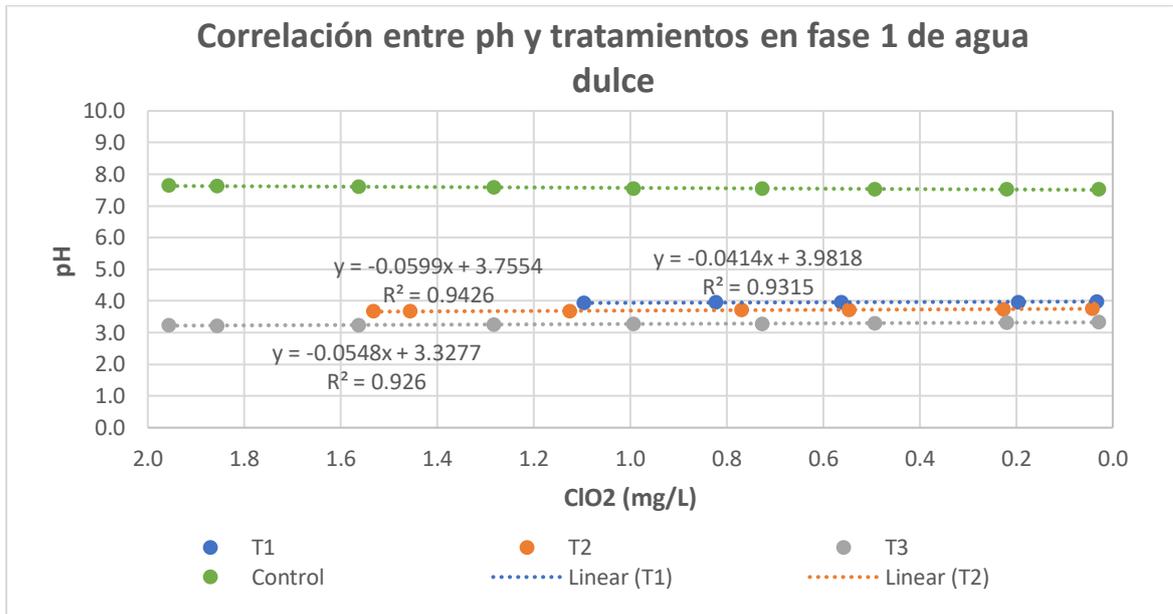


Figura 3.2 Concentración ClO2 vs pH de T1, T2 y T3 en agua dulce

3.2 Fase 1: agua salada

La fase 1 de agua salada muestra que los datos siguen el mismo patrón que el agua dulce. En la figura 3.3 se observan las ecuaciones de la recta que representan la velocidad de degradación del dióxido de cloro para cada tratamiento.

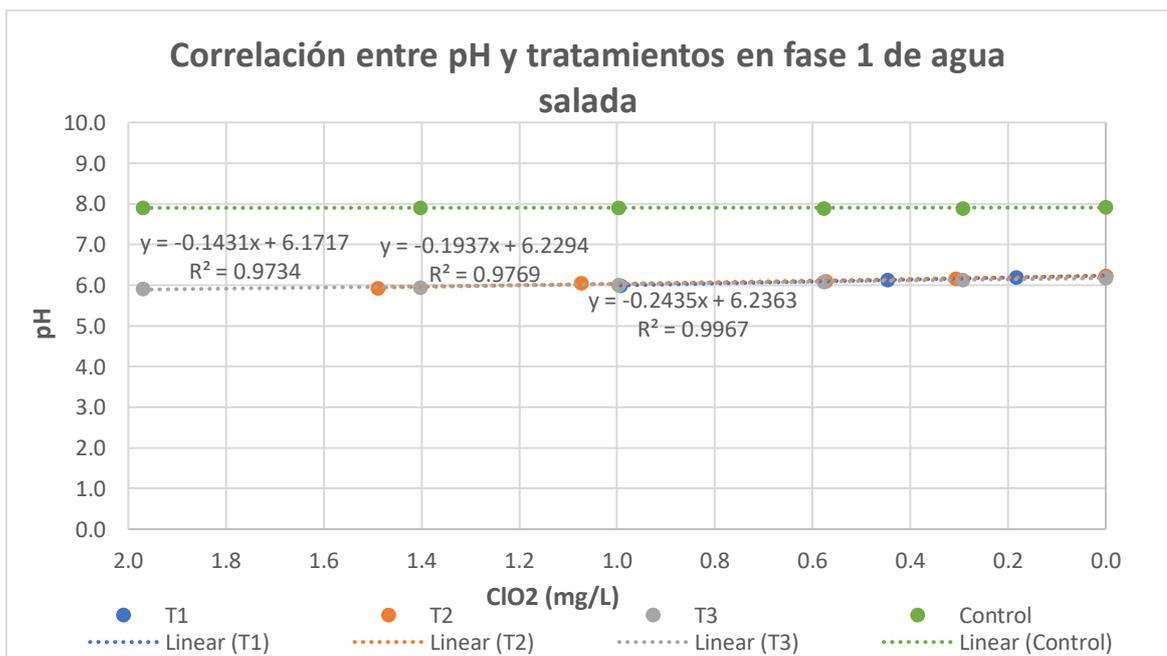


Figura 3.3 Concentración ClO2 vs pH para T1, T2 y T3 en agua salada

La diferencia entre agua dulce y agua salada fue que en el agua salada los niveles de pH iniciales no fueron tan bajos, esto quiere decir que en el agua dulce los niveles iniciales de pH fueron más ácidos que en el agua salada.

Otro de los resultados encontrados es que el tiempo de degradación del dióxido de cloro en agua salada fue menor que para el agua dulce, esto se puede deber a que en el agua salada existe una mayor saturación de iones libres producto de la sal que esta contiene, dejando sin espacio al dióxido de cloro para mantenerse en el agua.

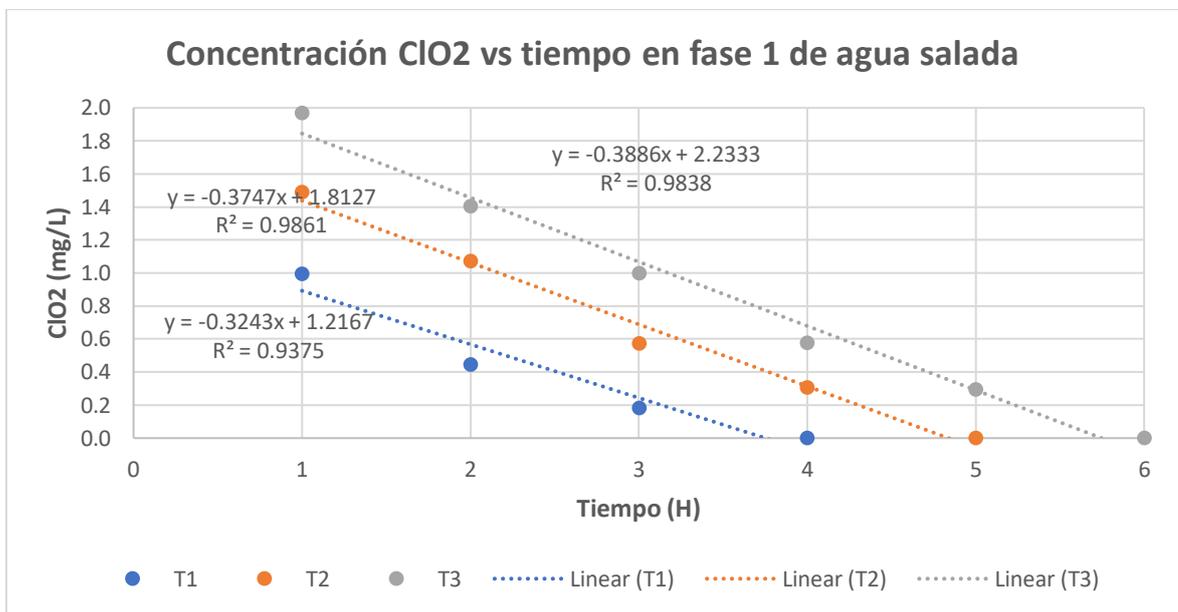


Figura 3.4 Concentración ClO₂ vs Tiempo para T1, T2 y T3 en agua salada

Además, en esta fase se confirma que la concentración de dióxido de cloro no interfiere en el tiempo de degradación del dióxido de cloro, ya que las pendientes son significativamente iguales.

3.3 Fase 2: agua dulce

En la figura 3.5 se observa como la concentración de dióxido de cloro se mantuvo constante en los tres tratamientos durante las 24 horas de experimentación, por lo tanto, la única manera de evitar la pérdida de cloro es manteniendo la concentración de dióxido de cloro.

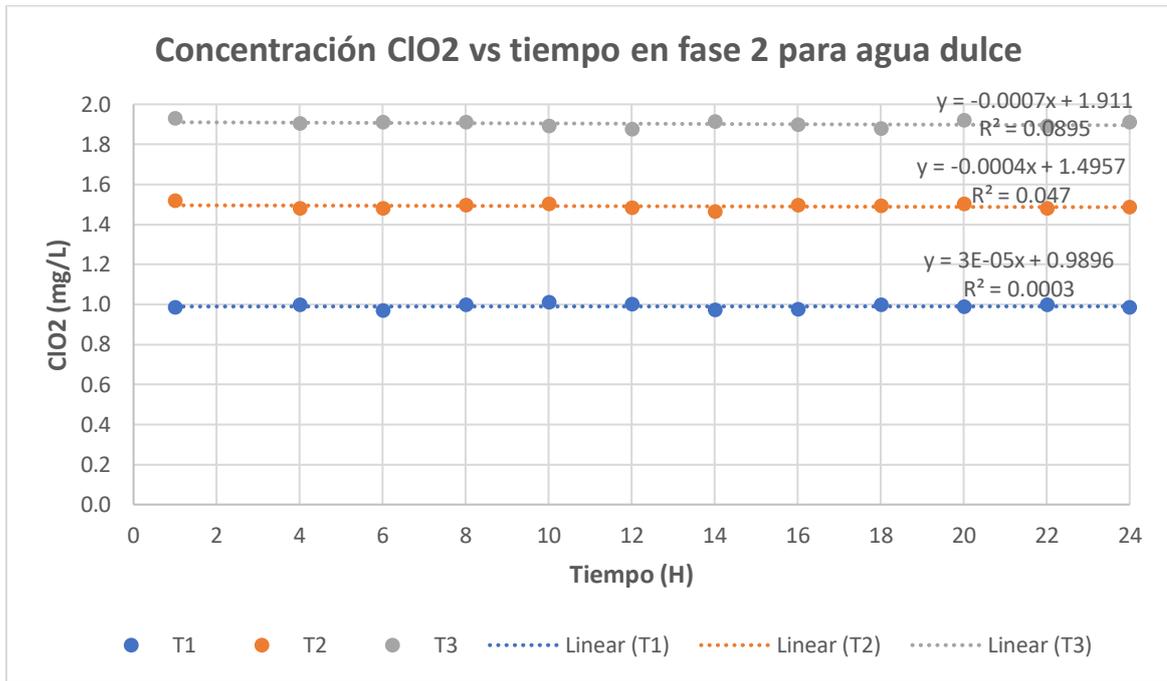


Figura 3.5 Concentración constante de ClO₂ para T1, T2 y T3 en agua dulce de la fase 2.

Pero, como se había en la fase 1, al adicionar dióxido de cloro al agua, el pH disminuye significativamente, lo que sucede en la figura 3.6 es que al añadir cloro cada dos horas para mantener la concentración de dióxido de cloro porque este se degrada, entonces se obtiene un nivel más bajo en cada medición. Esto corrobora la hipótesis inicial en la que se menciona que las variaciones de pH están dadas por la concentración inicial de dióxido de cloro y no por la degradación de este, en este caso, se añade más dióxido de cloro cada dos horas, por lo que se vuelve una concentración inicial cada vez que se añade dióxido de cloro y esto disminuye el pH significativamente.

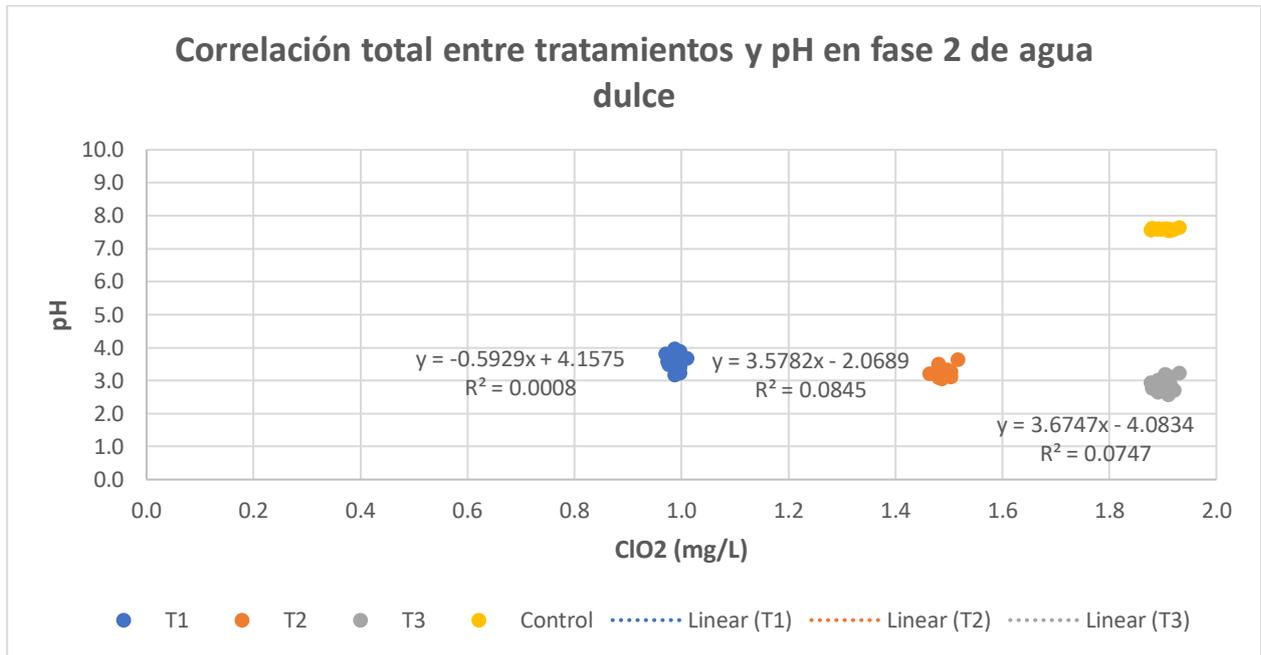


Figura 3.6 Concentración de ClO₂ vs pH para T1, T2 y T3 en la fase 2 de agua dulce

Finalmente, se evaluó el pH vs el tiempo de degradación del dióxido de cloro (Fig. 3.7), teniendo como resultado las ecuaciones de la recta que describen este comportamiento y a su vez dando a notar las diferencias significativas existentes en el pH de la concentración inicial y final de cada tratamiento debido a la adición de dióxido de cloro cada dos horas, es decir, cada vez que se añadía dióxido de cloro al agua, el nivel de pH disminuyó significativamente durante las 24 horas de experimentación.

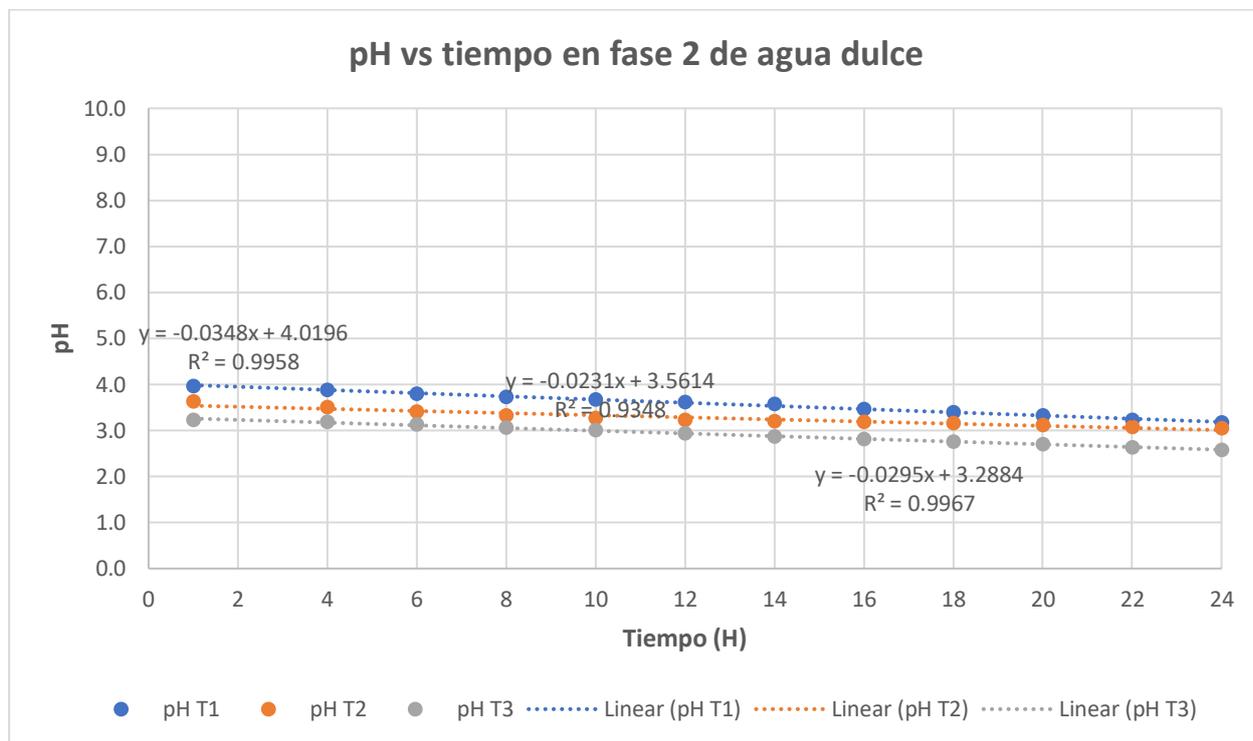


Figura 3.7 pH vs Tiempo para T1, T2 y T3 en la fase dos de agua dulce.

3.4 Análisis de costos

Para el análisis de costo se tomó en cuenta aquellos valores invertidos en equipos y materiales dentro de la experimentación, así como precios de insumos investigados en internet.

Tabla 3.1 Costos totales de los equipos y materiales utilizados en la experimentación.

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Acuarios de vidrio	12	\$5	\$60
Kit de reactivos químicos para fotómetro	1	\$110	\$110
Aireador para acuario marca JAD S-4000B	1	\$16.85	\$16.85
Compresor de aire para acuario marca ACQ-003	1	\$31.47	\$31.47
Manguera de plástico para acuario PT100	1 rollo de 20 m	\$19.18	\$19.18
Válvulas en forma de T	2	\$0.50	\$1
Dióxido de cloro	1 frasco de 100 ml	\$5	\$5
Medidor de pH marca Oakton Pc 700	1	\$807.16	\$807.16
Fotómetro HI97738	1	\$400	\$400
Extensión	2	\$1.74	\$3.48

Agua dulce sin cloro	240 litros	----	----
Agua marina filtrada	240 litros	----	----
Agua destilada	3 galones	\$2.49	\$7.47
Funda de Wipe	1	\$1	\$1
Rollo de cinta	1	\$0.13	\$0.13
Tijeras	1	\$0.52	\$0.52
Funda de detergente	1	\$0.72	\$0.72
Botella de cloro	1	\$0.26	\$0.26
Paquete de papel Absorbente	1	\$9.85	\$9.85
Frascos goteros de vidrio	8	\$0.75	\$6.00
Bidones de 10 galones	4	\$19.15	\$76.60
Piseta	1	\$2.65	\$2.65
Vaso volumétrico de 100 ml	1	\$3.76	\$3.76
TOTAL			\$1563.1

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La correlación entre el dióxido de cloro y el pH está dada por la concentración de dióxido de cloro y no por la velocidad de degradación del mismo en el agua, ya que se demostró que, al utilizar diferentes concentraciones de dióxido de cloro, las variaciones de pH significativas se dieron al inicio y no durante el tiempo de degradación del dióxido de cloro.
- Además, se confirmó en la fase 2 de agua dulce que al mantener la concentración de dióxido de cloro añadiendo dióxido de cloro cada dos horas, disminuye significativamente el nivel de pH, volviéndose más ácido cada vez que se añade dióxido de cloro como respuesta a una nueva concentración inicial.
- Finalmente, se concluye que el tratamiento se puede utilizar en organismos no vivos con resultados satisfactorios y para utilizarlos con organismos vivos se debe tener las precauciones debidas para que las variaciones de pH no afecten la supervivencia de la especie.

Recomendaciones

- Se recomienda continuar la fase 2 con agua salada para verificar el comportamiento del dióxido de cloro en la misma.
- Al momento de realizar la reacción de dióxido de cloro, se recomienda no hacerlo directamente en el agua, sino hacerlo en un vaso de precipitación aparte y luego añadir la sustancia directamente en el agua.
- Se recomienda dejar estabilizar el dióxido de cloro al menos 1 hora en el agua para llegar a la concentración requerida.

BIBLIOGRAFÍA

- ATSDR. (Mayo de 2016). *Resúmenes de Salud Pública - Dióxido de cloro y clorito (Chlorine Dioxide and Chlorite)*. Obtenido de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs160.html
- Azuero, E. S. U., Montealegre, V. J. G., Campoverde, J. M. Q., & Unda, S. B. (2021). *Análisis del comportamiento económico de la exportación en el sector camaronero en el Ecuador, periodo 2015-2019*. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 4(S1), 112-119.
- Cuéllar-Anjel, J. (Agosto de 2013). *Vibriosis in shrimp*. Obtenido de The Center for Food Security & Public Health: <https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/vibriosis-in-shrimp-es.pdf>
- FAO. (2009). *Penaeus vannamei (Boone, 1931) [Penaeidae]*. Obtenido de FAO: https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_whitelegshrimp.htm
- Figueredo, A., Fuentes, J. L., Cabrera, T., León, J., Patti, J., Silva, J., Ron, E., Pichardo, O., & Marcano, N. (2020). *Bioseguridad en el cultivo de camarones penaeidos: una revisión*. AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura., 2(1), 1. <https://doi.org/10.33936/at.v2i1.2409>
- HANNA Instruments. (s.f.). HI97738 Chlorine Dioxide Photometer. Obtenido de Hanna Instruments: https://www.hannainstruments.co.uk/modules/teapotknowledgehub/uploads/man97738_11_19-60bf4d86a175b.pdf
- Makarov, R. (2011). *Vibriofagos en el cultivo larvario del camarón y su relación con la incidencia y virulencia de vibrio* (Doctoral dissertation).
- Villamil Díaz, L., & Martínez-Silva, M. A. (2009). *Probióticos como herramienta biotecnológica en el cultivo de camarón: reseña*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, 38(2), 165-187.
- Crespín, Á. N. G., Cevallos, H. A. V., Montealegre, V. J. G., & Cordero, P. Q. (2021). *Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión*

- Europea en el período 2015-2020. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 6(9), 1040-1058.
- Segura Rivero, J. S., Martínez Nieto, V. E., & Osorio Cevallos, V. (2022). Efectos del dióxido de cloro para el control de vibriosis en el camarón blanco (*Penaeus vannamei*) (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCM: Acuicultura).
- Zoffoli, J. P., Latorre, B. A., Daire, N., & Viertel, S. (2005). Efectividad del dióxido de cloro, en función de la concentración, pH y tiempo de exposición, en el control de *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* y *Rhizopus stolonifer*. *Ciencia e Investigación Agraria*, 32(3), 181-188.
- Paucar Pachacama, J. M. (2021). Estudio de las características y uso potencial del dióxido de cloro en la industria y la salud (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Jimenez, S., Méndez, N. (2019). Aplicación del ClO_2 en solución acuosa, en la torre de enfriamiento CT-2601 del complejo procesador de gas nuevo pemex. Tecnológico Nacional de México.

APÉNDICES



Figura 4.1 Preparación de muestra a analizar con el fotómetro



Figura 4.2 Comparación de blanco con muestra de dióxido de cloro

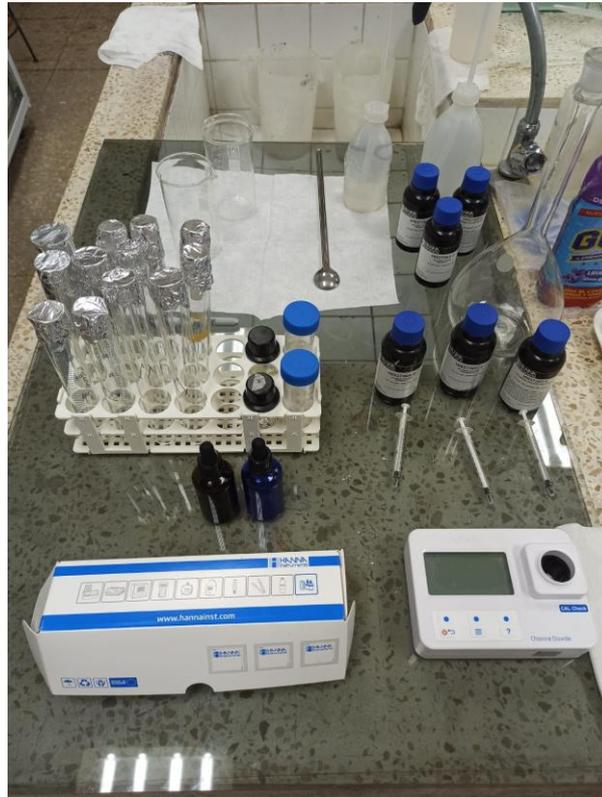


Figura 4.3 Materiales y reactivos usados en la experimentación



Figura 4.4 Reactivos en polvo usados para determinar la concentración de ClO_2

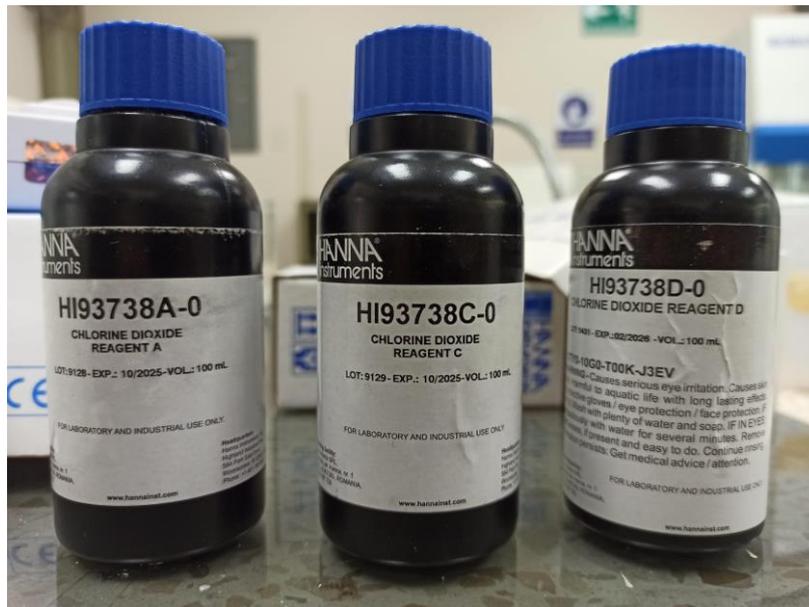


Figura 4.5 Reactivos líquidos usados para determinar la concentración de ClO_2