



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA CIENCIAS**  
**BIOLÓGICAS, OCEANOGRÁFICAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SALA DE DESAFÍO PARA  
REALIZAR EXPERIMENTACIONES ACUICOLAS BAJO  
CONDICIONES CONTROLADAS”

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO ACUÍCOLA**

Giani Nicolay Yépez Bucheli

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a mis maestros y compañeros que con su apoyo, enseñanzas y consejos me apoyaron para llegar hasta el final.

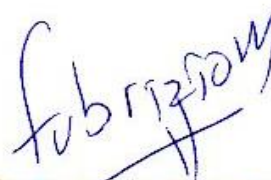
## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Bertitha...donde todo se originó.

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Ph.D. Marcelo Muñoz  
PROFESOR EVALUADOR



Ph.D. (c) Fabrizio Marcillo  
PROFESOR TUTOR

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me(nos) corresponde exclusivamente; y doy(damos) mi(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"

Giani Nicolay Yépez Bucheli

Nombre del Autor

## RESUMEN

La acuicultura a nivel mundial es el sector productivo con mayor crecimiento mundial. Desde el 2011 la actividad superó en tasa de crecimiento a la ganadería de bovinos (FAO, 2017). En Ecuador la principal actividad acuícola es la camaronicultura. En el año 2017 la exportación de camarón cerró en 426 000 TM, con un incremento del 17% respecto al año anterior (CNA, 2018). A pesar de esto, la industria no es ajena a sufrir ataques de enfermedades que producen graves pérdidas económicas tal como sucedió en 1999 cuando el virus de la mancha blanca afectó los cultivos de camarón ecuatoriano. Para enfrentar estas situaciones, instituciones tanto públicas como privadas se ven en la necesidad de generar información oportuna y confiable que permita la toma de decisiones de manera acertada.

Una forma de obtener dicha información, es mediante el desarrollo de ensayos de desafío infeccioso, nutricional, toxicológico, etc. Estos ensayos de desafío deben ser efectuados bajo condiciones controladas de forma que se pueda estandarizar una metodología. La implementación de una sala de desafíos experimentales es una herramienta importante para la generación de información que permita tomar de decisiones acertadas respecto a manejo, protocolos, tratamientos y cualquier otra variable que pueda afectar el desempeño económico de una unidad de producción acuícola. El objetivo general de este trabajo fue de diseñar y construir un sistema experimental para hacer desafíos en acuarios, definiendo los criterios necesarios para su diseño, ponerlos en práctica e identificar las oportunidades de mejora. Se utilizaron 18 acuarios - 18 termostatos- 6 aireadores de doble salida- 30 metros de manguera -18 piedras difusoras y otros materiales varios para el suministro de energía eléctrica. Cada acuario con 55 litros de agua de mar y agua dulce. Una vez llenos los acuarios, se colocaron los termostatos, calibrados a una temperatura de 28 °C. Posteriormente se ubicaron un total de 9 aireadores de dos salidas de aire los que abastecieron a los acuarios

que se encuentran en cada nivel de los 3 bloques en la sala de desafíos. Al encenderlos se analizó la concentración de oxígeno, salinidad, pH, y temperatura diariamente. Se sembró un total de 30 camarones de 2,5 gramos por acuario, estos fueron traídos de una camaronera del Golfo de Guayaquil. Se realizaron 6 tratamientos en cada bloque con las siguientes salinidades: T1= 5ppt, T2=10 ppt, T3=15 ppt, T4=20 ppt, T5=25 ppt, T6=30 ppt. Estos tratamientos estaban ubicados aleatoriamente en cada bloque. Se midió la concentración de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y pH cada 3 horas. Además, se realizó un recambio de agua del 10% a través de sifoneo y se alimentó a los camarones en función del 3% de la biomasa. Luego de las 72 horas de haber realizado el desafío se procedió a realizar un ANOVA de dos vías para determinar si había una influencia de las posiciones de los tratamientos (bloques y filas al azar) y el comportamiento de los parámetros mencionados. Como conclusión tenemos que pudo diseñar una sala experimental con 18 acuarios, con 3 bloques de 6 acuarios cada uno y se validó que los parámetros de temperatura, OD y pH no sufrieron variaciones que puedan incidir en los ensayos que se corran en esta unidad experimental.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO 1 .....	6
1. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
1.1. Biología de la especie a utilizar en la sala experimental.....	11
1.2. Calidad de agua.....	12
1.3. Temperatura .....	12
1.4. Oxígeno disuelto .....	12
1.5. Potencial de Hidrógeno pH .....	14
1.6. Dióxido de Carbono .....	14
1.7. Nitrógeno: Amonio (Amonio no ionizado NH <sub>3</sub> y Amonio ionizado NH <sub>4</sub> ). 15	
1.8. Alcalinidad y dureza .....	16
1.9. Salinidad .....	17
2. Modelos experimentales de sistemas.....	17
2.1. Sistema discontinuo .....	17
3. Indicadores universales de producción en sistemas acuícolas.....	18
3.1. Densidad Poblacional. ....	18
3.2. Biomasa .....	18
3.3. Supervivencia .....	18
4. Condiciones Biológicas de Bioensayos. ....	18
4.1. Recambio.....	18



4.2. Alimentación .....	19
4.3. Densidad.....	19
4.4. Temperatura .....	20
5. Modelo Estadístico .....	20
6. Diseño y construcción de una sala de desafío para realizar experimentaciones acuícolas bajo condiciones controladas” .....	21
6.1. Descripción de los materiales y equipos necesarios para el diseño y construcción de la sala de desafío para realizar experimentaciones bajo condiciones controladas.....	24
6.2. Establecimiento de la aleatoriedad en los acuarios .....	25
6.3. Construcción de la sala de desafíos para realizar experimentaciones acuícolas bajo condiciones controladas .....	26
• Medición de la Supervivencia, Concentración de Oxígeno, pH, a una temperatura constante y a diferentes salinidades como son: 35 ppt, 30 ppt, 25 ppt y 20 ppt , 15 ppt y 10 ppt, con camarones del género <i>Litopenaeus vannamei</i> .....	27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
Conclusiones .....	34
Recomendaciones .....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXOS.....	42

## INTRODUCCIÓN

- **Antecedentes:**

La acuicultura en el Ecuador se enfoca principalmente en el cultivo de camarón. Es una industria generadora de divisas y grandes beneficios socioeconómicos a lo largo de toda su cadena de producción (FAO, 2017). Económicamente, en 2017 esta industria generó ingresos de 2.800 millones de dólares, produciendo cerca de 426 mil toneladas de camarón exportado. Desde el punto de vista social, esta industria beneficia directa o indirectamente a más de 180.000 familias ecuatorianas y de acuerdo a Jose Camposano, Presidente Ejecutivo de la Cámara Nacional de Acuicultura, el 60% de las personas que trabajan en la cadena productiva del camarón son mujeres que en su mayoría también son jefas de hogar.

A lo largo de los años, desde sus inicios, la camaronicultura se ha visto afectada por diferentes enfermedades virales y microbianas, de la misma manera afecciones tóxicas y por una mala alimentación en sus cultivos, han generado la oportunidad para que la academia, representada por universidades y centros de investigación, jueguen un rol importante a la largo de la actividad acuícola, generando información técnico-científica que permita dar a los productores camaroneros herramientas que les permitan tomar decisiones acertadas en sus sistemas de cultivo. (Jara Jácome, Parker Plaza, & Rodríguez Varas, 2002)

- **Definición del problema y justificación.**

A pesar de este crecimiento en volúmenes de producción, la industria no es ajena a sufrir ataques a enfermedades que producen graves pérdidas económicas tal como sucedió en 1999 cuando el virus de la mancha blanca afectó los cultivos de camarón ecuatoriano. Para enfrentar situaciones como esta las instituciones tanto públicas como privadas se ven en la necesidad de generar información oportuna y confiable que permita la toma de decisiones de manera acertada. Una forma de obtener dicha información, es mediante el desarrollo de ensayos de desafío infeccioso, nutricional, toxicológico, etc. Estos ensayos de desafío deben ser efectuados bajo condiciones controladas de forma que se pueda estandarizar sus resultados. Así, el propósito de este proyecto de graduación es el de generar un sala de experimentación que permita realizar ensayo de desafío bajo condiciones controladas para que sus resultados sean

reproducibles. De este modo pueden servir como referencia para establecer soluciones a problemas que se presentan en el sector acuícola.

- **Metodología aplicada: Explicación breve de la metodología que se aplicará para resolver el problema.**

La sala de desafíos con acuarios será construida en el laboratorio de Biología de la Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y de Recursos Naturales (FIMCBOR) en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Se seleccionó el diseño de acuario porque son las mejores unidades experimentales para experimentos a pequeña escala, especialmente en laboratorios bajo cubierta. La sala de experimentación ayuda a mantener un mejor control sobre los factores ambientales, lo que significa que hay menos posibilidades de ocultar los efectos reales de los tratamientos. La mayoría de las investigaciones sobre reproducción y alimentación se realizan con acuarios. Sin embargo, los resultados de los ensayos en acuarios pueden tener una aplicación limitada a escala comercial. Sin embargo, pueden servir como un marco de referencia para una estandarización de productos y protocolos. (Bhujel, 2009)

Se diseñó una sala de desafíos que cuenta con un total de 18 acuarios. Estos acuarios están ubicados en 3 bloques, cada bloque cuenta con 6 acuarios formados por 3 filas y 2 columnas. Una vez diseñada la sala experimental se procedió a realizar la compra de 18 acuarios, 9 aireadores de dos salidas y termóstatos regulables. Los aireadores fueron ubicados de a 3 por cada bloque, es decir 1 aireador para 2 acuarios. Los termóstatos fueron ubicados 1 por acuario de manera que se mantenga la temperatura constante en los 18 acuarios.

Una vez construida la sala experimental se procedió a realizar un desafío durante 72 horas, con el fin de comprobar cómo se comportaba el diseño frente a un desafío experimental.

El desafío consistió en realizar pruebas de relación en la posición de los acuarios vs el comportamiento de los parámetros: oxígeno, temperatura y el pH, utilizando diferentes salinidades.

Se sembraron un total de 30 camarones de 2,5 gramos por acuario, estos fueron traídos de una camaronera del Golfo de Guayaquil. Se realizaron 6 tratamientos en cada bloque con salinidades que son las siguientes: T1= 5ppt, T2=10 ppt, T3=15 ppt, T4=20 ppt, T5=25 ppt, T6=30 ppt, estos tratamientos estaban ubicados aleatoriamente en cada bloque. Se midió la concentración de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y pH cada 3 horas. Además, se realizó un recambio de agua del 10% a través de sifoneo y se dio a los camarones una alimentación en función del 3% de la biomasa. Luego de las 72 horas de haber realizado el desafío se procedió a realizar un ANOVA de dos vías para determinar si había una influencia de las posiciones de los tratamientos (bloques y filas al azar) y el comportamiento de los parámetros mencionados.

- **Objetivo general**

Diseñar y construir un sistema experimental para hacer desafíos con camarones que permita realizar ensayos bajo condiciones controladas.

- **Objetivos específicos:**

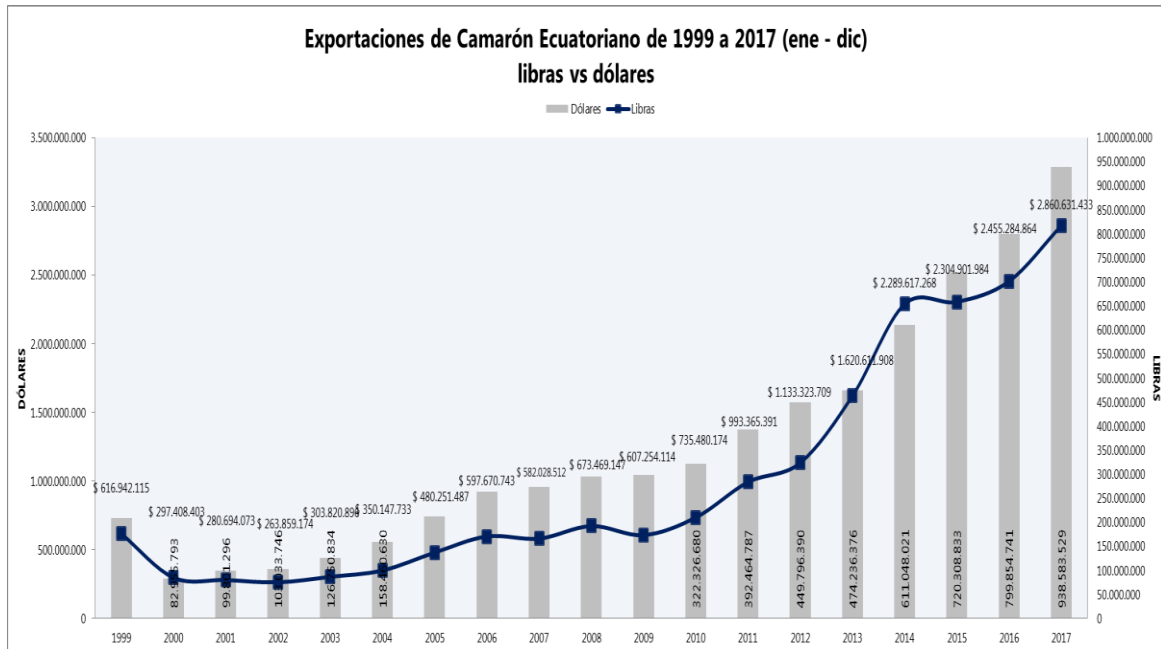
- Definir los principales aspectos a considerar para el diseño de una sala experimental.
- Desarrollar un protocolo para la construcción de una sala experimental.
- Validar el funcionamiento del sistema experimental.
- Identificar oportunidades de mejora para el adecuado funcionamiento del sistema.

# CAPÍTULO 1

## 1. REVISIÓN DE LITERATURA

La acuicultura en el Ecuador se enfoca principalmente en el cultivo de camarón. Es una industria generadora de divisas y grandes beneficios socioeconómicos a lo largo de toda su cadena de producción (FAO, 2017).

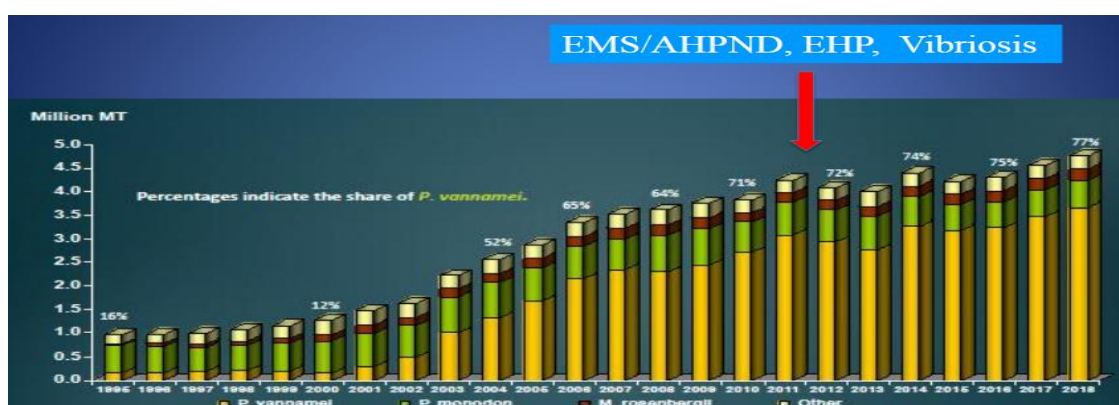
Económicamente, en el año 2017 esta industria generó ingresos de 2.800 millones de dólares, produciendo cerca de 426 mil toneladas de camarón exportado. Desde el punto de vista social, esta industria beneficia directa o indirectamente a más de 180.000 familias ecuatorianas y de acuerdo a José Antonio Camposano, Presidente Ejecutivo de la Cámara Nacional de Acuicultura, el 60% de las personas que trabajan en la cadena productiva del camarón son mujeres que en su mayoría también son jefas de hogar.



**FIGURA 1. 1 EXPORTACIÓN DE CAMARÓN ECUATORIANO. (FUENTE, CNA 2018)**

La industria acuícola en general es una actividad relativamente nueva comparada con otras actividades productivas como la avícola o porcícola, que cuentan con un mayor desarrollo y experiencia. Por esta razón la oportunidad para generar información es mucho más relevante para la defensa y crecimiento de la actividad acuícola.

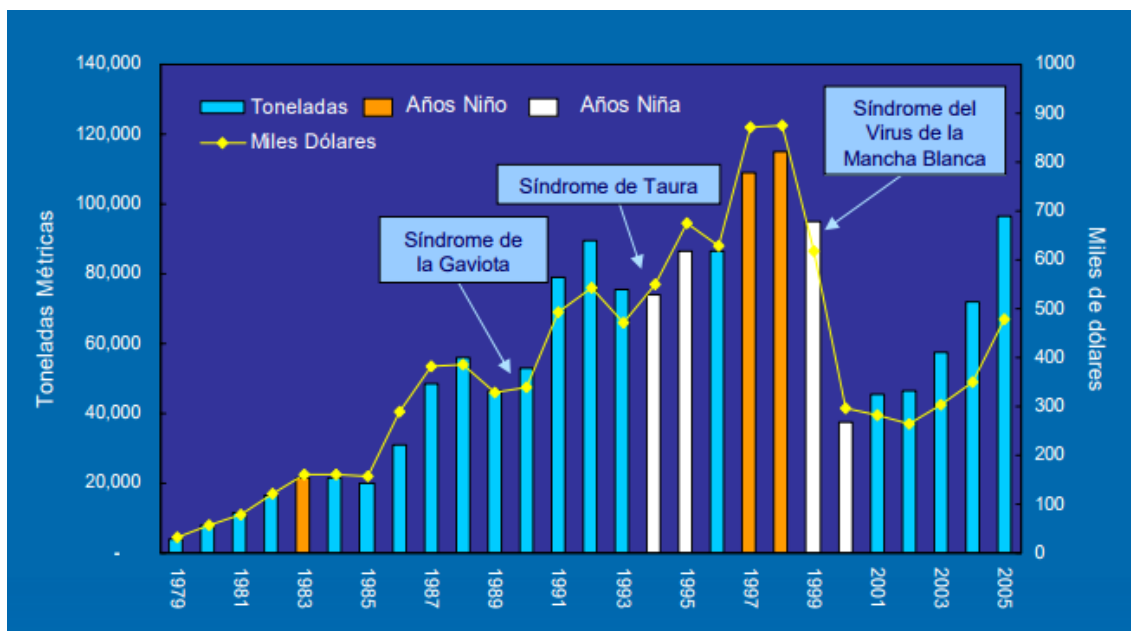
Dentro de la actividad acuícola, la camaronicultura es una actividad que ha venido en crecimiento. Para el año 2018 se estima un aumento del 2% de la producción de camarón a nivel global del total que teníamos en el año 2016, pese a que a partir del año 2011, las fincas camaroneras a nivel mundial se han visto afectada por enfermedades como son: el EMS-AHPND, EHP y vibriosis.



**FIGURA 1.1. PRODUCCIÓN DE CAMARÓN A NIVEL MUNDIAL. (FUENTE, ARANGUREN L. 2017)**

Ya hablando de la industria camaronera ecuatoriana, pese a su incremento en los niveles de producción, esta se ha visto afectada por enfermedades virales y bacterianas que han mermado los niveles de producción. Entre las enfermedades que ha afectado la producción de camarón ecuatoriano, destaca el síndrome de la mancha blanca (WSSV, por sus siglas en inglés), que atacó a finales de 1999 causando grandes pérdidas económicas en la industria camaronera.

Existen otras enfermedades bacterianas como son la vibriosis, y enfermedades micóticas que siguen a afectando a los cultivos de camarón.



**FIGURA 1.3. ENFERMEDADES VS EXPORTACIÓN DE CAMARÓN ECUATORIANO. (FUENTE, NOTARIANNI , 2006)**

La ocurrencia de este tipo de eventos ha generado la oportunidad para que la academia, representada por universidades y centros de investigación, juegue un rol importante en defensa de la actividad acuícola, generando información técnico-científica que permita dar a los productores camaroneros herramientas que les permitan tomar decisiones acertadas en sus sistemas de cultivo (Jara Jácome, Parker Plaza, & Rodríguez Varas, 2002) y de esta manera poder enfrentar los retos que estas enfermedades representan.

Existen entidades, tanto públicas como privadas que tienen como objetivo principal dar soporte a la industria acuícola a lo largo de toda su cadena de producción. Entre las entidades públicas destacan: Ministerio De Acuicultura y Pesca, Instituto Nacional de Pesca INP, Subsecretaría de Calidad e Inocuidad SCI, Subsecretaría de Acuicultura, entre otras.

Estas instituciones están regidas por el Estado y tienen la finalidad de emitir normativas a través de acuerdos ministeriales, reglamentos, requisitos, autorizaciones, etc. Además garantizan la calidad del camarón ecuatoriano a través de la trazabilidad en su ciclo de cultivo y procesamiento.

Entre las entidades privadas se encuentran la Cámara Nacional de Acuicultura, La Sociedad Latinoamericana de Acuicultura, Gremios camaroneros de distintas zonas de

producción de camarón las cuales se encargan de generar información, brindar beneficios y respaldo al sector camaronero ante las diversas autoridades competentes.

Entre las instituciones técnicas y científicas ecuatorianas tenemos las universidades y centros de investigación como son: La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), La Universidad técnica de Machala (UTMACH), La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), estas universidades han mostrado interés en la industria ofreciendo cursos, seminarios y capacitaciones a las personas involucrados en el medio acuícola camaronero del país con la finalidad de poder mantener la sostenibilidad en acuicultura.

El Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), construido en 1990 que tiene como misión el mejoramiento y el desarrollo sustentable de la acuicultura y la biodiversidad marina del Ecuador a través de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la difusión de información.

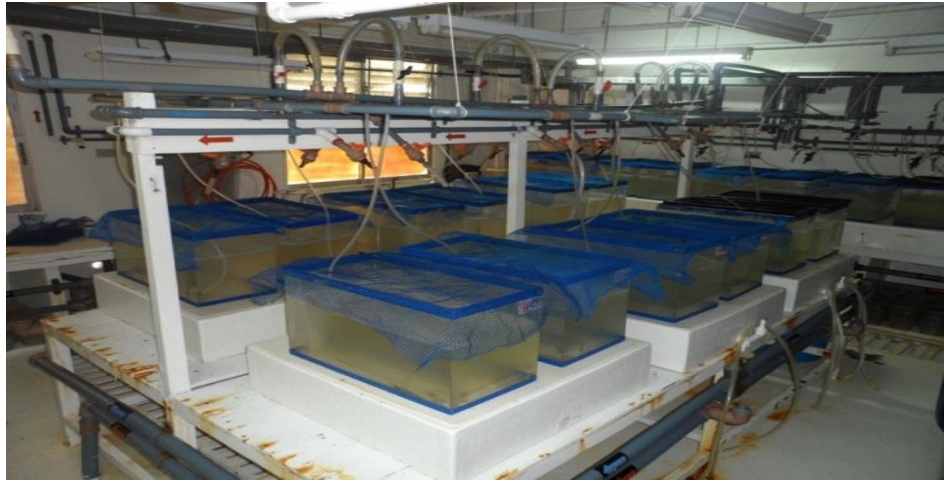
Es importante resaltar que CENAIM es uno de los centros de investigaciones con más prestigio y reconocimiento, el cual a través de estudios epidemiológicos, patológicos y nutricionales, ha aportado con gran información, la cual ha permitido parte del éxito de los camaroneros que son parte de la industria.

Debido al éxito de la industria camaronera ecuatoriana al exportar nuestro producto a diversas partes del mundo, diversas firmas extranjeras han venido a realizar grandes inversiones con empresas nacionales para innovar y suplir la demanda de alimento balanceado existente en la industria acuícola ecuatoriana.

Entre las principales firmas extranjeras destacan las multinacionales: CARGILL, SKRETTING Y BIOMAR, que tienen como objetivo ofrecer un alimento balanceado de calidad que permita generar rentabilidad en los cultivos, y por ende el incremento de oportunidades laborales, ya que este es uno de los principales costos de producción al ocupar el 60%. Para poder cumplir este objetivo estas empresas cuentan con centros de investigación y desarrollo los que les permiten innovar la calidad y calidez del producto que ofrecen al sector acuícola camaronero. (COMERCIO, 2017). Estas instalaciones por lo general cuentan con infraestructura para la realización de ensayos experimentales en los que evalúan diversas propuestas en busca de mejoras a sus procesos o productos.



Como ejemplo de la implementación de este tipo de salas experimentales tenemos la sala 1 del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas CENAIM, sala interna para desafíos con virus de la mancha blanca (WSSV), compuesta de 48 acuarios de policarbonato de 50 L de capacidad.



**FIGURA 1.4. SALA EXPERIMENTAL 1 DE CENAIM. (FUENTE, CENAIM, 2018)**

También su sala 6, sala interna para prueba con camarones juveniles, compuesta de 64 gavetas plásticas de 50 L de capacidad.



**FIGURA 1.5. SALA EXPERIMENTAL 6 DE CENAIM. (FUENTE, CENAIM, 2018)**

El diseño y adaptación de estas salas permite realizar el incremento de la temperatura del agua y mantenerla en un rango estable (CENAIM, 2018).

Este proyecto de diseño acuícola, tiene como objetivo fundamental el diseñar y construir una sala experimental donde sea posible hacer desafíos bajo condiciones

controladas, obteniendo resultados que permitan generar información de utilidad y aplicación en el campo acuícola, tal como lo han venido haciendo diversos centros de investigación establecidos en el país.

Basados en lo expuesto anteriormente respecto al diseño de salas experimentales encontradas en la industria, se seleccionaron acuarios de plástico que tendrán un termostato que permitirá tener un rango estable de temperatura, adecuada para el desafío a realizar.

### 1.1. Biología de la especie a utilizar en la sala experimental.

<b>Género</b>	<i>Penaeus</i>
<b>Especie</b>	<i>vannamei</i>
<b>Nombre común</b>	Camarón blanco
<b>Origen y distribución</b>	Esta especie de camarón es nativo de la costa oriental del Océano Pacífico, y está distribuida geográficamente desde el Alto Golfo de California hasta Perú
<b>Morfología</b>	Básicamente está conformado por un cefalotórax, abdomen y cola.
<b>Hábitat</b>	Durante los estadios de postlarvas pasan su etapa juvenil y pre adulta en estuarios y lagunas costeras, ya cuando son adultos viven en ambientes marinos tropicales.
<b>Alimentación</b>	Esta especie se alimenta de organismos planctónicos durante su fase larvaria, y durante su fase juvenil su hábito alimenticio se vuelve detritívoro bentónico.
<b>Reproducción</b>	Este es un organismo dioico, por lo que su fecundación es externa
<b>Rango de temperatura</b>	El rango de temperatura en el cual se desarrolla esta especie es entre los 20 y 28 °C
<b>Rango de salinidad</b>	Esta especie puede sobrevivir de los 0 hasta los 50 ppm.
<b>Etapas de crecimiento</b>	Las fases de crecimiento son las siguientes: Huevo, nauplio, zoea, mysis, post-larva, juvenil y adulto.

**TABLA 1: BIOLOGÍA DEL CAMARÓN BLANCO. FUENTE (CALIFORNIA, 2018)**

## **1.2. Calidad de agua**

En la camaronicultura es de vital importancia el mantener conocimientos sobre la calidad del agua, debido a que es el medio principal donde se desarrollan el camarón del género *Litopenaeus vannamei*. La calidad de agua determina el éxito o fracaso no solo de los cultivos productivos, sino también de los ensayos experimentales. Por esta razón La calidad de agua debe ser controlada durante todo el tiempo, debido a que se afecta generalmente por procesos bioquímicos como son: respiración, alimentación metabolismo. Reproducción y remoción de los desechos en el fondo. Se debe tener presente que la calidad de agua es muy dinámica debido a que los animales acuáticos en los sistemas de cultivo, ya sea en acuarios o estanques, consumen oxígeno y producen metabolitos. Claude Boyd, define a la calidad de agua como la suma de los químicos disueltos en el agua más los atributos físicos que la afectan. (Sonnellholzner, 2017)

## **1.3. Temperatura**

La temperatura es un parámetro muy importante en el cultivo de camarón, debido a que tiene un rango de crecimiento óptimo a temperaturas entre los 25 °C y 32 °C. La temperatura afecta directamente en los procesos bioquímicos como son el crecimiento y la respiración, donde se ha establecido que por cada 10 ° de aumento estos procesos bioquímicos son duplicados afectando directamente la calidad del agua. (Boyd C. E., Temperatura, 2000).

## **1.4. Oxígeno disuelto**

En el cultivo de camarón, los productores deben tener presente que el oxígeno disuelto es la variable que más importancia en la calidad de agua de un estanque o acuario, por tal motivo, los productores e investigadores deben tener más que claro, como la concentración del oxígeno en el agua puede beneficiar o repercutir a nuestro organismo de cultivo en la actividad y crecimiento.

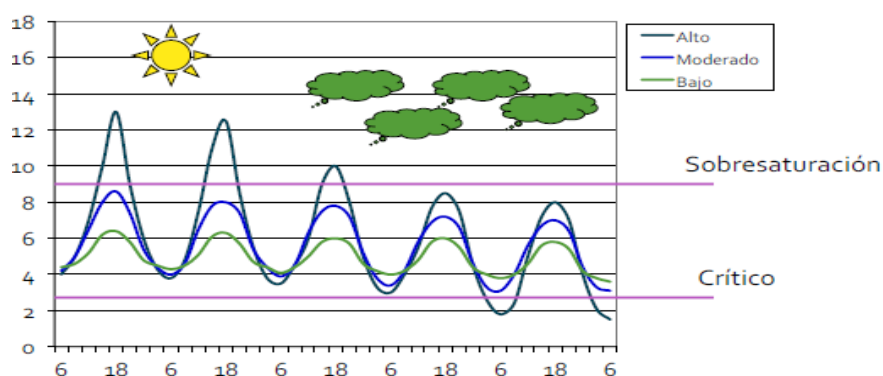
En estanques y acuarios con el oxígeno disuelto a diferentes rangos de concentraciones tiene influencia sobre el desarrollo del camarón, como se detalla en la tabla 2.

Concentración de oxígeno disuelto	Efecto
Menor de 1 o 2 mg/L	Letal si la exposición dura más que unas horas
2-5 mg/L	Crecimiento será lento si la baja de oxígeno disuelto se prolonga
5 mg/L- saturación	Mejor condición para crecimiento adecuado
Supersaturación	Puede ser dañino si las condiciones existen por todo el estanque. Generalmente, no se aprecian problemas.

**Tabla 3: Biología del camarón *Penaeus vannamei*. Fuente (Boyd C. E., Temperatura, 2000)**

Entre las principales fuentes de oxígeno para los sistemas acuáticos destacan el de equilibrio atmosférico, el de la productividad primaria, fotosíntesis y el que es utilizado en los acuarios para desafíos experimentales como es el de aireación mecánica. (Sonnellholzner, 2017)

El oxígeno disuelto en los estanques de cultivo de camarón suele fluctuar durante las 24 horas, mostrando sus niveles más altos durante la fase nocturna, como se muestra en la siguiente figura.



**FIGURA 1.6. FLUCTUACIÓN DIURNA DE OXÍGENO EN UN CULTIVO DE CAMARÓN  
(FUENTE, SONNELHOLZNER, 2017)**

### 1.5. Potencial de Hidrógeno pH

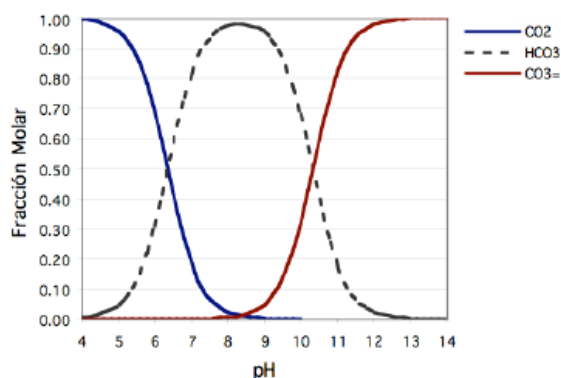
El pH o Potencial de hidrogeno es un parámetro que nos permite el conocer la intensidad básica o acida del agua del agua, esto debido a que es una medida de la actividad (concentración) de los iones ( $H^+$ ) en un solvente. Desde una perspectiva química en una escala de logaritmos, un cambio de una unidad de pH hace referencia a un cambio de la actividad del ion  $H^+$  por 10 ocasiones. El rango del pH esta entre 0 y 14. Una solución se vuelve acida a medida que existe una disminución del pH, por tal motivo si el pH del agua está lejos o cerca de 7, el agua se torna más acida o básica. El pH tiene un rol importante en los organismos de cultivo en las diferentes rangos como se aprecia en la siguiente tabla 4.

<b>Efecto</b>	<b>pH</b>
Punto de acidez letal	4
No reproducción	4-5
Crecimiento lento	4-6
Mejor crecimiento	6-9
Crecimiento lento	9-11
Punto letal de alcalinidad	11

**Tabla 4: Generalización de la influencia del pH. (Fuente Boyd, 2000)**

### 1.6. Dióxido de Carbono

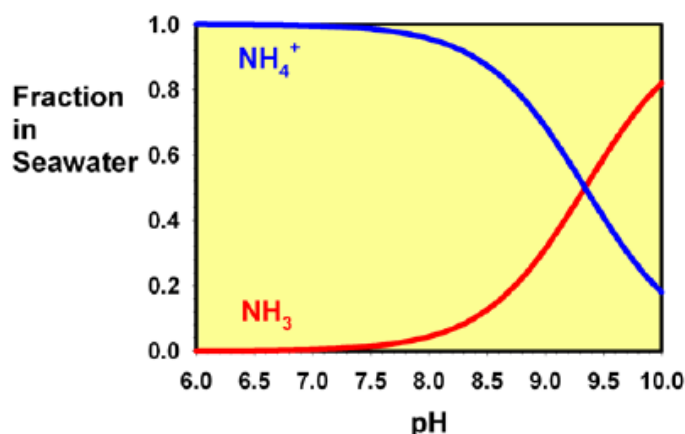
En los cultivos de camarón es un gas producido por la respiración de los organismos y es inversamente proporcional al oxígeno. Es de vital importancia en la acuicultura debido a que puede ser un factor generador de estrés, influye en el pH del agua, además es un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas y su escasez puede ser un limitante para la producción primaria. Durante la tarde, la concentración de  $CO_2$  puede ser de 0 mg por litro y de 5 a 10 durante la noche y madrugada. Se debe de ser muy precavidos ya que niveles superiores a 20 pueden generar un efecto narcotico y mayor a 60 un efecto en la reducción de la supervivencia. El  $CO_2$  varía en función del pH, ya sea como bicarbonato o como carbonato, tal como se muestra en la siguiente figura 4. (Sonnelholzner, 2017)



**FIGURA 1.7. FLUCTUACIÓN DIURNA DE OXÍGENO EN UN CULTIVO DE CAMARÓN. (FUENTE, SONNELHOLZNER, 2017)**

### 1.7. Nitrógeno: Amonio (Amonio no ionizado $\text{NH}_3$ y Amonio ionizado $\text{NH}_4$ ).

El amonio es el más relevante desecho nitrogenado excretado por los crustáceos en los sistemas de cultivos y acuarios. El amonio se puede presentar en forma ionizada  $\text{NH}_4$  y en forma no ionizada  $\text{NH}_3$ , esta última la cual es tóxica para los camarones en cultivos. El amonio no ionizado y el ionizado en un medio de cultivo se encuentran equilibrados (ver figura 5), y depende su proporción relativa parámetros como son: el pH, la temperatura y manera no muy significativa la salinidad. (Sonnellholzner, 2017). Se recomienda hoy en día evitar que los niveles de nitrógeno de amonio no sean mayores a 2 mg/Litro, debido a que puede generar un estrés. (Boyd C. E., Temperatura, 2000) Para evitar el incremento del amonio, se recomienda dar un alimento en forma adecuada, ya que el alimento es una de las principales fuentes de Nitrógeno en los cultivos de camarones.



**FIGURA 1.8. EQUILIBRIO AMONIO IONIZADO Y AMONIO NO IONIZADO (FUENTE, SONNELHOLZNER, 2017)**

En un acuario o ecosistema de cultivo, existe un proceso de nitrificación que es cuando el amonio pasa a nitrito y posteriormente a nitrato, este proceso dura aproximadamente unos 50 días y es necesario hacer recambios de agua para regular estos niveles. (Sonnellholzner, 2017)

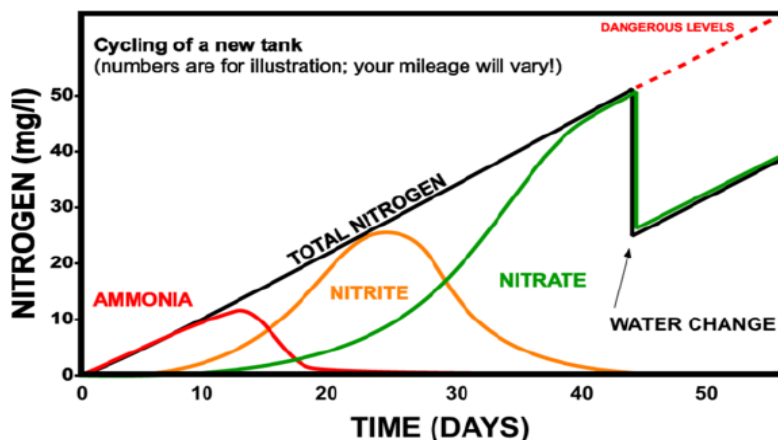


FIGURA 1.9. PROCESO DE NITRIFICACIÓN EN UN CULTIVO DE CAMARONES. (FUENTE, SONNELHOLZNER, 2017)

### 1.8. Alcalinidad y dureza

Entiéndase por alcalinidad a la concentración total de las bases presentes en el agua como son el amonio, hidróxido, carbonato, bicarbonato, fosfato y silicato, expresadas en miligramos por litros de  $\text{CaCO}_3$ . Para el cultivo de camarón, pese a que los camarones no tienen un requerimiento importante de la alcalinidad, en los estanques es recomendable utilizar una concentración superior a los 75 mg/L. (Boyd C. E., Temperatura, 2000)

La dureza es la suma total de los iones de Calcio Y Magnesio, es decir los divalentes, expresados como carbonato de calcio por litro. Cabe resaltar que la dureza no es un factor relevante dentro del ciclo de cultivo de camarón, desde el punto de vista de calidad de agua, y si existe una necesidad de otorgar estos metales divalentes a través del alimento balanceado o de otras fuentes para que ayuden en los procesos fisiológicos del camarón como son la muda y la osmoregulación y la tolerancia al estrés. (Sonnellholzner, 2017)

### 1.9. Salinidad

La salinidad está definida básicamente como la suma total de los iones disueltos que son: Sodio, Magnesio, Calcio, Potasio, Cloruro, Sulfato, Bicarbonato. (Sonnellholzner, 2017). Hoy en día existen cultivos de camarones con bajas salinidades y altas salinidades, sin embargo se recomienda producir a una salinidad superior a 5, ya que existe una producción mejor. La salinidad en el agua de mar se encuentra a 35 ppm. La salinidad en los estuarios varía de acuerdo a la estación climatológica, ya que suele aumentar durante la estación seca y disminuir durante la estación lluviosa. Esta a su vez disminuye a medida que nos adentramos a la boca del estuario y suele estratificarse de acuerdo a la salinidad. (Boyd C. E., Temperatura, 2000)

En nuestro primer desafío, se procedió a realizar 6 tratamientos con las siguientes salinidades: T1=5 ppt, T2=10 ppt, T3= 15 ppt, T4= 20 ppt, T5= 25 ppt, T6=30 ppt, para lo cual fue necesario utilizar la fórmula que se detalla a continuación para preparar las salinidades a las concentraciones deseadas.

$$C1V1 = C2V2$$

## 2. Modelos experimentales de sistemas.

Básicamente los modelos experimentales nos permiten simplificar las interacciones que existen entre camarones en los estanques de cultivo y las comunidades bentónicas y microbianas que existen en el medio ambiente, debemos tener presente que el grado de fidelidad con que cada modelo experimental nos permite hacer la reproducción del ecosistema real.

Nuestra sala experimental como prioridad buscar que los datos obtenidos durante los desafíos puedan ser extrapolados al mundo real acuícola camaronero.

### 2.1. Sistema discontinuo

En nuestro diseño y construcción de la sala experimental para hacer desafíos bajo condiciones controladas se empleó un sistema discontinuo, o más conocido como batch. El sistema discontinuo se caracteriza porque los componentes biológicos (especie con la que se trabaja) y los del medio nutritivo (alimento balanceado) o el



elemento con el que se realizara el desafío, son añadidos a un sistema cerrado, en este caso los acuarios.

### **3. Indicadores universales de producción en sistemas acuícolas.**

#### **3.1. Densidad Poblacional.**

Se define a la densidad poblacional como el número de individuos de la misma especie que habitan en una unidad de superficie y de volumen. Esta densidad está influida por dos series de factores opuestos que en un sistema cerrado son la natalidad y la mortalidad. (SCRIBD).

La densidad de siembra en camarones estará en función de cuidado que se tenga en los estanques y de la capacidad técnica de la granja, del suministro o no de alimentación, cambios de agua, etc. (Fenucci, 1988)

#### **3.2. Biomasa**

La biomasa de un ecosistema es la masa total de los individuos que constituyen la biocenosis (comunidad biótica). Se mide en gramos de peso fresco o su equivalente.

#### **3.3. Supervivencia**

Definimos como supervivencia a la relación entre el número de individuos ingresados al sistema y los recuperados al final del ciclo de cultivo.

### **4. Condiciones Biológicas de Bioensayos.**

#### **4.1. Recambio**

Según **(Abad-Rosales, Betancourt-Lozano, Vargas-Albores, & Roque, 2011)** los recambios de agua en los cultivos de camarón es una medida que tradicionalmente se propone para mantener el estado de salud de los animales en cultivo, ya sea en estanques o en acuarios permitiendo la dilución de los componentes tóxicos del agua. Por esta razón, el recambio de agua en nuestro primer desafío fue del 10 %. **(Talaver, Zapata, & Sánchez , 1997)**

#### 4.2. Alimentación

La determinación del porcentaje de biomasa a alimentar para un animal en un momento de su ciclo de vida se determina al estudiar la relación entre la ración a administrar (mantenimiento, óptima o máxima) vs la tasa de crecimiento específica (%peso/día) obtenida. (Molina,C. AquaExpo, 2017).

Las fábricas de alimentos por lo general otorgan una tabla referencial para determinar qué porcentaje de alimento administrar de acuerdo al peso corporal de los animales en los estanques. Para el caso de esta prueba este porcentaje se definió en el 3% de la biomasa.

$$Biomasa = \sum \text{peso individual}(gr) =$$

$$Peso \text{ medio} = \frac{Biomasa}{\text{numero de individuos}} =$$

$$Peso \text{ medio} = \frac{75 \text{ gr}}{30} = 2,5 \text{ gr}$$

$$Cantidad \text{ de alimento diario} = \frac{Peso \text{ promedio} \times \text{número de individuos} \times 3\%}{100} =$$

$$Cantidad \text{ de alimento diario} = \frac{2,5 \times 30 \times 3}{100} = 2,25 \text{ gr}$$

#### 4.3. Densidad

La densidad a la cual se colocan los animales varía de acuerdo con el cuidado que se tenga de los estanques y de la capacidad técnica de la granja, del suministro o no de alimentación, cambios de agua, etc. (Fuente, FENUCCI).

En términos generales en un estanque al que sólo se fertiliza y se cambia el agua se pueden colocar hasta 2 camarones por m<sup>2</sup>; si se agrega algún tipo de alimento, con un mayor recambio de agua la densidad de podrá encontrar entre 3 y 10 animales por metro cuadrado, pudiéndose llegar hasta 40 camarones/m<sup>2</sup> utilizando aireación suplementaria (Liao y Chao, 1983).

Para nuestro caso, al tratarse de un sistema en la que se suministra aireación suplementaria y se controla al 100% la cantidad de alimento disponible, además de contar con un sifoneo del agua, se decidió colocar 30 camarones por cada acuario, equivalente a un sistema de cultivo intensivo o de alta densidad.

#### 4.4. Temperatura

Según estudios de **(Rodríguez & Sonnelholzner, 2001)**, la temperatura óptima para obtener un efecto positivo en la supervivencia es de 33°C con camarones infectados con el virus de la mancha blanca; aunque se estima que la temperatura óptima para el desarrollo cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei* es de 28 a 30°. Por tal motivo para los 18 acuarios en la sala experimental se utilizó para el primer desafío, una temperatura de 29±1°C.

### 5. Modelo Estadístico

Para la validación del funcionamiento de nuestra sala de experimentación decidimos asumir que cada posición del tratamiento entre el bloque, la fila y columna donde se ubica podría incidir en el resultado del diseño experimental. Con el fin de minimizar cualquier efecto posible se escoge el diseño de bloques aleatorizados. Un diseño en bloques aleatorizados en un diseño de aleatorización restringida en el cual las unidades experimentales son primero clasificadas en grupos homogéneos, llamados bloques, y los tratamientos son entonces asignados aleatoriamente dentro de los bloques.

Esta estrategia mejora efectivamente la precisión en las comparaciones al reducir la variabilidad residual. Dicho diseño es quizás el diseño experimental más ampliamente utilizado. En el caso de que no todas las observaciones que podamos realizar para los  $n$  tratamientos puedan considerarse homogéneas, y es más, podamos considerar que hay fuentes conocidas de variabilidad, nos podemos librar de esta variabilidad dividiendo las observaciones de cada clasificación en bloques. **(Diseño en bloques aleatorizados, 2016)**

En el caso de que en cada bloque haya una observación de cada tratamiento, y siempre y cuando los tratamientos sean asignados al azar dentro de cada bloque, denominamos a este diseño en bloques aleatorios.

El modelo matemático usado vendrá dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

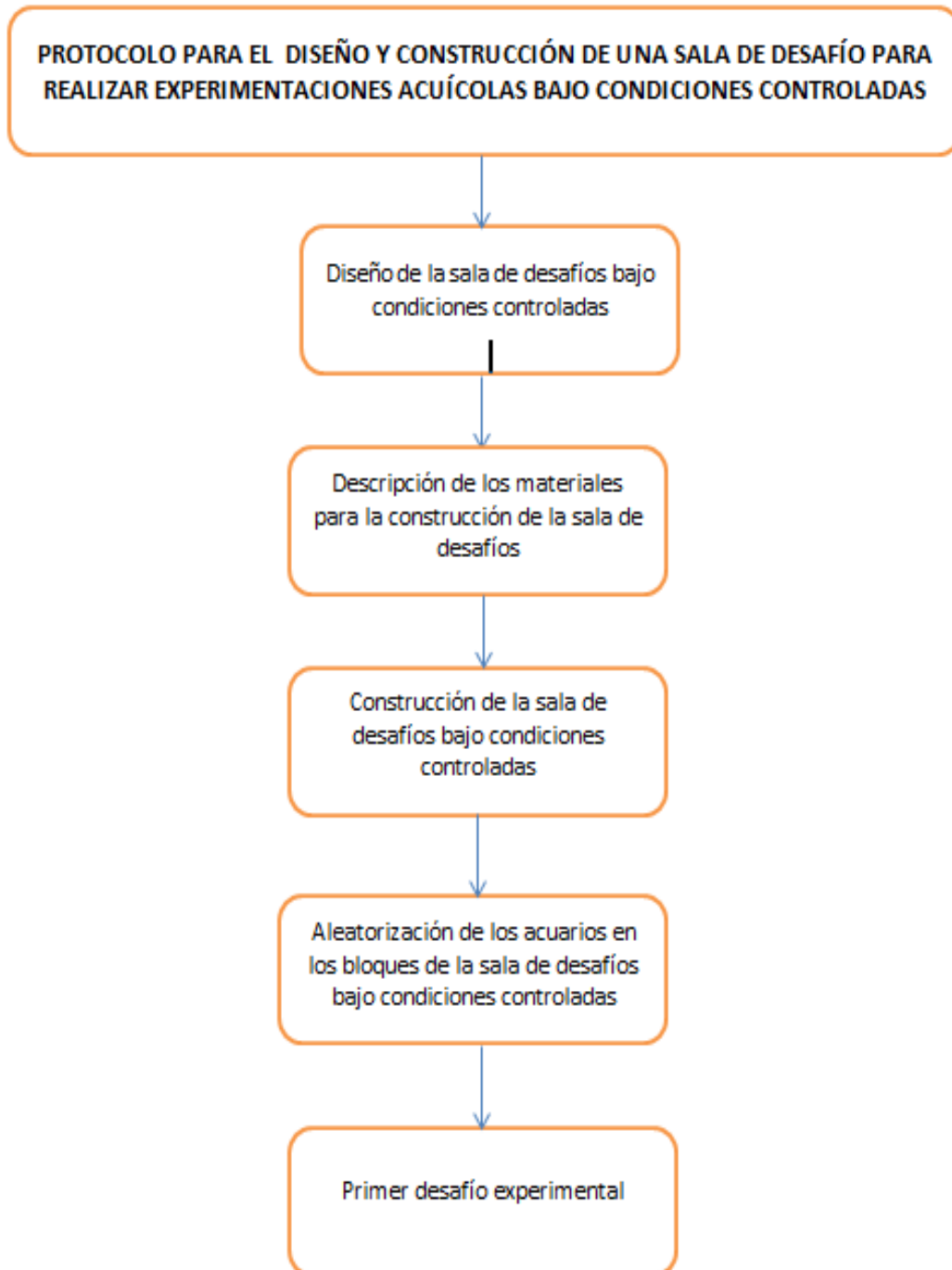
en donde  $j$  es el efecto del  $j$ ésimo bloque y  $\tau_i$  es el efecto del  $i$ ésimo tratamiento.

$\mu$  media general

$\beta_j$  Efecto general más el efecto del tratamiento.

Este diseño se lo resuelve mediante un ANOVA de dos vías.

## **6. Diseño y construcción de una sala de desafío para realizar experimentaciones acuícolas bajo condiciones controladas”**



El sistema experimental estará formada por 18 acuarios ubicados al azar. Estos acuarios serán ubicados en 3 bloques (repisas). Los bloques estarán diseñados de 2 filas y 3 columnas para ubicar los acuarios. Se seleccionó el diseño de acuario porque

son las mejores unidades experimentales para experimentos a pequeña escala, especialmente en laboratorios bajo cubierta. El diseño que se ejecutará para la sala de experimentación, ayudará a mantener un mejor control sobre los factores ambientales, lo que significa que habrá menos posibilidades de ocultar los efectos reales de los tratamientos. Es importante mencionar, que la mayoría de las investigaciones sobre reproducción y alimentación de camarones y peces se realizan con acuarios. A continuación se detalla una vista esquemática aérea de los 3 bloques:

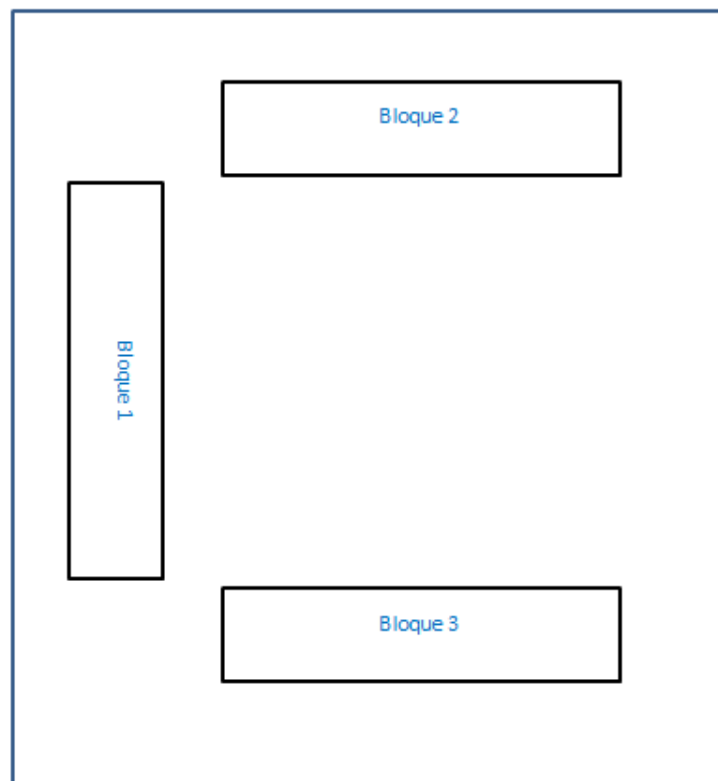
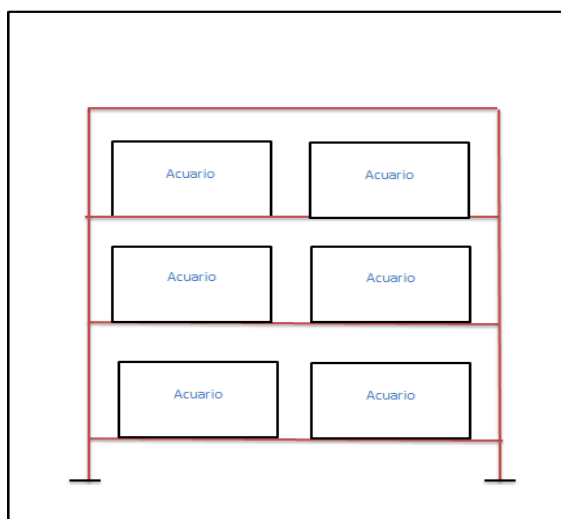


Ilustración 1. Vista superior de los bloques en la sala de desafíos

A continuación se detalla una vista esquemática frontal de un bloque con los acuarios. Los acuarios estarán ubicados con 2 filas y 3 columnas. Cabe mencionar

que el Bloque 1 es similar al Bloque 2 y al Bloque, es decir se obtendrán dos réplicas de un experimento con los acuarios ubicados al azar.



#### 6.1. Descripción de los materiales y equipos necesarios para el diseño y construcción de la sala de desafío para realizar experimentaciones bajo condiciones controladas.

Se requiere la correcta instalación de los componentes que formarán parte de la sala de desafíos bajo condiciones controladas. Estos componentes fueron comprados en tiendas para mascotas donde comercializan peces ornamentales, y tienen la finalidad de dar las condiciones controladas a nuestra sala experimental. A continuación, se detalla cada uno de los equipos comprados en base a l diseño y para la construcción de nuestra sala experimental para realizar desafíos bajo condiciones controladas.

**TABLA 2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE LA SALA DE DESAFÍO**

Equipo/material	Dimensiones/características	Especificaciones	Costo
-----------------	-----------------------------	------------------	-------

3 Repisas metálicas	3 niveles	Pintadas de color blanco y con pintora antioxidante	\$00
18 Recipientes de plástico	54 cm largo * 36cm ancho * 54 cm profundidad Marca: Plapasa	Volumen de agua: 55 Litros	\$ 216
18 Termostatos	Marca: RSElectrical	Voltaje: 110 V	\$180
9 aireadores	Marca: JAD de dobe salida	Capacidad de transferencia: SC-7500	\$ 90
18 piedras difusoras	Tipo de material: Piedra porosa	Diámetro de burbuja: Desconocido	\$54
28 metros de mangera	Mangera plástico para acuarios no tóxica	Diámetro de 8 milímetros	\$18 <sup>20</sup>
<b>Costo total de materiales</b>			\$558,20

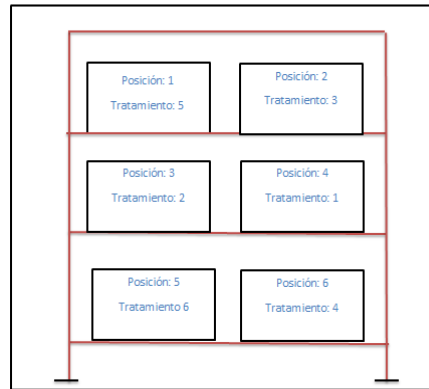
## 6.2. Establecimiento de la aleatoriedad en los acuarios

Para establecer la aleatoriedad en cada bloque para colocar los tratamientos en los acuarios, se procederá a elaborar fichas 12 fichas, las cuales estarán rotuladas de la siguiente manera:

Posición	Tratamiento
1	Tratamiento 1
2	Tratamiento 2
3	Tratamiento 3
4	Tratamiento 4
5	Tratamiento 5
6	Tratamiento 6

Las fichas del acuario y del tratamiento, serán ubicadas en diferentes recipientes, donde se tomará una ficha del tratamiento y posteriormente una de la posición, de manera que se forme un par y nos permita establecer la ubicación de los acuarios en forma aleatoria.





Este procedimiento de aleatorización para nuestra sala de desafío, se lo realizará para los 3 bloques, de manera que se anule la variabilidad, debido a la ubicación de los acuarios de en los diferentes niveles de altura existente en cada bloque.

### **6.3. Construcción de la sala de desafíos para realizar experimentaciones acuícolas bajo condiciones controladas**

1. Para la construcción, primero se debe colocar las 3 repisas metálicas, formando un cuadrado carente de un lado, como se muestra en la ilustración 1.
2. Considerando que las repisas de la sala de desafíos tienen 3 niveles, estas tienen la capacidad para almacenar 2 acuarios por nivel. Se procede a colocar 2 acuarios por en cada nivel de manera que se aprecie la construcción del bloque como se muestra en la ilustración 2.
3. La temperatura es un parámetro indispensable que debemos mantener en todo nuestra sala de desafíos, por tal motivo se procederá a construir una instalación eléctrica que nos permita conectar los termostátos y a la vez colocarlos en los acuarios que se encuentran en los bloques.
4. Se procede a colocar los aireadores, en la parte central de cada nivel de la repisa entre los acuarios, de manera que haya una salida de aire para cada acuario en cada nivel, permitiendo mantener controlados los niveles de oxígeno. Para abastecer de energía los aireadores, se hará uso de la instalación eléctrica que se detalla en el paso 3.
5. Por consiguiente se procede a colocar un tanque cilíndrico, el cual nos va a permitir abastecer de agua a nuestro sistema, además recuperar los niveles necesarios de agua cuando se haga la limpieza del fondo

del acuario mediante el sifoneo.

#### **6.4. Primer desafío.**

- Medición de la Supervivencia, Concentración de Oxígeno, pH, a una temperatura constante y a diferentes salinidades como son: 35 ppt, 30 ppt, 25 ppt y 20 ppt , 15 ppt y 10 ppt, con camarones del género *Litopenaeus vannamei*.
- **Preparación de los materiales y equipos del laboratorio**

Para llevar a cabo este primer desafío, será necesario abastecer de agua a la sala experimental donde se encuentran los acuarios bajo condiciones controladas, por tal motivo se obtendrán 1000 litros de agua de mar filtrada de un laboratorio de larvas ubicado en la Península de Santa Elena. Esta agua de mar servirá para aclimatar a los camarones provenientes de la camaronera ubicada en el golfo de Guayaquil, adicionalmente permitirá hacer el recambio de agua respectivo.

Primero se procederá a limpiar los acuarios con una solución de Hipoclorito de Sodio al 10%, posteriormente se dejará secar 24 horas y luego se hará un enjuague con vitamina C al 10%, para garantizar que los 18 acuarios se encuentren en condiciones asépticas para el desafío.

Luego de 24 horas se procederá a llenar tomando agua de una tanque reservorio de 200 litros y con una bomba sumergible un total de 55 litros de agua de mar para cada uno de los 18 acuarios. Una vez llenos los acuarios, se colocarán los termostatos de la marca RSElectricalHeater, calibrados a una temperatura constante de 28 °C. Posteriormente, se ubicarán un total de 9 aireadores de la marca JAD con dos salidas de aire los que abastecerá a dos acuarios que se encuentran en cada nivel de los 3 bloques en la sala de desafíos. Una vez encendido los equipos, se procederá hacer

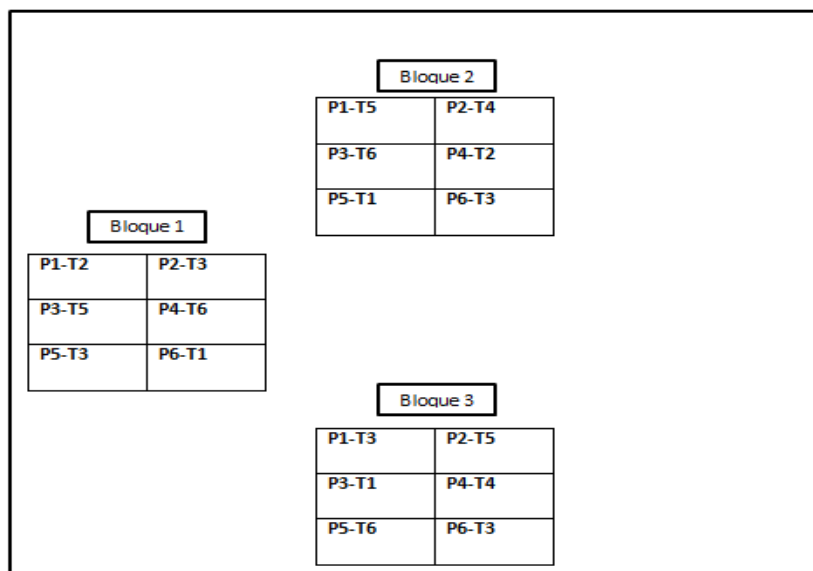
los análisis de calidad de agua como son: concentración de oxígeno, salinidad, pH, y temperatura.

- **Tratamiento**

700 camarones blancos del género *Litopenaeus vannamei* de entre 2 y 2,5 gramos, serán obtenidos de una camaronera del cantón Durán en el Golfo de Guayaquil. Las larvas vendrán a una salinidad de 3 ppt y se las irá aclimatando hasta llegar a los tratamientos establecidos. Estos camarones serán transportados en tanque térmico y con oxígeno.

Una vez que los camarones se encuentren en la sala experimental, se procederá a medir los parámetros como son la temperatura, pH y salinidad en el tanque reservorio. La aclimatación será realizada en el tanque de 200 litros y una vez alcanzada la salinidad del tratamiento,

Luego procederá a colocar un total de 30 camarones en cada uno de los 18 acuarios. Los camarones serán alimentados con pellets de un alimento balanceado comercial, al 3% de la biomasa. Se hará un recambio de agua del 10% diario a través de sifoneo para retirar los residuos de la muda, los residuos de heces y los residuos alimento balanceado en el fondo del acuario, que son producto de los camarones. Una vez sembrados los camarones en todos los acuarios a una temperatura controlada de 28 °C una salinidad de 35 ppt, se procederá a hacer la aleatorización respectiva para realizar los 6 tratamientos con las diferentes salinidades en cada bloque. A continuación se detallan la ubicación de los tratamientos aleatorizados en cada uno de los 3 bloques.



Donde  $C_1$ , es la concentración inicial, es decir la concentración del agua de mar ;  $C_2$  es la concentración final o la concentración a la salinidad que se desea trabajar;  $V_1$  el volumen inicial, es decir, la cantidad de agua dulce que deseamos verter para alcanzar nuestra concentración adecuada; por finalizado el volumen final  $V_2$ , el cual será constante, es decir, 55 litros.. A continuación se detallan los cálculos para obtener los diversos tratamientos.

### Tratamiento 1

<b>Concentración 1</b>	32 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Concentración 2</b>	5 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Volumen 1</b>	8,5 lt
<b>Volumen 2</b>	55 lt
<b>Diferencia de vol.</b>	46, 5 litros

$$V_1 = \frac{V_2 C_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{(55 \text{ lt} \times 5 \text{ g/lt})}{32 \text{ g/lt}} = 8,5 \text{ lt}$$

### Tratamiento 2

<b>Concentración 1</b>	32 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Concentración 2</b>	10 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Volumen 1</b>	17,18 lt
<b>Volumen 2</b>	55 lt
<b>Diferencia de vol.</b>	37,82litros

$$V_1 = \frac{V_2 C_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{(55 \text{ lt} \times 10 \text{ g/lt})}{32 \text{ g/lt}} 17,18 \text{ lt}$$

### Tratamiento 3

<b>Concentración 1</b>	32 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Concentración 2</b>	15 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Volumen 1</b>	Lt
<b>Volumen 2</b>	55 lt
<b>Diferencia de vol.</b>	29,3 lt de agua

$$V_1 = \frac{V_2 C_2}{C_1}$$

$$V_2 = \frac{(55 \text{ lt} \times 15 \text{ g/lt})}{32 \text{ g/lt}} = 25,7 \text{ lt}$$

### Tratamiento 4

<b>Concentración 1</b>	32 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Concentración 2</b>	20 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Volumen 1</b>	34,4 lt

<b>Volumen 2</b>	55 lt
<b>Diferencia de vol</b>	20,7 lt de agua

$$V1 = \frac{V2C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{(55 \text{ lt} \times 20 \text{ g/lt})}{32 \text{ g/lt}} = 34,3 \text{ lt}$$

### Tratamiento 5

<b>Concentración 1</b>	32 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Concentración 2</b>	25 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Volumen 1</b>	42,96 lt
<b>Volumen 2</b>	55 lt
<b>Diferencia de vol.</b>	12,04 lt

$$V1 = \frac{V2C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{(55 \text{ lt} \times 25 \text{ g/lt})}{32 \text{ g/lt}} = 42,96 \text{ lt}$$

### Tratamiento 6

<b>Concentración 1</b>	32 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Concentración 2</b>	30 g.lt <sup>-1</sup>
<b>Volumen 1</b>	51,56 lt
<b>Volumen 2</b>	55 lt
<b>Diferencia de vol.</b>	3,44 lt

$$V1 = \frac{V2C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{(55 \text{ lt} \times 30 \text{ g/lt})}{32 \text{ g/lt}} = 51,56$$

Una vez establecidos los tratamientos con las diferentes salinidades, se procederá a realizar el cálculo de la biomasa, la supervivencia, y el pH a nuestros acuarios. Se otorgará una alimentación al 3% de la biomasa con una pellet de un alimento balanceado comercializado. Para el control de la biometría de nuestro desafío bajo condiciones controladas camarones del género *L. vannamei*, se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$\mathbf{Biomasa} = \sum \mathbf{peso\ individual(gr)} =$$

$$\mathbf{Peso\ medio} = \frac{\mathbf{Biomasa}}{\mathbf{numero\ de\ individuos}} =$$

$$\mathbf{Peso\ medio} = \frac{75\ gr}{30} = 2,5\ gr$$

$$\mathbf{Cantidad\ de\ alimento\ diario} = \frac{\mathbf{Peso\ promedio} \times \mathbf{número\ de\ individuos} \times \mathbf{3}}{\mathbf{100}} =$$

$$\mathbf{Cantidad\ de\ alimento\ diario} = \frac{2,5 \times 30 \times 3}{100} = 2,25\ gr$$

- **Toma de parámetros**

Los parámetros físico-químicos que serán tomados en nuestros desafíos son: la temperatura, la salinidad, los niveles de Oxígeno disuelto, y el pH. Estos parámetros serán tomados en el laboratorio de ecotoxicología de la facultad de Ciencias de la Vida.

Para la medición de salinidad se utilizará un refractómetro (Marca desconocida) este servirá para el proceso de aclimatación de los camarones para la siembra. Ya una vez iniciado el desafío se procederá a medir diariamente la salinidad para verificar que no existe una variabilidad a lo largo del experimento durante los días que es llevado el desafío.

Otro parámetro importante para nuestro desafío es la medición del oxígeno y la temperatura. Estos dos parámetros importantes serán medidos a las 9 de la mañana y a las 5 de la tarde. Para hacer la medición de la temperatura y el oxígeno se utilizará un equipo multiparámetros como son el Oxígeno disuelto, la temperatura y la salinidad un equipo multiparámetros marca HQ30D. Para la medición del pH se utilizará un

equipo electrónico marca HACH pH 31, que nos permitirá estimar la variación de la acidez de nuestro primer desafío.

Durante la experimentación los parámetros de oxígeno disuelto, ph, temperatura y salinidad serán medidos cada tres horas durante un período de 72 horas, para estimar las variaciones de los parámetros del sistema experimental.

- **Alimentación**

La alimentación será realizada en dos dosis, es decir por la mañana y por la tarde. Como se alimentará al 3% de la biomasa de 30 camarones en cada acuario, diariamente se dará un total de 0.9 gramos de un alimento comercial, es decir, 0,45 gramos por la mañana y 0,45 gramos por la tarde. Esta cantidad de alimento será pesada en una balanza analítica y será otorgado durante los tres días de experimentación en los 18 acuarios un total de 16 gramos al día.

Una vez terminado el desafío con los datos de las tablas, se procederá a realizar el análisis estadístico ANOVA de dos vías, el cual nos va a permitir obtener e interpretar los resultados que nos validarán las conclusiones basadas en nuestros objetivos planteados. Por consiguiente, este protocolo junto con el desafío a realizar, será una iniciativa que posibilitará poner en funcionamiento nuestra sala de desafío para realizar experimentaciones acuícolas bajo condiciones controladas con diferentes tratamientos a futuro.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. El diseño de la sala de experimentación demostró que opera de manera funcional, adaptado a las características del área que se asignó para la colocación del sistema.
2. El costo para armar una estructura de bloques con acuarios se puede realizar con una relativa baja inversión que para este caso estuvo cerca a los 600 dólares.
3. Al analizar la relación entre la ubicación de los tratamientos y el oxígeno disuelto, se encontró que solo en uno de los tratamientos de uno de los bloques, el Tratamiento 2, bloque 1, existió una diferencia en la concentración de oxígeno. Se identificó la causa de la diferencia al notar que una de las piedras operaba de modo irregular al dejar pasar menos aire a través de su superficie porosa.

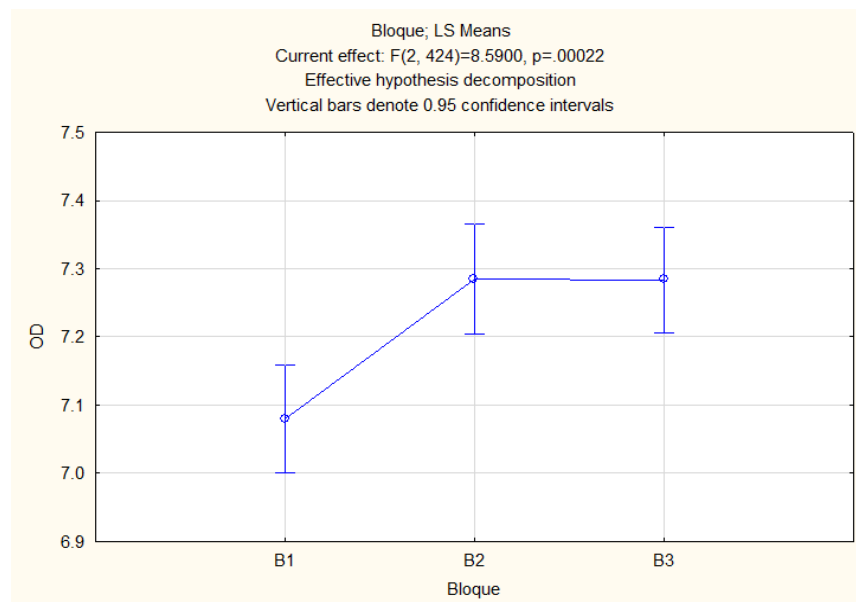


Figura 4.1 Relación entre OD y Bloques

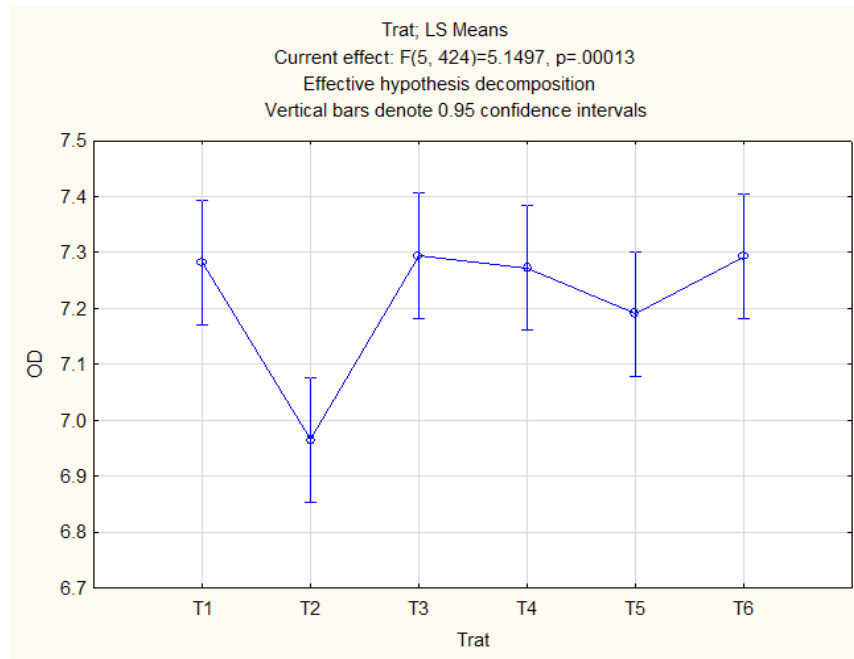


Figura 4.2 Relación entre OD y Tratamientos

4. Al analizar la relación entre la concentración de oxígeno y la hora, se encontró que no hay diferencias significativas, y las ligeras variaciones se motivaron por los períodos en los que los camarones fueron alimentados (9 am y 11 pm).

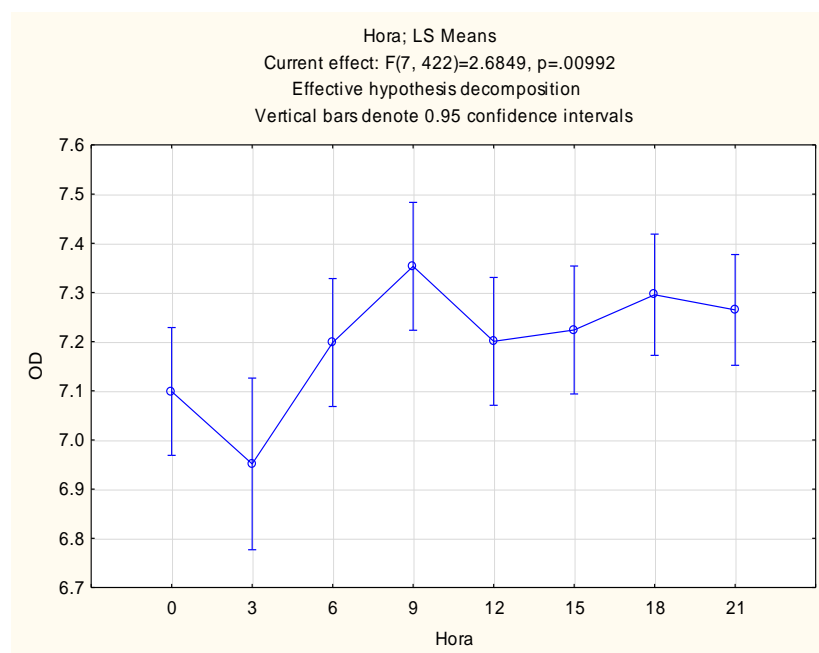


Figura 4.3 Relación entre el OD y la hora.

5. La evaluación estadística de los parámetros de temperatura y los acuarios o tratamientos mostró que no hay variaciones significativas entre los mismos.

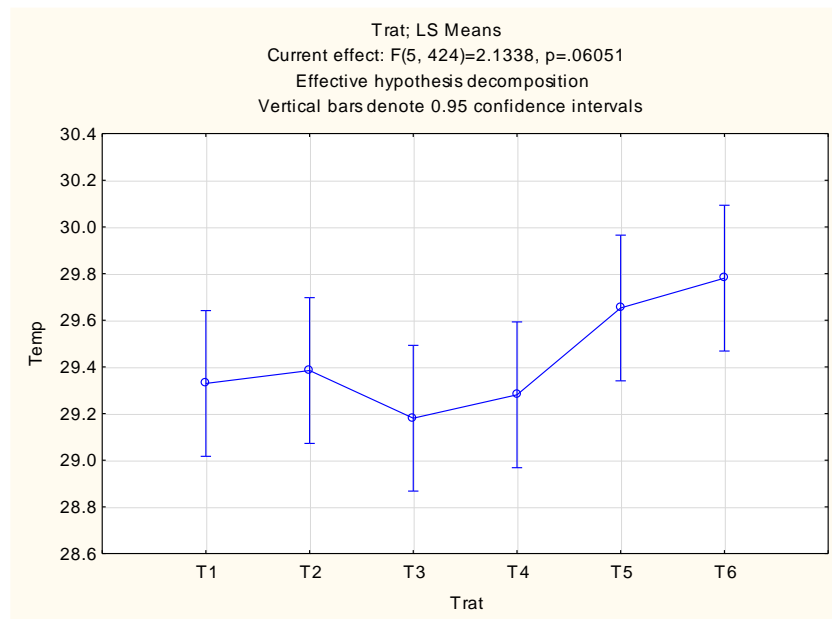


Figura 4.4 Relación entre la temperatura y los tratamientos

6. Como se describió, el ensayo para validación incluyó el colocar acuarios a diferentes salinidades de manera aleatoria. Los valores de salinidad eran fijos. No obstante, al momento de evaluar si hubo un efecto de “salinidad vs posición” se notó que hubo una mayor ubicación de acuarios a baja salinidad en la fila número 3. Esto fue una coincidencia ya que como dijimos la asignación fue aleatoria, pero podría ser un punto a considerar.

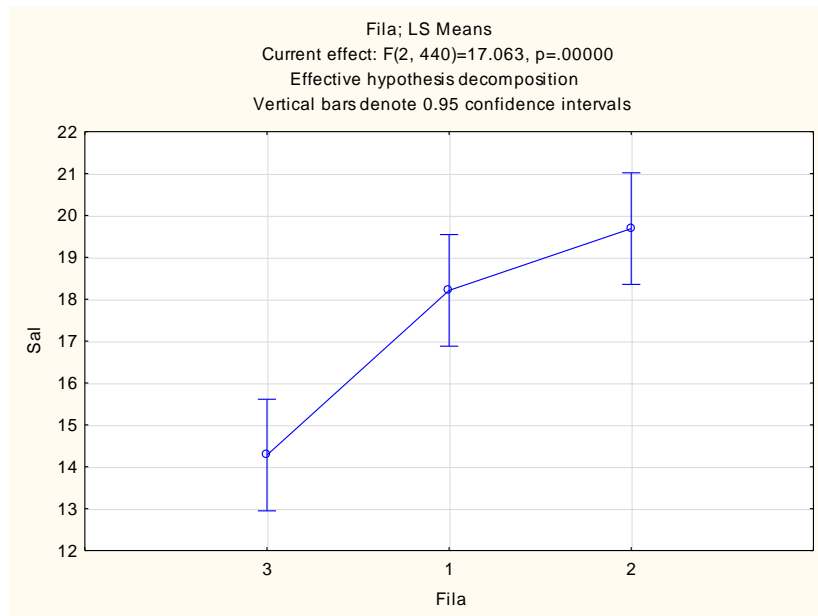


Figura 4.5 Relación entre la salinidad vs la posición de los acuarios.

7. Aunque no está clara la relación que podría existir, se nota que también el pH de los acuarios siguió el mismo comportamiento que la distribución de la salinidad entre los tratamientos.

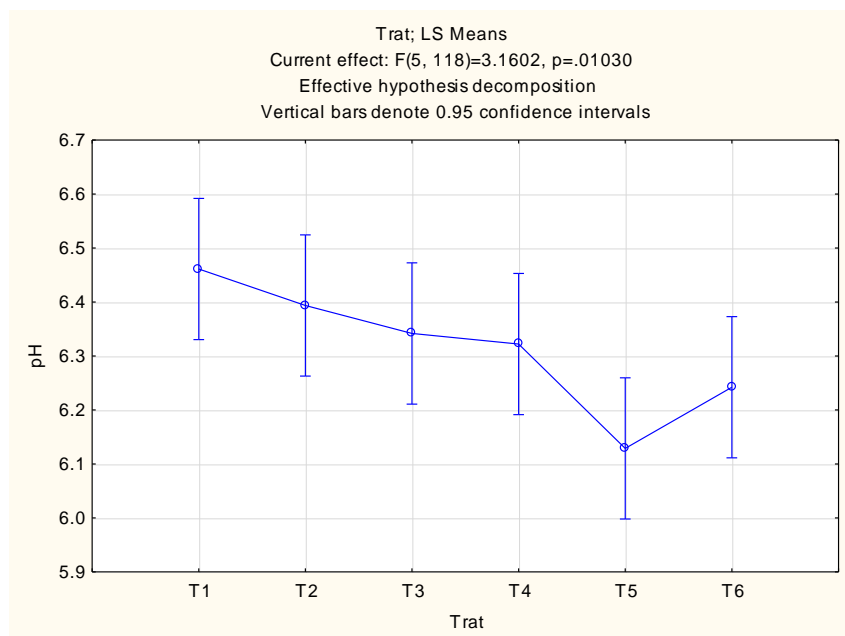


Figura 4.6 Relación entre el pH y los tratamientos (salinidad).

## Recomendaciones

1. Como se pudo ver, de manera general la sala experimental presenta las condiciones necesarias para hacer ensayos sin que factores externos afecten los resultados a obtener, sin embargo, se debe tomar precauciones para que la distribución de los tratamientos de los acuarios luego de la ubicación aleatoria, no quede sesgada hacia una fila en los bloques.
2. El sistema mostró que puede operar luego de una fase de calibración de los termostatos. Esta fase debe implementarse antes del arranque de las pruebas y así mantener la estabilidad en las pruebas.
3. La duración de los ensayos es un factor a considerar. La prueba se realizó en un período de 72 horas, por lo que para un ensayo de mayor duración se debe cuidar la calidad del agua, sea por medio de recambios (demanda un reservorio que permita almacenar agua a condiciones similares a las de los acuarios) o la incorporación de un sistema de filtrado interno (filtros para acuarios) o externo (biofiltros).
4. Se debe tener cuidado con los factores de estrés, ya que estos pueden alterar el comportamiento de los animales. La unidad debe aislarse de mejor manera para evitar el acceso de gente a las zonas de prueba. En el caso de la unidad que se implementó, el acceso no era adecuado y los ventanales podían ser una fuente de disturbios desde el exterior de la sala, por lo que se recomienda tapar las ventanas y en lo posible habilitar un acceso distinto al actual.
5. Finalmente, para una correcta respuesta de los animales que se colocarán en los ensayos se recomienda un período de cuarentena que asegure que los animales estarán en condiciones óptimas. Esto confirma la necesidad de contar con un reservorio de agua y una unidad de cuarentena que deberá incorporarse a la sala de experimentación en un futuro.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boyd, C. E. (2017). CONSIDERACIONES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL SUELO EN CULTIVOS DE CAMARÓN. ALABAMA.
- Sinche Chele, F., Vera Vera, V., & Blacio Game, E. (2005). *CULTIVO DE HUAYAIPE, *Seriola rivoliana*, EN PISCINAS PROVISTAS DE GEOMEMBRANAS*. Guayaquil.
- Abad-Rosales, S. M., Betancourt-Lozano, M., Vargas-Albores, F., & Roque, A. (2011). *Interaccion de factores físicos, químicos y biológicos en el cultivo de camarón*. Tarragona: Research Gate.
- Bhujel, R. C. (2009). *Statistic for Aquaculture*. Wiley-Blackwell.
- Blacio Game, E., & Alavarez Noboa, R. (2002). *PROPUESTA DE SELECCION DE ESPECIES DE PECES Y MOLUSCOS PARA DIVERSIFICACIÓN DE LA ACUICULTURA MARINA*.
- Boyd, C. E. (2000). *CONSIDERACIONES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL SUELO EN CULTIVOS DE CAMARON* . ALABAMA.
- Boyd, C. E. (2000). Temperatura. En C. E. Boyd, *Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón* (págs. 1-2). Alabama: Department of Fisheries and Allied.
- Bregnballe, J. (2015). *A Guide to Recirculation Aquaculture Introduction to the new enviromentally friendly and highly productive closed fish farming system*. Hungary: EUROFISH.
- CALIFORNIA, C. E. (2018). *Ficha Técnica Sanitaria de Especies de Cultivo en el Estado de Baja California*. BAJA CALIFORNIA.
- CENAIM. (2018). *SALAS Y PISCINAS EXPERIMENTALES PARA SERVICIOS / CONSULTORIAS A LA INDUSTRIA*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de <http://www.cenaim.espol.edu.ec/salas>
- Chong, P. A., Lliguicota , M. M., Pozo, C. E., & Osorio , V. (2009). *Creación de Una Empresa Exportadora de Peces Ornamentales*. Guayaquil: ResearchGate.
- Cifuentes Lemus, J. L., Torres García, M. d., & Frías, M. M. (1997). PISCICULTURA. En *EL OCÉANO Y SUS RECURSOS XI*. México.

- COMERCIO. (16 de Julio de 2017). Nuevas inversiones en el sector camaronero del Ecuador. *EL COMERCIO*.
- Estrella Avila, J. L., & Estrada Flores, R. (2014). *Eclosión del huevo de langosta australiana*. Guayaquil-Ecuador: DSpace ESPOL.
- FAO. (06 de Noviembre de 2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_ecuador/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es)
- Fenucci, J. L. (1988). *FAO*. Recuperado el 13 de Febrero de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB466S/AB466S00.htm#TOC>
- Fische López , Y., & León Espinoza, C. (2009). *Propuesta para la creación de un centro de facilitación turística y deportes acuáticos en la zona de playa de San Pablo, península de Santa Elena*. GUAYAQUIL-ECUADOR.
- Game, B. (s.f.).
- Honores Gonzales , D., Macias Salinas, P., & Blacio , G. (2005). *PRODUCCIÓN DE ALEVINES DE LENGUADO (Paralichthys woolmani PARA SU EXPORTACIÓN)*. GUAYAQUIL.
- Jara Jácome, J. A., Parker Plaza, J. F., & Rodríguez Varas, M. T. (2002). *TESIS DE GRADO: Proyecto de Camaronera "In Land"*. Guayaquil: PUBLICACIONES DSPACE ESPOL.
- Maldonado, M., Rodríguez, J., & de Blas, I. (2004). El camarón de cultivo frente al WSSV, su principal patógeno. *AquaTIC*, 78-94.
- Marcillo Morla, F. (s.f.). *Crisis por la Mancha Blanca y Su Recuperación Actual*.
- MINISTERIO DE ACUACULTURA Y PESCA. (2017). Recuperado el 9 de Enero de 2018, de <http://www.acuaculturaypesca.gob.ec/subpesca3703-el-camaron-se-convierte-en-el-primer-producto-de-exportacion-superando-al-banano.html#>
- Notarianni , E. (2006). Ecuador después de la mancha blanca. Guayaquil.
- Piedrahita Falquez, Y. L. (2016). *MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL CULTIVO DE CAMARÓN EN ESTANQUES EN ECUADOR*. Guayaquil.
- Rodríguez , J., & Sonnelholzner, S. (2001). Bioensayo de dasfío al virus de la "Mancha Blanca" en camarones juveniles *Penaeus vannamei* bajo diferentes temperaturas del agua. *CENAIM INFORMA*.

- SCRIBD. (s.f.). Recuperado el 13 de Febero de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/16264382/poblacion-biologica>
- Sinche Chele , F., Vera Vera, V., & Blacio Enrique. (s.f.). *Cultivo de Huayaipe, Seriola Rivoliana, En Piscinas Provistas de Geomembranas* .
- Sonnenholzner, S. (2017). Calidad de Agua y Suelo: Consideraciones Preliminares. *Calidad de Agua y Suelo: Consideraciones Preliminares*, (pág. 5). Guayaquil.
- Sonnenholzner , S., Argüello, W., & Bohórquez, M. (2016). Desarrollo de protocolos de domesticación para el uso sostenible de nuevas especies marinas para consumo de alimento y repoblación de bancos naturales. V *Congreso Internacional de Acuicultura en Aguas Continentales*. Quito: ACUAESPE 2016.
- Talaver, V., Zapata, L., & Sánchez , D. (1997). RECAMBIO DE AGUA EN EL CULTIVO DE CAMARÓN. *Boletín nicovita*.
- Templates , D. (Sábado 6 de Marzo de 2010). *Mascotas Natura*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2017, de Beneficios de Tener un acuario: <http://mascotas-natura.blogspot.com/2010/03/beneficios-de-tener-un-acuario.html>
- Templates, D. (Sábado de Marzo de 2010). *MASCOTAS NATURA*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2017, de Beneficios de tener un acuario: <http://mascotas-natura.blogspot.com/2010/03/beneficios-de-tener-un-acuario.html>
- UNIVERSIDAD DE GRANADA. (2016). Diseño en bloques aleatorizados. En *Introduccion al Diseño de Experimentos* (pág. 2). GRANADA.
- Vilches, M. F. (Enero de 2018). CNA. Recuperado el Enero de 2018, de <http://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Villarreal Colmenares, H., & Naranjo Páramo , J. (2009). *CULTIVO DE LANGOSTA DE AGUA DULCE cherax quadricarinatus (Rel Claw)*. La Paz. México: CIBNOR S.C.



## ANEXOS

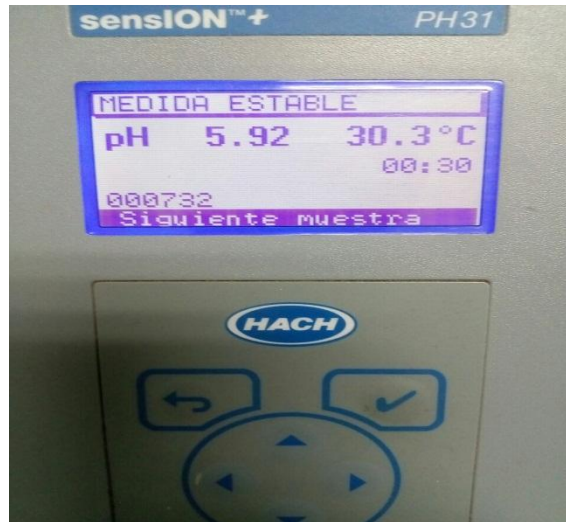


ILUSTRACIÓN 1. EQUIPO PARA LA MEDICIÓN DE PH Y TEMPERATURA



ILUSTRACIÓN 2. EQUIPO MULTIPARÁMETROS PARA MEDICIÓN DE ÓXIGENO, TEMPERATURA Y SALINIDAD



**ILUSTRACIÓN 3. MEDICIÓN DE PARÁMETROS DURANTE EL DESAFÍO**



**ILUSTRACIÓN 4. COSECHA DE CAMARONES PARA INICAR EL DESAFÍO EXPERIMENTAL**



**ILUSTRACIÓN 5. SALA EXPERIMENTAL PARA REALIZAR DESAFÍOS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS**