

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

CALIDAD DE AGUA EN UN SISTEMA INTENSIVO DE
CULTIVO DE CAMARON BLANCO *Penaeus vannamei* EN
CONDICIONES DE BAJA SALINIDAD

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ACUICULTURA

Presentado por:

KLEVER LEONARDO QUIMIS PUGA
HRISTO STEFAN RODRIGUEZ VERA

2019 - 2020

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

College of Maritime Engineering and Sea Science

WATER QUALITY IN AN INTENSIVE WHITE SHRIMP
CULTURE SYSTEM *Penaeus vannamei* IN LOW SALINITY
CONDITIONS

CAPSTONE COURSE

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

AQUACULTURE ENGINEER

Presented by:

KLEVER LEONARDO QUIMIS PUGA
HRISTO STEFAN RODRIGUEZ VERA

2019 - 2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a las personas que han estado siempre apoyándome en todo lo que he decidido hacer, en especial a mis padres por su esfuerzo al ayudarme con una carrera que se encuentra lejos de mi ciudad natal, además agradezco a la institución y a todos los profesores que me han acompañado en este largo camino, que gracias a ellos he aprendido mucho y me servirá en mi vida profesional.

Klever Quimis Puga

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto como culminación de mi carrera primero a Dios, que me bendijo desde el principio. A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi apoyo tanto económica como sentimentalmente. Como mención honorífica a mi hermana, para enseñarle que todo se puede lograr en esta vida. A mi familia, por soportar mi ausencia en tantos momentos. A mis abuelos maternos y paternos que siempre han confiado en mí cuando ni yo lo hacía. A mi novia, que nunca dudo de mí para llegar hasta este momento. A mis amigos, los locos de siempre que al igual que yo persiguen este momento. A mi abuela Marina, que desde el cielo me está viendo.

Hristo Rodriguez Vera

AGADECIMIENTOS

Le agradezco a la empresa CITYCORPI por el apoyo brindado y la facilidad de trabajar en su camaronera, gracias al CENAIM por facilitarnos los análisis respectivos, también agradecemos a nuestro tutor por ciertas recomendaciones en el desarrollo de este documento, junto con nuestro profesor de la materia integradora que nos dio las pautas necesarias para culminar el proyecto.

Klever Quimis Puga

AGADECIMIENTOS

Agradezco primordialmente a ESPOL por ser mi alma mater durante los años de carrera y CENAIM por todas las facilidades brindada. A mi tutor de tesis el profesor Marco Álvarez. Al director de proyecto Adrián Márquez. También un agradecimiento especial a Francisca Burgos por ser guía es momentos oportunos y al profesor Wilfrido Arguello por ser condescendiente con sus estudiantes. A la empresa CITYCORPI por abrir sus puertas y dejarnos realizar nuestro proyecto de tesis. A mis padres, mi hermana, mi familia, mis abuelos, mi novia y mis amigos.

Hristo Rodriguez Vera

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Klever Leonardo Quimis Puga y Hristo Stefan Rodriguez Vera y damos nuestro consentimiento para que la ESPOOL 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”

Klever Quimis Puga

Hristo Rodriguez Vera

EVALUADORES



MSc. Adrian Márquez
PROFESOR DE LA MATERIA



PhD. Marco Álvarez
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En Ecuador el principal recurso no petrolero es el camarón, lo cual viene a razón de la creciente demanda internacional, que trabajando junto con las leyes ha obligado al sector a intensificarse en sistemas intensivos con agua de pozo. Estos sistemas de cultivo por el simple hecho de alimentar a 120 animales por metro cuadrado conllevan a una generación excesiva de materia orgánica llegando a tener acumulación de compuestos nitrogenados y lodos en el fondo del estanque. Y si a esto se suma que la cantidad de agua a esa salinidad es reducida, en comparación con la abundancia del agua de mar, entonces la empresa CITYCORPI afronta un problema grave que requiere un manejo para mantener agua durante una semana. Pues su recambio estimado es del 30% por cada 7 días de trabajo, es por eso que en este documento se plantea desarrollar un protocolo de manejo para el control de la calidad de agua en un sistema intensivo de camarón mediante el uso de bibliografía. Para lo cual se realizó un análisis de la camaronera, seguido de las condiciones con las que cumple la camaronera y buscar diferentes alternativas viables para este sistema, teniendo ya claro la mejor alternativa, evaluando principalmente los costos de producción y su eficiencia en el sistema. En los resultados obtenidos, se determinó que una correcta manipulación y balance del sistema se puede mantener agua durante una semana. En conclusión, se ha planteado que un correcto manejo y equilibrio en el sistema pueden generar factores amigables para el medio ambiente, acompañado de una notable reducción de costos de producción con el protocolo que se plantea.

Palabras Clave: Calidad de agua, sistema intensivo, bacterias, recambio.

ABSTRACT

In Ecuador, the main non-oil resource is shrimp, which is due to the growing international demand, which working together with the laws has forced the sector to intensify in intensive systems with well water. These cultivation systems by the simple fact of feeding 120 animals per square meter lead to an excessive generation of organic matter reaching accumulation of nitrogen compounds and sludge at the bottom of the pond. And if this is added that the amount of water to that salinity is reduced, compared to the abundance of seawater, then the CITYCORPI Company faces a serious problem that requires handling to maintain water for a week. As its estimated turnover is 30% for every 7 days of work, that is why in this document it is proposed to develop a management protocol for the control of water quality in an intensive shrimp system through the use of bibliography. For which an analysis of the shrimp was carried out, followed by the conditions with which the shrimp meets and look for different viable alternatives for this system, having already clear the best alternative, mainly evaluating the production costs and its efficiency in the system. In the results obtained, it was determined that proper handling and balance of the system can maintain water for a week. In conclusion, it has been suggested that proper management and balance in the system can generate environmentally friendly factors, accompanied by a significant reduction in production costs with the protocol proposed.

Keywords: Water quality, intensive system, bacteria, replacement.

ÍNDICE GERENAL

EVALUADORES.....	8
RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GERENAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Justificación del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Marco Teórico	4
1.4.1. Sistemas intensivos para cultivo de camarón	5
1.4.2. Calidad de agua	5
1.4.3. Temperatura.....	6
1.4.4. Salinidad.....	6
1.4.5. Oxígeno Disuelto	6
1.4.6. Alcalinidad	7
1.4.7. Potencial de Hidrogeno (pH).....	7
1.4.8. Relación Carbono/Nitrógeno.....	8
1.4.9. Descripción del manejo de un cultivo intensivo.....	8
CAPÍTULO 2	10
2. METODOLOGÍA	10
2.1. Sitio de estudio	10

2.2.	<i>Manejo del sistema de cultivo</i>	10
2.3.	<i>Posibles soluciones</i>	11
2.3.1.	<i>Zero Water Discharge (ZWD)</i>	11
2.3.2.	<i>Aplicación de bacterias</i>	12
2.3.4.	<i>Recirculation aquaculture systems (RAS)</i>	12
2.3.5.	<i>Hybrid System (ZWD-RAS)</i>	13
2.4.	<i>Selección de la mejor alternativa</i>	14
2.4.1.	<i>Fallo de decisión para los criterios biológicos</i>	14
2.4.2.	<i>Fallo de decisión para los criterios ingenieriles</i>	16
CAPÍTULO 3		18
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	18
3.1.	<i>Evaluación de la fuente de carbono</i>	18
3.2.	<i>Salvado de arroz o polvillo</i>	19
3.3.	<i>Melaza como fuente de carbono</i>	20
3.4.	<i>Análisis de costos, requerimientos y producto</i>	22
CAPÍTULO 4		25
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
4.1.	<i>Conclusiones</i>	25
4.2.	<i>Recomendaciones</i>	26
5.	BIBLIOGRAFÍA	27
6.	APÉNDICES	32
6.1.	<i>Protocolo</i>	32
6.2.	<i>Figuras</i>	35

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
UPS	Unidades Prácticas de Salinidad
RAS	Recirculation Aquaculture System
ZWD	Zero Water Discharge
FAO	Food and Agriculture Organization
WSSV	White Spot Syndrome Virus
CEL	Células
HA	Hectárea
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
PL	Post Larva

SIMBOLOGÍA

pH	Potencial Hidrogeno
ppm	Partes por Millón
mm	Milímetros
°C	Gados Centígrados
mg	Miligramo
L	Litro
C/N	Relación Carbono-Nitrógeno
g	Gamo
m	Metro
ppt	Partes por Mil
ml	Mililitro
h	Hora
qq	Quintal
kcal	Kilocalorías
Tm	Tonelada Métrica
Kg	Kilogramo
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de Carbono
NH ₄	Ion Amonio
NO ₂	Nitrito
O ₂	Oxigeno

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 6. 1 Toma de muestreos para análisis de Fitoplancton. Fuente: Propia del autor.	35
Ilustración 6. 2 Empaquetado de las muestras tomadas. Fuente: Propia del autor.	35
Ilustración 6. 3 Muestras listas para llevar al laboratorio. Fuente: Propia del autor.	36
Ilustración 6. 4 Revisión del sistema de alimentación de agua para piscinas de engorde. Fuente: Propia del autor.....	36
Ilustración 6. 5 Autores del proyecto de investigación en la empresa CITYCORPI. Fuente: Propia del autor.....	37
Ilustración 6. 6 Revisión de la toma de agua (pozo) que alimenta al estanque reservorio primario. Fuente: Propia del autor.	37
Ilustración 6. 7 Revisión de la presión del fluido (agua) con la que sale del pozo hacia el estanque reservorio. Fuente: Propia del autor.	38
Ilustración 6. 8 Recorrido por las instalaciones de la empresa CITYCORPI. Fuente: Propia del autor.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Parámetros del agua (Castro, 2018).....	9
Tabla 1. 2 Análisis de calidad de agua de la camaronera. Fuente: Propia del autor	11
Tabla 2. 1 Ventajas y desventajas para la toma de decisión de criterios biológicos. Fuente: Propia del autor.....	14
Tabla 2. 2 Estimación del fallo de decisión para criterios biológicos. Fuente: Propia del autor	15
Tabla 2. 3 Ponderación del fallo de decisión para criterios biológicos. Fuente: Propia del autor	15
Tabla 2. 4 Ventajas y desventajas para la toma de decisión de criterios ingenieriles. Fuente: Propia del autor.....	16
Tabla 2. 5 Estimación del fallo de decisión para criterios biológicos. Fuente: Propia del autor	17
Tabla 2. 6 Ponderación del fallo de decisión para criterios biológicos. Fuente: Propia del autor	17
Tabla 3. 1 Composición del salvado de arroz en 100 g (Juliano, 1994).....	19
Tabla 3. 2 Valores predeterminados para la ciudad de Guayaquil (TELSUPREMA S.A., 2019)	20
Tabla 3. 3 Composición de la melaza de caña de azúcar en 100 g (CASTILLO, 2007).	21
Tabla 3. 4 Valores predeterminados para la ciudad de Quito (MELAZASOTO, 2019).22	
Tabla 3. 5 Costos promedios por kg en Ecuador (Casas, 2019).....	22
Tabla 3. 6 Requerimientos de oxígeno en la piscina (Casas, 2019)	23
Tabla 3. 7 Bacterias más utilizadas y su uso en acuicultura (Suantika G. L., 2015).....	23
Tabla 3. 8 tabla de alimentación recomendada para un protocolo de aquamimicry (Romano, 2017).....	24

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

Desde el 2017 el sector camaronero se ha posicionado como el principal producto de exportación no petrolero en Ecuador, esto se ha dado principalmente al aumento de la demanda en el mercado internacional, siendo Asia el mayor consumidor llevándose el 58% de las ventas. (Sosa, 2018). Lo cual ha dado como tendencia el mejoramiento genético, la fabricación de alimento más aprovechable y el cultivo a mayores densidades.

Una de las practicas que se está llevando a cabo en Ecuador es el cultivo tierra adentro con agua de pozo, este método se lleva acabo a raíz de la aparición de la mancha blanca en el año 2000 (Guerrero, 2002), y esto se ha dado a la reducción de la probabilidad de contagio por camaroneas aledañas además que a salinidades en un rango de 10 a 5 UPS existe menos presencia de patógenos (LimSuWan, 2002), esta característica hace a esta fuente subterránea un candidato óptimo para intensificación.

En los sistemas intensivos por el simple hecho de tener camarones a densidades altas demanda un mayor control, en comparación a los cultivos tradicionales, haciendo de la calidad de agua y el manejo los puntos más importantes, razón por la que se construyen piscinas no más allá de media hectárea, un factor importante es la alimentación ya que debe ser suministrada hasta 5 veces por día, lo que conlleva a una generación excesiva de materia orgánica llegando a tener acumulación de compuestos nitrogenados y lodos en el fondo del estanque.

Otra variable que tiene influencia en calidad de agua es la fuente hídrica de la que se abastecen las camaroneas, a diferencia del agua de mar, el agua dulce

suele ser un recurso escaso, por lo que se trata de mitigar su desperdicio, teniendo como estrategias la recirculación (RAS por sus siglas en inglés), el tratamiento de efluentes en piscinas de oxidación, y un cultivo con recambio limitado de agua, como es el caso de la empresa CITYCORPI ubicada en la parroquia de Chanduy, una camaronera intensiva recién construida.

Esta empresa tiene estanques con invernaderos para mantener una temperatura estable durante todo el año, se maneja una densidad promedio de 120 camarones por metro cuadrado en piscinas no más allá de una 0,45 hectárea utilizando agua de pozo a 5 UPS, su manejo consiste en recambios reducidos y reutilización del agua, los estanques cuentan con un sistema de drenaje central, por el cual se realiza el sifón semanal de aproximadamente 10% del volumen total de la piscina, una vez tratado este 10 % vuelve a ser utilizado. Su recambio es 30% por semana, tomando en cuenta el sifón y la tasa de evaporación, esto ha llevado a la empresa requerir de una calidad de agua óptima para poder desarrollar los cultivos bajo las condiciones antes mencionadas.

1.2. Justificación del problema

La Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (ONUAA) mejor conocida como Food and Agriculture Organization (FAO) describe a la acuicultura como un pilar en la seguridad alimentaria, puesto que en 2050 se espera una población de 9.700 millones de personas, sin olvidar que la pesca no ha tenido el mismo crecimiento como lo ha tenido la acuicultura (Cluster, 2018).

En los últimos años la industria camaronera ha tenido un crecimiento alrededor del mundo, la alta tolerancia a la salinidad que posee la especie *Penaeus vannamei* junto con el mejoramiento genético de larvas ha hecho que esta especie pueda ser óptima para el cultivo tierra adentro, llegando en el 2015 a una producción de 3.9 millones de toneladas a nivel mundial, siendo el 19% producidos en agua dulce o baja salinidad (Valencia-Castañeda, 2019).

Una de las razones por la que se cultiva camarón tierra adentro, es la disminución del impacto de las enfermedades estacionales, y la oportunidad de tener una acuicultura y agricultura integrada. Sin embargo, en estos tipos de cultivo a baja salinidad surgen varios problemas en cuanto a la calidad de agua, como por ejemplo la tolerancia de la especie a los compuestos nitrogenados la cual se ve disminuida (Valencia-Castañeda, 2018), relacionado con alta densidad y el exceso de alimentación y heces que se generan en el estanque, además de la importancia que tiene la salinidad en cuanto a la composición iónica del agua ya que un mal balance iónico puede generar mortalidad en las larvas de camarón (Rodrigo Yambay, 2017).

Por lo cual la calidad de agua juega un rol importante en el cultivo de camarón pues es un factor decisivo en cuanto al desarrollo y supervivencia del camarón, y una de las más claras tendencias en el futuro para utilizar mejor los recursos y suplir la creciente demanda de alimentos del mar a nivel mundial. Debido a los problemas antes mencionados y otros factores en la calidad del agua es necesario implementar una estrategia la cual permita controlar el desequilibrio que se generan en estos tipos de cultivo, tomando en cuenta que en las instalaciones se tiene una fuente hídrica limitada para el cultivo. Para ello, es pertinente evaluar las condiciones con la que la camaronera empieza su producción y, los mismos que deben ser medidos y evaluados evitando así desencadenar mortalidades en las piscinas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Desarrollar un protocolo de manejo para el control de la calidad de agua en un sistema intensivo de camarón *Penaeus vannamei* a baja salinidad y bajas tasas de recambio.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros físico- químicos de la calidad del agua en la camaronera para una optimización del sistema de manejo.
- Analizar las técnicas de manejo en cultivo (Alimentación, recambios, tratamientos entre otras).
- Recaudar información bibliográfica de variables importantes para la elaboración del protocolo de manejo.

1.4. Marco Teórico

Los millones de toneladas producidas de camarón han tenido en los últimos 3 años un incremento del 5% anual (James Anderson, 2019) donde Ecuador en este año piensa terminal con un aproximado de 640.000 toneladas llegando a posicionarse como el mayor exportador de camarón en el mundo seguido por india (Baquerizo, 2019) este representa el segundo rubro más significativo de las exportaciones en el país después del petróleo generando divisas y fuentes de trabajo (Fajardo, 2016).

Por esta y otras razones en Ecuador el cultivo de camarón ha buscado la intensificación y al ser el camarón *Penaeus vannamei* una especie eurihalina se puede cultivar tanto en agua dulce como en agua de mar, siendo esta última la salinidad que más se practica, puesto que se alcanzan talla de hasta 26 g en una baja densidad, llegando a representar el 85% de producción mundial realizadas en cultivos extensivos de 5 a 10 animales por metro cuadrado, por el otro lado con el 15 % de cultivos en agua a baja salinidad, el crecimiento se ve reducido en cuando el camarón se acerca a los 14 g pero se puede soportar altas densidades gracias a la baja incidencia de patógenos en salinidades menores a 10 UPS (Palacios, 2016).

La intensificación no es una nueva tendencia en Ecuador pues con la presencia de la mancha blanca (WSSV) que dejó muchas pérdidas en el sector camaronera en el 2000, se empezó los cultivos tierra adentro, mitigando de esta manera el

contagio horizontal y la presencia de enfermedades en el cultivo, método que se viene dando en Asia y Estados Unidos desde la época de los 90. (Morla, 2017).

Los cultivos intensivos forman parte de la tendencia mundial de incrementar la producción teniendo un mejor rendimiento por metro cuadrado, en sistemas altamente funcionales y en sintonía con las necesidades de alimento para el planeta. Este tipo de cultivo necesita de ciertas condiciones especiales como: La utilización de invernaderos que tienen como finalidad controlar la temperatura en el cultivo, además opcionalmente se implementa una geo membrana con el motivo de mitigar la interacción existente entre el suelo y el agua, asimismo sirve para reducir la acumulación de materia orgánica en él fondo. La cantidad de alimento junto con las altas temperatura juega un rol importante en un sistema con altas densidades, ya que deteriora la calidad del agua. (Luque, 2018)

Al ser la calidad de agua un factor que se encuentra directamente influenciado por la cantidad de oxígeno, temperatura, alimento suministrado, bacterias presentantes en el medio entre otros se debe tener un control del mismo (Abdelrahman, 2018).

14.1. Sistemas intensivos para cultivo de camarón

Estos sistemas de cultivo son cerrados y controlados con una distribución de tierra no mayor a 1 ha. El suelo generalmente suele usarse de manera natural o ser cubiertos con una geo membrana plástica llamada "liner". El cultivo está sujeto a parámetros controlados como: calidad de agua, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, alcalinidad y pH. Sin embargo, es necesario añadir aireación constante, alimento compensado y fertilización adecuada (Lara-Espinoza, 2015).

14.2. Calidad de agua

Comprende la parte más importante en el cultivo de camarón. Ligada directamente a los parámetros físicos-químicos, tener calidad de agua adecuada se traduce en una buena salud animal, llegando a mitigar la presencia de eventos en el cultivo. Por ello es indispensable el monitoreo continuo de sus parámetros

para identificar las posibles enfermedades emergentes a tiempo y poder combatir las. A su vez, uno de los productos más utilizados dentro de la inhibición bacteriana son los probióticos (Huerta, 2018).

14.3. Temperatura

El camarón blanco *Penaeus vannamei*, es un animal que soporta un amplio rango de temperatura para su cultivo, siendo su rango óptimo de crecimiento la temperatura situada entre 28°C y 31°C. Hoy en día, para mantener los rangos de temperatura, se implementan sistemas de invernadero que permitan la regulación de este parámetro. Pero dicha variación representa en otros parámetros problemas significativos que afectan la calidad de agua. Tal como es el caso del metal tóxico (amoníaco), que a mayor temperatura aumenta la concentración de este. A su vez, si la temperatura decae (25°C), los animales entran en un periodo de latencia y no logan asimilar el alimento adecuadamente, llegando a tener problemas con el crecimiento (Salazar, 2017).

14.4. Salinidad

Va de la mano con la ubicación del terreno, sean estas aguas costeras, estuarios o aguas subterráneas (pozos). A menor salinidad mejor es la producción de camarón si tomamos en cuenta las enfermedades. No obstante, los mejores resultados de crecimiento se han obtenido con salinidades superiores a 5 ppm. Cabe mencionar que se puede cultivar camarones en un rango amplio de salinidad, que va desde 1 ppm hasta 39 ppm. La composición de la salinidad está sujeta a iones disueltos en el agua como son: bicarbonatos, potasio, sodio, sulfato, magnesio, cloruro y calcio. También se ve reflejada la salinidad en otros parámetros: la alcalinidad desciende en aguas con baja salinidad y el oxígeno disminuye si se aumenta la salinidad (Serrano, 2016).

14.5. Oxígeno Disuelto

Es un factor importante en el cultivo intensivo de camarón ya que es responsable del estado en el que se encuentra el animal. Este parámetro está vinculado con

el estrés del camarón, reducción de aprovechamiento de alimento suministrado, mortalidades tempranas, crecimiento lento y ventana para eventos de enfermedades. Su rango óptimo se sitúa entre 3.5 mg/L hasta 5,50 mg/L. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los camarones no son los únicos organismos vivos en el medio que consumen oxígeno. Se posee productividad primaria (fitoplancton), peces y otros organismos acuáticos. Para ellos es necesario implementar aireadores en sistemas que contengan altas densidades de animales (Muñoz Chávez, 2018).

14.6. Alcalinidad

Considerado como buffer o tampón químico ayuda a neutralizar los ácidos que se encuentran disueltos en el agua. La composición de la alcalinidad se da gracias a las bases que posee tales como: fosfatos, hidróxidos, carbonatos, boratos, bicarbonatos, silicatos y amonio. Siendo el bicarbonato y el carbonato los que ocupan la mayor capacidad de concentración frente a otras bases. En los estadios del camarón, la alcalinidad juega un papel importante, debido a que si está por debajo de 40 ppm el animal tendrá problemas para llevar a cabo el proceso de muda. Por ello, el rango óptimo a mantener será de: 80 ppm y 100 ppm. Se puede reestablecer los niveles de alcalinidad añadiendo un poco de cal. Cabe acotar que si el pH (ácido) y la salinidad disminuyen la alcalinidad tiende a bajar (Serrano, 2016).

14.7. Potencial de Hidrogeno (pH)

Concentración total de iones hidrógenos que se encuentran disueltos en una solución. La variación de este parámetro se manifiesta debido a la producción de fotosíntesis que se da en el ambiente por las plantas acuáticas. A medida que las plantas consumen CO₂ el pH aumenta, este proceso se da en el día. En la noche sucede lo contrario, ya que las plantas liberan CO₂ y el pH disminuye. La variación de este parámetro dependerá directamente de la cantidad de fitoplancton presente en el sistema y de la alcalinidad (solución buffer) del agua. Se puede manejar el potencial de hidrogeno de ser necesario, ya que si se necesita aumentarlo se puede agregar cal agrícola y si se desea reducirlo se

proliferar dentro del cultivo materia orgánica. El camarón tendrá mayor rendimiento de crecimiento cuando el pH este entre los rangos de 6-9 (Thakur K., 2018).

14.8. Relación Carbono/Nitrógeno

Esta relación permite tener una solución barata y asequible para mitigar la concentración total de nitrógeno inorgánico que se encuentra situado en el fondo del estanque (sedimentos). El nitrógeno ingresa al sistema con mayor proporción (90%) mediante el alimento balanceado, el cual no es aprovechado en su totalidad. Al alimentar las bacterias con carbohidratos, están reducen la cantidad de nitrógeno contenido en la materia orgánica del estanque. Dependiendo del sitio la relación C/N varía. Para suelos terrestres la relaciones de 10:1 – 12:1 y para suelos en estanques se da un rango entre 6:1 – 12:1. Sin embargo, existe concentración de fertilizantes que contienen relación de carbono-nitrógeno con alto rango de espectro, tales como: 20:1 – 100:1 (Boyd, 2018).

14.9. Descripción del manejo de un cultivo intensivo

Los cultivos intensivos se realizan en piscinas no más allá de media hectárea, con invernaderos para mantener temperaturas superiores a 28 °C, consta de dos fases un pre criadero o raceway, donde se mantiene a las larvas entre 15 y 30 días para pasar a la etapa de engorde, en la cual los días de cultivo dependerán de la talla que se desea llegar, estos sistemas por la densidad de animales en un metro cuadrado se necesita aireación, para mantener concentraciones arriba del 60% de saturación de oxígeno.

La densidad de siembra en estos sistemas puede ir de 80 a 150 animales por m², en cuanto a la alimentación se utiliza alimento específico para cada tamaño de boca empezando con pellet de 0.9 a 1.2 mm por los 10 primeros días de cultivo, seguido del de 1.6 a 1.8 mm hasta llegar a un peso de 5g para seguir con 1.9 a 3 mm hasta su cosecha , dependiendo de los días de cultivo sus raciones pueden variar de 5 a 7 dosis por día, en cuanto a la calidad de agua se realizan

mediciones 3 veces al día de oxígeno y temperatura, mientras que entre los parámetros químicos, como lo son; amonio, nitrito, nitrato, alcalinidad, sulfuros, fosforo y salinidad.

Se recomienda hacerlos una vez al día, para los análisis de bacteriológicos, cada 3 días, tanto de agua como en camarones, los muestreos de peso se deben realizar 2 veces por semana, en cuanto al recambios de agua se recomienda no más allá del 10% diario por la alteración que pueden producir estos en los parámetros físico-químicos del agua (Castro, 2018).

Tabla 1. 1 Parámetros del agua (Castro, 2018)

Parámetro del agua	Nivel optimo
Oxígeno	Mayor a 3.5 ppm
Temperatura	30 a 33°C
pH	7.5 a 8.0
Disco Secchi	30 a 40 cm
Salinidad	26 a 28 ppt
Alcalinidad	Mayor a160 ppm
Amonio (no ionizado)	Menor a 1 ppm
Nitrito	Menor a 20 ppm
Relación Ca:Mg:K	1:3:1
Microalgas	Menores a 600 000 cel. /ml
Cyanophytas	Menores al 20%
Recambio	20%semanal
Bacterias TCBS	Menores a 10000 ufc/ml
Bacterias (Cetrimide)	En lo posible nada de ufc /ml

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Sitio de estudio

El estudio se llevará a cabo en la camaronera de la empresa CITYCORPI localizada en la comuna Engunga, parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena, país Ecuador. Esta compañía se encuentra al suroeste de la vía Guayaquil – Salinas con coordenadas geográficas (2°28'32.8"S, 80°32'53.7"W) (Google Earth, 2019). Allí predomina un área con clima tropical el cual envuelve al Ecuador desde los 23º latitud norte hasta los 23º latitud sur. Para la provincia de Santa Elena la condición climática se considera árida o desértica, debido a que la corriente de Humboldt golpea la península. Esto acarrea que se considere una de las provincias más secas y solo tenga una precipitación anual de lluvia de 125 a 150 mm.

Como en la mayoría de las provincias o terrenos del país, Santa Elena cuenta con dos estaciones al año, la estación húmeda y la estación seca. La etapa lluviosa (estación húmeda) comprende entre los meses de junio a noviembre y la etapa seca comprende entre los meses de diciembre a mayo. Todo esto provoca que la temperatura a lo largo del año oscile entre 21º y 40º C (Ecuador - Guía Virtual de Turismo Accesible, 2019)

2.2. Manejo del sistema de cultivo

La empresa CITYCORPI es una camaronera nueva la cual implemento por primera vez en su historia un sistema de cultivo intensivo con invernadero, reutilización de agua y tratamiento de efluentes. El área de terreno o trabajo fue dividida por módulos y cada módulo cuenta con 2 piscinas de pre criaderos (raceways) y 8 piscinas de engorde. La dimensión de los Pre criaderos es de 0.20 Ha y la de las piscinas de engorde es de 0.45 Ha. La profundidad en ambos sectores de crianza es de alrededor de 3.5 metros total y profundidad de espejo

de agua es de 2.5 metros. Se maneja todo el cultivo con un promedio de salinidad en 5 UPS. Cabe mencionar que la fuente de agua se encuentra a 300 metros del reservorio principal y es agua subterránea.

Esta agua es rica en magnesio, pero posee baja concentración de potasio. Para equilibrar el balance iónico del agua obtenida, en el reservorio se le dará tratamiento de fertilización previamente a ser ingresada a las piscinas de pre criadero y engorde. Cada semana, las piscinas de 0.45 Ha son sometidas a un recambio de agua del 30%. Por otra parte, solo el 20% de los efluentes se devuelve al medio, mientras que el 80% es tratado y reutilizado en la camaronera.

Tabla 1. 2 Análisis de calidad de agua de la camaronera. Fuente: Propia del autor.

Muestra	Dureza Total mg/L	TAN mg/L	Nitrito mg/L	Nitrato mg/L	PT mg/L	SST mg/L	NT mg/L	Alcalinidad mg/L	Dureza x Ca mg/L
Reservorio	1411,1	0,02	0,02	0,3	0,02	21,5	5,3	173,1	471,4
Piscina	1298,7	0,04	0,02	0,3	0,02	17,8	4,6	168,2	451,7

2.3. Posibles soluciones

23.1. Zero Water Discharge (ZWD)

En el Sistema ZWD también conocido como sistema Biofloc, permite que la calidad del agua sea sostenida por microorganismos presentes en el tanque de cultivo para de esta manera puedan intervenir en el ciclo del nitrógeno, purificación del agua, control bacteriano y además de ser una fuente de alimento (Suantika, 2018). La capacidad de carga de este sistema no es muy grande para soportar largos periodos de operación sean estos peces o camarones (Suantika, 2015) Sin embargo en los sistemas que presentan Biofloc existen factores como calidad de agua, oxígeno, salinidad, pH, amonio y temperatura que influyen relevantemente en los sistemas de cultivo.

Estos parámetros son limitantes para el camarón debido a que son vías directas para causar estrés, pausado crecimiento, proliferación de microorganismos

nocivos y ciertos eventos de mortalidad temprana. Por ende, en la actualidad se están dando cultivos intensivos que entre sus herramientas de mitigación utilice Biofloc como proceso seguro y sustentable (Lara-Espinoza, 2015)

232. Aplicación de bacterias

El uso de bacterias en sistemas de cultivos intensivos de camarón ha sido empleado para reducir y descomponer la materia orgánica que se encuentra situada en el agua y en el fondo de los estanques, sedimentos. Además, las bacterias ayudan a que exista la regeneración mineral del sistema biológico. Se entiende que estos microorganismos tienen la facultad de absorber entre el 10% y el 50% de carbono fijado. Esta absorción de carbono puede manifestarse cuando las condiciones del agua son favorables en nitrógeno. (Hernández, 2016) Entonces, la bacteria fagocita el carbono para obtener energía y el nitrógeno lo desvía para la síntesis de proteína.

Como todo proceso bacteriano conlleva el consumo de oxígeno, entre mayor tamaño alcance la bacteria, mayor será su tasa de respiración. Por ello la bacteria desempeña modelos temporales en cantidad dentro de todo el medio ambiente para aprovechar la materia orgánica proveniente del fitoplancton. En la mayoría de los sistemas acuícolas se dan proliferaciones de fitoplancton debido a la alta concentración de nutrientes en el sistema. En ocasiones, los nutrientes están por encima del límite de absorción que posee el fitoplancton y provoca excesos, lo cual hace que aumente el pH y se formen secretas de fitoplancton. En estas secretas, crecen bacterias heterótrofas y zooplancton (Hernández, 2016)

234. Recirculation aquaculture systems (RAS)

Los Sistemas de recirculación acuícola son procesos periódicos de utilización de agua con porcentajes menores al 10% diario. Esto permite medir los parámetros fisicoquímicos del agua tales como son: salinidad, nitrógeno amoniacal, temperatura, oxígeno disuelto, pH, nitratos, alcalinidad, dióxido de carbono, y nitritos. Al tener controlados los parámetros antes mencionados, se puede ver

reflejado en el sistema de cultivo mejora en la calidad de agua, mejor tasa de crecimiento y conversión alimenticia. A su vez, se corrigen problemas básicos como bajos intervalos de recambio y superpoblación sembrada por metro cuadrado (Ochoa, 2016)

En el estudio de caso que se dio por parte de (RUEDA, 2017) se implementó una bomba de 1 hp la cual se conectó a estanques que desembocaban en un biofiltro de 500 L. Se efectuó un sistema de 3 fases para la etapa de recirculación. La primera fase comprendía 10% de renovación del agua, la segunda fase 20% de renovación del agua y por último la tercera fase 20% de recirculación. Junto a la etapa de recirculación se añadió la etapa de aireación que consto con un blower de 2.5 hp para mantener la aireación por encima de 5 mg/L. Gracias a todo este sistema implementado se pudo reducir el estrés al que estaba sometido el animal, además se mejoró el crecimiento debido al movimiento constante del agua.

23.5. Hybrid System (ZWD-RAS)

Este tipo de Sistema admite combinar dos metodologías totalmente diferentes que permitan sembrar camarones por metro cuadrado a altas densidades (sistemas súper-intensivos). Aunque promete ser algo innovador y revolucionario ya que cada sistema complementa las falencias del otro, aun es información que necesita ser investigada y corroborada. De manera separada, el sistema ZWD permite mantener el agua en la piscina sin realizar recambio siempre y cuando el medio de cultivo pueda soportar la calidad de agua (Muhammad, 2016).

Aunque es necesario agregar un porcentaje mínimo de agua debido a la evaporación. Así mismo, el sistema RAS se usa de manera independiente para mantener la calidad de agua, específicamente los niveles de NH_4 y NO_2 . Como lo explica en su estudio (Suantika G., 2018) acota que se implementó este sistema híbrido ZWD-RAS para cultivar tres densidades diferentes de camarón blanco: 500 PL/m³, 750 PL/m³ y 1000 PL/m³ permitiendo tener los parámetros de calidad de agua dentro de los rangos normales. Habiendo sido el nitrato, el

único parámetro que alcanzo 15 ppm. Además infiere que el cultivo puede ser obtenido para venta comercial antes de los 90 días de cultivo.

Siendo la menor densidad (500 PL/m³) la que mejor proyección final tiene basado en la supervivencia del camarón, el factor de conversión alimenticia (FCR) y la productividad alcanzada. No obstante, la supervivencia se estima como aceptable en este sistema híbrido debido a que se sitúa en 70% y no hay muchos estudios para compararlos entre sí.

2.4. Selección de la mejor alternativa

24.1. Fallo de decisión para los criterios biológicos

En la matriz de decisiones se tomó en cuenta los diferentes factores que afectan a la camaronera CITYCORPI en calidad de agua y como las posibles soluciones pueden afectar en la reducción o en el equilibrio del sistema de cultivo. Para esto se evaluaron las ventajas y desventajas de las soluciones propuestas las cuales se modelan a continuación en la Tabla 2.1:

Tabla 2. 1 Ventajas y desventajas para la toma de decisión de criterios biológicos. Fuente: Propia del autor.

Zero Water Discharge (ZWD)	
Ventajas	Desventajas
Altas densidades	Costos en el sistema de implementación y fuente de carbono
Solo recuperar por evaporación y por sifoneo	Mantenimiento periódico
Proceso seguro y sustentable	Proceso controlado diariamente
Aplicación de Bacterias	
Ventajas	Desventajas
Regeneración Mineral	Necesita costo de inversión periódica
Absorción del carbono fijado	Depende de la cantidad de fitoplancton en el sistema

Absorción de exudados de fitoplancton	Consumo de oxígeno del sistema
---------------------------------------	--------------------------------

Con toda la información recopilada que arroja la tabla de ventajas y desventajas sobre los criterios biológicos, se pudo armar un proceso de fallo el cual apoyará decisión final, será evaluado con un puntaje entre 1 y 5 siendo 1 el menor importe de posibilidad y 5 el mayor importe de posibilidad. Además, constara de los siguientes juicios:

Costo de inversión: Contará con el valor final que tendrá cada procedimiento.

Eficiencia: Trata de evaluar que procedimiento se ajusta mejor a la solución planteada.

Calidad de agua: Será la solución a obtener con cada procedimiento

Tiempo de vida útil: Duración de la solución planteada, ya sea en días/semanas/meses.

Tiempo de efecto: Describe el tiempo necesario para alcanzar los efectos planteados.

Tiempo de implementación: Describe el tiempo necesario para poder empezar la solución.

Tabla 2. 2 Estimación del fallo de decisión para criterios biológicos. Fuente: Propia del autor.

Juicios	Zero Water Discharge (ZWD)	Aplicación de Bacterias
Costo de inversión	2	4
Eficiencia	5	4
Calidad de agua	5	4
Tiempo de vida útil	2	3
Tiempo de efecto	2	5
Tiempo de implementación	1	4
Total	17	24

Tabla 2. 3 Ponderación del fallo de decisión para criterios biológicos. Fuente: Propia del autor.

Juicios	Ponderación (%)	Zero Water Discharge (ZWD)	Aplicación de Bacterias
Costo de inversión	10%	4	8

Eficiencia	30%	30	24
Calidad de agua	30%	30	24
Tiempo de vida útil	20%	8	12
Tiempo de efecto	5%	2	5
Tiempo de implementación	5%	1	4
Total	100%	75%	77%

24.2. Fallo de decisión para los criterios ingenieriles

Al igual que en el fallo de criterios biológicos se formularon interrogantes para determinar qué solución sería la más adecuada frente a la solución que se quiere obtener. Se armó un cuadro comparativo, el mismo que posteriormente fue estimado y ponderado para así fortalecer la decisión final.

Tabla 2. 4 Ventajas y desventajas para la toma de decisión de criterios ingenieriles. Fuente: Propia del autor.

Recirculation Aquaculture System (RAS)	
Ventajas	Desventajas
Mínimo impacto de enfermedades	Espacio para infraestructura
Menor uso diario de recambio de agua	Requiere alimento de alta calidad
Sistema eco amigable con el ambiente	Instalar proceso de filtrado y aireado
Zero Water Discharge (Zwd) - Recirculating Aquaculture System (Ras) Hybrid System	
Ventajas	Desventajas
Densidades muy altas	Supervivencia por debajo del 75%
FCR estándar	Falta de información verificada
Mantenimiento de la calidad de agua	Excesivo costo de implementación

Con toda la información recopilada que arroja la tabla de ventajas y desventajas sobre los criterios biológicos, se pudo armar un proceso de fallo el cual apoyará decisión final, será evaluado con un puntaje entre 1 y 5 siendo 1 el menor importe de posibilidad y 5 el mayor importe de posibilidad. Además constara de los siguientes juicios:

Costo de inversión: Contará con el valor final que tendrá cada procedimiento.
Eficiencia: Tratará de evaluar que procedimiento se ajusta mejor a la solución planteada.

Calidad de agua: Será la solución a obtener con cada procedimiento

Tiempo de vida útil: Duración de la solución planteada, ya sea en días/semanas/meses.

Tiempo de efecto: Describe el tiempo necesario para alcanzar los efectos planteados.

Tiempo de implementación: Describe el tiempo necesario para poder empezar la solución.

Tabla 2. 5 Estimación del fallo de decisión para criterios biológicos. Fuente: Propia del autor.

Juicios	Recirculation Aquaculture System (RAS)	Zwd – RAS Hybrid System
Costo de inversión	3	2
Eficiencia	3	4
Calidad de agua	3	4
Tiempo de vida útil	4	4
Tiempo de efecto	4	5
Tiempo de implementación	3	2
Total	20	21

Tabla 2. 6 Ponderación del fallo de decisión para criterios biológicos. Fuente: Propia del autor.

Juicios	Ponderación (%)	Recirculation Aquaculture System (RAS)	Zwd - Ras Hybrid System
Costo de inversión	10%	6	4
Eficiencia	30%	18	24
Calidad de agua	30%	18	24
Tiempo de vida útil	20%	16	16
Tiempo de efecto	5%	4	5
Tiempo de implementación	5%	3	2
Total	100%	65%	75%

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

De acuerdo con el alcance establecido en el proyecto para elaborar un protocolo de manejo (El cual se encuentra en anexos) para mantener una calidad de agua durante una semana con un recambio de tan solo el 30%, se han analizado las diferentes propuestas siendo escogida la aplicación de bacterias como la mejor alternativa, debido a su implementación rápida, su bajo costo de implementación y su efectividad en el sistema, en este capítulo se detalla los costos y las consideraciones para una correcta aplicación de las bacterias.

Se tomó en cuenta dos métodos de aplicación de bacterias, los cuales fueron evaluados para determinar la mejor aplicación. Para los requerimientos de las bacterias se consideró al *Bacillus licheniformis* al ser una especie con un genoma muy similar a otros *Bacillus* como lo es el *B. subtilis*, a su vez al estar presente tanto en el agua como en el suelo y ayudar a disminuir las concentraciones de nitritos, nitratos y amonios en el sistema (Toledo, 2018).

Según (Rizo, 2015) se necesitan 250 mmol O₂/L/h para obtener 2g/L biomasa seca de *B. licheniformis* en un medio de cultivo con 0,60g/L de carbono, 0,032g/l de Nitrógeno en una relación aproximada de 20:1 de C/N una temperatura de 32°C dando una concentración de $5 \cdot 10^3$ UFC.

3.1. Evaluación de la fuente de carbono

Teniendo en cuenta la cantidad de carbohidratos que necesitan las bacterias se procedió a evaluar las diferentes fuentes de carbono, se consideró a la melaza y al salvado de arroz por la facilidad con la que se le puede encontrar en el mercado.

3.2. Salvado de arroz o polvillo

Es un producto que se obtiene gracias a la refinación en el proceso de obtención del arroz blanco. Entre sus características, destaca el ser fuente energética para muchas especies como son: cerdo, aves, conejos, caballos, entre otras. Sin embargo, este producto a su vez es ingerido por organismos rumiantes que aprovechan su composición, la cual se basa en alto contenido de gasa con un porcentaje comprendido entre 12-18%, almidón con porcentaje de 21-28% y de manera equilibrada aporta con aminoácidos esenciales (proteínas) (Poveda, 2008). Además contiene fósforo con proporción bastante elevada de 1,35%, pero todo este fósforo se concentra en mayor valor en fitatos que comprende el 90%. El contenido presente de calcio en el salvado de arroz es relativamente bajo, pero puede ser aumentado si se le agrega carbonato de calcio a gusto de cada situación en la que se vaya a emplear dicho polvillo (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2010).

Tabla 3. 1 Composición del salvado de arroz en 100 g (Juliano, 1994).

Composición	Salvado de arroz
Proteína	11.3-14.9
Gasa cruda (g)	15-19.7
Fibra (g)	7-11.4
Cenizas (g)	6.6-9.9
Carbohidratos presentes (g)	34-62
Energía (kcal)	399-476
Densidad (g/ml)	1.16-1.29

Debido a todas las peculiaridades antes mencionadas, el salvado de arroz alcanza un impacto importante dentro del mercado nacional e internacional. Se comercializa en grandes, medianas y pequeñas cantidades a lo largo del país. Ya sea para un tipo específico de especie, el producto se entrega de igual manera sin atender dicho aspecto. Su proceso de entrega, dependiendo de la cantidad requerida y lo disponible para el momento regirá el precio. Cabe mencionar que cada empresa que entrega salvado de arroz maneja su propia lista de precios y disponibilidad.

No obstante, en cada área del país el rango de precios es muy similar, presentado variaciones leves. Por la parte de logística, el producto puede ser vendido, en libras, kilogramos, quintales o toneladas métricas y de la cantidad a acarrear se deberá emplear un tipo diferente de transporte. (Martínez, 2014). En cuestión de pesaje de libras o quintales, el polvillo se envasa en sacos con capacidad de 100 libras teniendo un valor en el mercado de \$11,50 el quintal (qq) que corresponde a la venta al por menor. Pese a eso, el valor puede verse reducido si el requerimiento de polvillo es alto, teniendo el precio a \$11,00 el quintal (qq) cuando se supere los 250 quintales (qq) lo que se denotaría como venta al por mayor.

Sin embargo, el valor puede disminuir aún más cuando el pesaje se pondere en kilogramos o toneladas métricas y la compra exceda los 500 quintales (qq). Puede llegarse a establecerse precios entre \$220 y \$231 la tonelada métrica (Tm) dependiendo de la negociación que se lleve a cabo (Piladora Brito & Espinoza, 2019)

Para el traslado del polvillo se puede utilizar camionetas con capacidad de 15-22 quintales (qq), camiones sencillos con capacidad de 30-44 quintales (qq), camiones reforzados con capacidad de 8 toneladas métricas (Tm) y tractomula pesada con capacidad de 35 toneladas métricas (Martínez, 2014)

Tabla 3. 2 Valores predeterminados para la ciudad de Guayaquil (TELSUPREMA S.A., 2019).

DATOS DE TRANSPORTE	
TIPO DE TRASNPORTE	VALOR DEL SERVICIO
Furgón	\$60 - \$70
Camión Sencillo	\$120 - \$130
Camión Reforzado	\$250 - \$300
Tractomula Pesada	\$450 - \$500

3.3. Melaza como fuente de carbono

Las melazas son sustancias que presentan elevados contenidos de ceniza. Aunque existen muchos tipos de melazas dependiendo de la fuente de donde se

obtiene, las más comunes son la melaza de caña y la melaza de remolacha. La melaza procesada de la caña es altamente concentrada en magnesio, cloro y calcio mientras que la procesada de la remolacha es rica en cloro y sodio. Aunque son procesos diferentes, ambas melazas gozan de mucho potasio que comprende alrededor de 3-4% más que todo en la melaza de remolacha.

Sin embargo, la cantidad de fósforo presente en ambos tipos de melaza es mínimo. A su vez, este producto sirve como aditivo en dietas controladas para mejorar la palatabilidad del alimento, sin olvidar que es una fuente importante de carbono y energía. Por eso, es usada en dietas de cerdo, aves, conejos, caballos y rumiantes (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2010)

Tabla 3. 3 Composición de la melaza de caña de azúcar en 100 g (CASTILLO, 2007).

Composición	Cantidad g	CDR (%)
K calorías	242	12.6%
carbohidratos	63.2	22.4%
proteínas	2.4	5%
fibras	0	0%
gasas	0.1	0.2%

En el mercado nacional e internacional, la melaza tiene años de trascendencia debido a todos los usos potenciales que se le da. Hoy en día, la melaza se comercializa líquida en pequeñas, medianas y grandes cantidades dependiendo el uso que se le vaya a emplear. Agripac S.A (Morla, 2017), vende melaza en presentación de saco de 25 kilogramos (kg) a un precio de \$12. Pese a esto, existen maneras diferentes de adquirir este producto a un precio más asequible.

Se comercializa en el mercado local melaza artesanal a \$0.25 el kilogramo (kg), la cual viene en presentaciones de caneca que cuenta con 30 kilogramos (kg), tanque que alcanza los 300 kilogramos (kg), tonelada que contiene 1000 kilogramos (kg) y por último tanquero que serían alrededor de 12.000 kilogramos (kg). Cabe mencionar que el precio del producto no varía dependiendo de la cantidad que se desee comprar. No obstante, los precios por logística se

disparan si la cantidad de melaza a adquirir es alta, debido a que este producto se debe almacenar en contenedores especiales (Sosa, 2018)

Dichos contenedores deben prestar las condiciones adecuadas para que la melaza no dañe su composición debido a la humedad o la variación de temperatura. Los contenedores deberán estar situados en el lugar donde se receptorá el producto y deberá tener la capacidad necesaria.

Tabla 3. 4 Valores predeterminados para la ciudad de Quito (MELAZASOTO, 2019).

DATOS DE VENTA	
TIPO DE PRESENTACION	PRECIO
Kilo	\$0.25
Caneca	\$7.50
Tanque	\$75
Tonelada	\$250
Tanquero	\$3000

Los valores que se adjuntan en la tabla 3.4 no presentan recargo por logística de transporte (traslado) dentro de la ciudad de Quito, a pesar de eso al momento de trasladar el producto fuera de la ciudad se puede solicitar presentaciones de 2000 kilogramos (kg) hasta 12.000 kilogramos (kg) que es la capacidad mínima y máxima del tanquero. Por debajo de esa cantidad, queda a disposición de la persona que adquiere la melaza el traslado de la misma. Los precios de transporte que se dé mediante el tanquero cambia dependiendo de la distancia, viajes realizados y tiempo de desembarco.

3.4. Análisis de costos, requerimientos y producto

Tabla 3. 5 Costos promedios por kg en Ecuador (Casas, 2019).

Producto	Costos/ kg
Polvillo	\$0.25
Probiótico	\$0.12
Enzima	\$0.06
Bicarbonato	\$0.02
Total	\$0.50/ kg

Tabla 3. 6 Requerimientos de oxígeno en la piscina (Casas, 2019).

15% O ₂	Camarón
15% O ₂	Propiedad primaria
70% O ₂	Descomposición de la materia orgánica, bacterias, microorganismos.

La fuente de carbono no es una limitante, y no hay una diferencia significativa lo cual fue evaluado por (Suantika G. L., 2015) donde tomó en cuenta múltiples fuentes de carbono, pero en cuanto a precio por el factor logístico se ha evaluado y se tomó en consideración la utilización de salvado de arroz como una fuente para la utilización del método simbiótico en el cultivo.

Tabla 3. 7 Bacterias más utilizadas y su uso en acuicultura (Suantika G. L., 2015).

Estadio	Especie probiótico	Administración	Efecto	Referencia
Larva y postlarva	<i>Bacillus subtilis</i>	Adición al alimento	Mejora la supervivencia y el crecimiento	(Toledo, 2018)
Postlarva y juveniles	<i>Subtilis</i>	Adición al agua	Reducción de amonio, nitrito y nitrato	(Yuniarti et al., 2015)
Postlarva, juveniles	<i>Arthrobacter sp</i>	Adición al agua	Estimula la supervivencia y el crecimiento	(Toledo, 2018)
Postlarva y camarón adulto	<i>Bacillus licheniformis</i>	Adición al agua	Estimulación del sistema inmune	Franco et al., 2016b)

Camarón adulto	<i>levaduras</i> (<i>Debaryomyces hansenii</i> y <i>Rhodotorula sp</i>)	Bioencapsulación	(Reduce la concentración de nitrito y amonio, regulación de pH)	(Toledo, 2018)
Camarón adulto	(<i>Rhodopseudomonas palustris</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus casei</i> y <i>S. cerevisiae</i>)	Adición al agua	Reducción de la concentración de nitrato	(Toledo, 2018)
Camarón adulto	<i>Lactobacillus spp</i>	Aditivo alimentación	Estimula el sistema inmune y ayuda a la supervivencia	(Toledo, 2018)

Tabla 3. 8 tabla de alimentación recomendada para un protocolo de aquamimicry (Romano, 2017).

Ratios recomendados de alimentación	
Peso del camarón (g)	Porcentaje de alimentación (%)
1 - 5	5 - 4
5 - 10	4 - 3
10 - 20	3 - 2
20 - 30	2 - 1

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

A pesar de todas las dificultades que se encontraban presente al momento de evaluar el protocolo de manejo para la empresa CITYCORPI, se plasmó un diseño de manejo único y exclusivo para dicha camaronera. El manual consiste en mantener y vigilar que la calidad del agua en el estanque sea la óptima para el crecimiento del camarón a baja salinidad en cultivos intensivos. Dicho cultivo, cuenta con monitoreo de alimentación automática y aireación asistida, lo que permite en conjunto con las bacterias heterótrofas prolongar la vida y el uso del suelo, agua y alimento según fuentes bibliográficas.

Las bacterias heterótrofas juegan un papel importante dentro de todo este sistema, pero como cualquier organismo vivo necesita de fuente de energía para subsistir. Por ello, se efectuó maniobras de logística que permita tener fuentes de carbono como materia prima a un costo asequible, admitiendo estos microorganismos dentro del costo de producción. Como punto importante cabe destacar que tener bacterias heterótrofas permite reducir y eliminar compuestos nitrogenados, condescendiendo a poseer en el sistema un balance entre bacterias, microorganismos, zooplancton, fitoplancton y la especie (camarón).

Para desviar nuestra atención hacia las bacterias heterótrofas, se propuso un proceso de enfrentamiento de alternativas viables con procesos de juicios para optar por la mejor solución. Dentro del desafío se evaluaron diferentes puntos con respecto a la eficiencia, tiempo, costos, etc., en cada una de las opciones. Una vez recopilada toda la información, resultados y propuestas de valor, se llegó al consenso de que los microorganismos heterótrofos para este determinado caso salían favorecido por encima de sistemas de recirculación simple y sistemas de recirculación con biofloc.

4.2. Recomendaciones

- Adaptar el protocolo existente de acuerdo a las eventualidades que se vayan presentando en el cultivo.
- Insertar al sistema nuevas bacterias heterótrofas con mejor eficiencia para optimizar aún más el protocolo de manejo.
- Mantener los parámetros en rangos óptimos para que el sistema no se vea alterado negativamente.
- Tratar de que no exista elevado bloom de microorganismos que puedan afectar y disminuir drásticamente el oxígeno del sistema.
- Tener al menos tres proveedores de materia primera que permitan siempre contar con la disponibilidad del producto.
- Adaptar la tabla de alimentación para que se acomode al proceso de manejo planteado.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Abdelrahman, B. (2018). Influence of variation in water temperature on survive, growth and yield of pacific white shrimps *Litopenaeus vannamei* in inland ponds for low salinity culture. *Aquaculture research*, 50 (2), 658-672.
- Adrián Toledo*, Néstor M. Castillo**, Olimpia Carrillo**, Amílcar Arenal*. (2018). *Probióticos: una realidad en el cultivo de camarones*. . CUBA: SCIELO.
- Aguilera, M. M. (Abril de 1998). Los cultivos de camarones en la Costa Caribe Colombiana. Cartagena de Indias, Cartagena, Colombia.
- Baquerizo, W. S. (17 de noviembre de 2019). El espléndido camarón. *El universo*.
- Boyd, C. E. (9 de Julio de 2018). La cantidad correcta de carbohidratos es una consideración de manejo importante. Auburn, Alabama, EEUU: Aquaculture and Aquatic Sciences.
- Briggs, M. (2009). *Penaeus vannamei*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Briggs, M. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New.
- Casas, L. (2019). Symbiotic. *AQUA EL ORO*. Machala.
- CASTILLO, F. (2007). EVALUACION DE LA MELAZA DE CAÑA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE *Saccharomyces cerevisiae*. *Pontifica*.
- Castro, L. C. (2018). Cultivo intensivo, invernadero en el norte del Perú. *La fragata*. Perú: abcam.
- Cluster. (1 de Mayo de 2018). La importancia de la acuicultura en la seguridad global. *EBIZOR*.
- Collazos, L. (2015). FUNDAMENTALS OF BIOFLOCS TECHNOLOGY. *CASTELS*.
- Ecuador - Guía Virtual de Turismo Accesible. (26 de Noviembre de 2019). Clima en Santa Elena. Santa Elena, Santa Elena, Ecuador: ABC.
- Fajardo, P. (2016). Plan de negocios para la implementación de un cultivo intensivo de camarón blanco del pacifico (*Litopenaeus vannamei*) tierra adentro en la provincia del oro cantón arenillas. Guayaquil, Ecuador.

- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2010). Melazas de Caña. Madrid, España.
- Funge-Smith, S. J. (1998). Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. ELSEVIER.
- Google Earth. (19 de Noviembre de 2019). Comuna Engunga. San Pedro, Santa Elena, Ecuador.
- Guerrero, M. (10 de mayo de 2002). 600 hectáreas de cultivo en tierra adentro. *UNIVERSO*.
- Hernández, J. A. (15 de Marzo de 2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. La Paz, Baja California, Bolivia.
- Huerta, I. F. (16 de Abril de 2018). Bioseguridad, viveros intensivos y la constante amenaza de patógenos. Global Aquaculture Alliance.
- Jackson, C. (6 de Enero de 2003). Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. Cleveland, Australia: ELSEVIER.
- James Anderson, D. V. (1 de noviembre de 2019). Revisión de la producción mundial de camarón. *Global aquaculture Alliance*.
- Juliano. (1994). *estudio del pulido de arroz*.
- Kawahigashi, D. D. (3 de Febrero de 2018). Symbiotic - Una solución sostenible a largo plazo a los problemas en la acuicultura de vannamei. Chennai, Tailandia: Aqua.
- Lara-Espinoza, C. L. (2015). Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. Hermosillo, Sonora, México: AquaTIC.
- LimSuWan, C. (2002). Producción intensiva de camarón en áreas con mancha blanca. *Camarón de mar* (pág. 05). Tumbes: TUMPIS.
- Lin, L. (29 de Julio de 2019). Individual and combined effect of salinity and nitrite on freshwater Anammox bacteria (FAB). Brisbane, Australia: Water Research.
- Luque, R. C. (2018). Cultivos en sistemas intensivos en México: ventajas y desventajas sobre cultivos tradicionales. *AQUAEXPO 2018 el oro*. Machala: cultivadores del sur de Sinaloa.

- Mariela Rizo Porro, N. G. (2015). Diseño de un medio de cultivo con base en sacarosa para la producción de probióticos para camarones. *ICIDCA*, 8-16.
- Martínez, S. (1 de Agosto de 2014). Capacidad de Carga. Ecuador. MELAZASOTO. (13 de Diciembre de 2019). Melaza al por mayor y menor. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Morla. (12 de 2 de 2017). Recuperado el 19 de 11 de 2019, de <http://composi.info/cultivo-de-camaron-marino-tierra-adentro-sin-adicion-de-sales.html>
- Muhammad, H. (2016). Biological, Technical, and Financial Feasibilities Study of Zero Water Discharge (ZWD) System Application in Low Salinity White Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone) Urban Aquaculture. Gresik, East Java, Indonesia.
- Muñoz Chávez, A. G. (20 de Septiembre de 2018). Estudio de factibilidad del cultivo híper-intensivo de camarón. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Muñoz, M. (2015). Efecto del método de administración e *Lactobacillus acidophilus* en el crecimiento de camarón. *ACUADACA*.
- Ochoa, A. (01 de Diciembre de 2016). Diseño de los componentes hidráulicos de un sistema de recirculación acuícola y el diseño estructural de los tanques de cultivo. Perú: UPC.
- Palacios, N. O. (Noviembre de 2016). Estudio de factibilidad para producir camarón de la especie *Litopenaeus vannamei* bajo un sistema de producción semi intensivo en ecuador. San Antonio, Honduras.
- Piladora Brito & Espinoza. (11 de Diciembre de 2019). Polvillo de Arroz. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Poveda, C. M. (2008). *Estrategias de alimentación en etapa de engorda*. La paz: CIB.
- Quiñonez, W. V. (2010). CULTIVO INTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei* (BOONE) EN AGUA DE POZO DE BAJA SALINIDAD COMO ALTERNATIVA ACUÍCOLA PARA ZONAS DE ALTA MARGINACIÓN. Mochicahui, Sinaloa, México: REDALYC.
- Rodrigo Yambay, M. A. (2017). *Cultivo intensivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei en sistemas cerrados de recirculación*. Guayaquil.

- Romano, N. (2017). VEGETARIAN SHRIMPS: PELLET FREE SHRIMP FARMING. *AQUAMIMICRY*. WORLD AQUACULTURE: WAS.
- RUEDA, R. E. (2017). CULTIVO INTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei* EN SISTEMAS CERRADOS DE RECIRCULACION. Guayaquil, Guayas, Ecuador: UG.
- Salazar, V. (2017). CULTIVO INTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei* EN SISTEMAS CERRADOS DE RECIRCULACION. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Serrano, N. O. (Noviembre de 2016). Estudio de factibilidad para producir camarón de la especie *Litopenaeus vannamei* bajo un sistema de producción semi-intensivo en Ecuador. San Antonio, Honduras.
- Sosa, C. A. (19 de febrero de 2018). La estrategia del camarón. *El comercio*.
- Suantika, G. (26 de Abril de 2018). *Development of a Zero Water Discharge (ZWD) – Recirculating Aquaculture System (RAS) Hybrid System for Super Intensive White Shrimp (Litopenaeus vannamei) Culture under Low Salinity Conditions and Its Industrial Trial in Commercial Shrimp Urban Farming*. Gresik, Indonesia: Aqua cultural Engineering.
- Suantika, G. L. (2015). Performance of Zero Water Discharge (ZWD) System with Nitrifying Bacteria and. *aqua*, 359.
- Tajú g, m. (2015). Immune responses of whiteleg shrimp, to bacterially expressed ds RNA specific to vp28 gene of white spot virus. *Fish disc*, 451-465.
- TELSUPREMA S.A. (10 de Diciembre de 2019). Transporte de Carga. Daule, Guayas, Ecuador.
- Thakur, D. P. (9 de Octubre de 2002). Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. Nankoku, Japón: ELSEVIER.
- Thakur, K. (2018). Production characteristics of intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in four Vietnam Provinces. Charlottetown, Canada: Aquaculture Research.
- Timmons. (2010). *recirculating aquaculture 2da edition*. New York: Cayuga.
- Toledo, A. (2018). Probióticos: una realidad en el cultivo de camarón; artículo de revisión.

- Valencia-Castañeda, F.-E. V.-P.-R. (2018). Acute toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to shrimps *Litopenaeus vannamei* post larvae in low salinity water. *ELSEVIER*, 101, 229–234.
- Valencia-Castañeda, G. (7 de Mayo de 2019). Environmental Toxicology and Pharmacology. *Toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to Litopenaeus vannamei juveniles in low-salinity water in single and ternary exposure experiments and their environmental implications*. Sinaloa, Mexico: ELSEVIER.
- Valencia-Castañeda, G. F.-E.-P.-S.-O. (2019). toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to *Litopenaeus vannamei* juveniles in low salinity water in single and ternary expose experiments and their environmental implication. *ELSEVIER*.

6. APÉNDICES

6.1. Protocolo

Sección 1: Problema del tanque nuevo

1. Filtre el agua que será ingresada al estanque con ayuda de una malla de 100-300 micras sin adicionar desinfectante o alguna sustancia toxica.
2. Verter solo 80 cm de agua o hasta la mitad de la capacidad del estanque.
3. Retirar el exceso de fango del suelo de la piscina y corregir el pH hasta que sea neutro. Para alcanzar el pH necesario puede hacer uso del producto Red Cap.
 - a. Suelo con pH entre 3 - 3.9: Consulte al técnico
 - b. Suelo con pH entre 4 - 4.9: Verter 1 ½ botella (240 g) de probiótico.
 - c. Suelo con pH entre 5 - 5.9: Verter 1 botella (160 g) de probiótico.
 - d. Suelo con pH entre 6 - 7.0: Verter ½ botella (80 g) de probiótico.
4. Determinar los niveles de amonio (NH_4^+), nitratos (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-).
El rango de los valores disueltos en agua no debe de superar:
 - a. Amonio: 1 mg/L
 - b. Nitrito: 1mg/L
 - c. Nitratos: 150 mg/L
5. En presencia de peces pequeños, se puede hacer uso del desinfectante natural con aplicación de (200 ppm).
6. Se realiza arrastre de cadena para las primeras 48 horas y después airear la piscina para generar mayor eficiencia.

*El probiótico es un producto compuesto por Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens y Bacillus valismortis que ayuda como iniciador para el salvado de arroz que además disuelve lodo y materia orgánica acumulada su concentración debe ser de min 1×10^{10} ufc/g.

*Se busca productos producto residual que se obtiene al ser extraído el aceite de las semillas. Se utiliza para eliminar peces no deseados ya que no deja rastros acumulativos en el estanque, está disponible en el mercado y es económico.

Sección 2: Proliferación de bacterias beneficiosas

7. No es posible airear el sistema por al menos 48 horas.
8. En cuanto al tanque asegúrese que es lo suficientemente grande con respecto a la solución que se está preparando para verter. Debe ser entre 4-5 veces mayor.
9. Verter en el agua salvado de arroz con cantidad de 50 ppm-100ppm en 320 a 400litros de la piscina. Además se agrega fermento de salvado de arroz con Bacillus y Lactobacillus que son reconocidas como bacterias probióticas.
10. Agregar 16 kg de NaHCO₃ (bicarbonato de sodio) y 160 gamos) de probiótico.
11. Fermentar entre 24-48 horas. Se puede dragar al menos una vez al día y es necesario airear el medio después de la fermentación.
12. Solo se traspasa el fermento a la piscina la cual se puede sembrar después de iniciado el protocolo.

Determinación de los animales

- Seleccione animales saludables en PL 10 en adelante.
- Realizar pruebas de Estrés de salinidad y pH en agua dulce al menos por 1 hora.
- Evitar sembrar animales que hayan sido tratados con antibióticos en su etapa larvaria.
- Aclimatar los animales en salinidad, temperatura y pH al menos por 1 hora para ingresar a su nuevo medio de cultivo.

Sección 3: Alimento vivo natural

13. No es posible airear el sistema por al menos 48 horas.
14. Verter 10 kg de salvado de arroz, 10 ppm de fermento de arroz hasta alcanzar una turbidez de 25-30cm en el agua.

15. Agregar 2 kg de NaHCO₃ (bicarbonato de sodio) y 20 gramos de Red Cap (RC) o 2 gramos por kg de sustrato.
16. Fermentar al menos por 24 horas, controlando que el pH se mantenga entre 7.6 a 8.2 y el oxígeno por arriba de 6mg/L.
17. Determinar y observar la densidad de invertebrados, zooplancton y biocoloides. Se debe airear después de la fermentación.

Sección 4: Siembra y ciclo del cultivo.

18. De ser necesario aumentar la turbidez se puede echar 1-5 ppm fermento de arroz.
19. Establecer la turbidez entre 25-30cm. De notarse que hay un porcentaje elevado de turbidez (35-40cm) es imperativo recircular entre 20 y 25% de agua.
20. Determinar que el pH este entre 7.6 y 8.2
21. El oxígeno por las noches no debe ser menor a 5ppm y en el día no debe ser mayor a 10 ppm. Preferiblemente debe estar entre de 5 y 8 mg/L.
22. Proporcionar aireación continúa asistida al sistema. APLICAR *Bacillus subtilis* (4strains) *Bacillus megaterium* *Bacillus licheniformis* en la mañana y noche para reducir solidos disueltos.
23. Pasar la cadena en la zona de alimentación por los primeros 15 días después de iniciado el cultivo and aplicar probiótico.
24. Tener precaución si el do es arriba de 10ppm en la tarde y el agua debe tener una profundidad debajo del metro durante los primeros 30 días.

6.2. Figuras

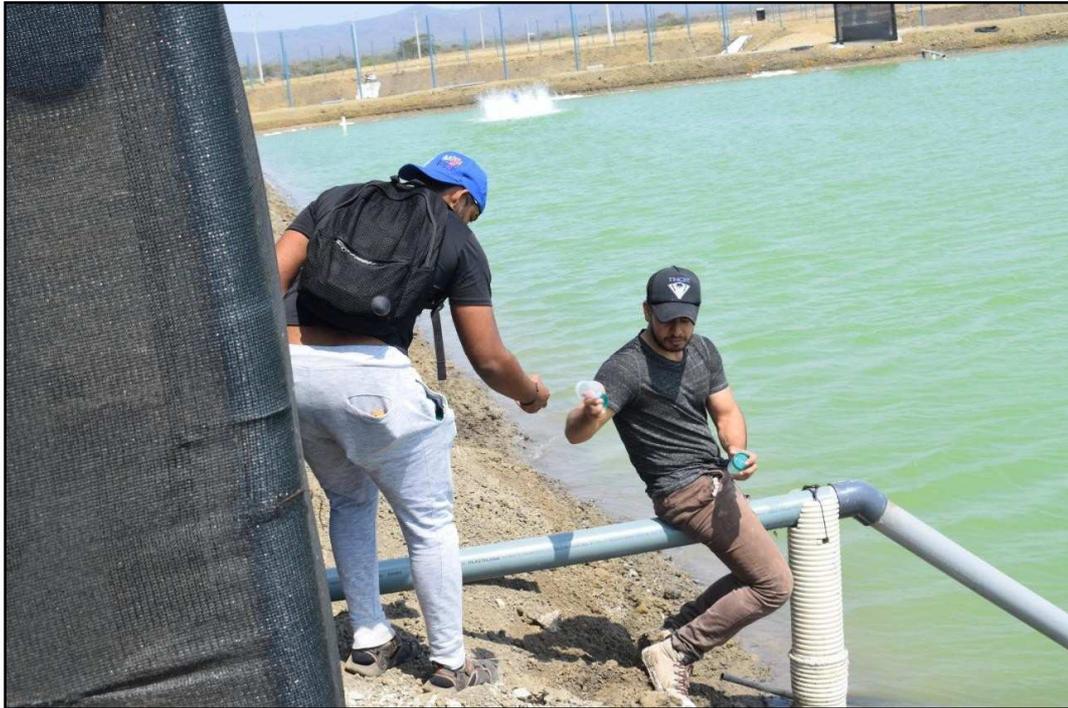


Ilustración 6. 1 Toma de muestreos para análisis de Fitoplancton. Fuente: Propia del autor.

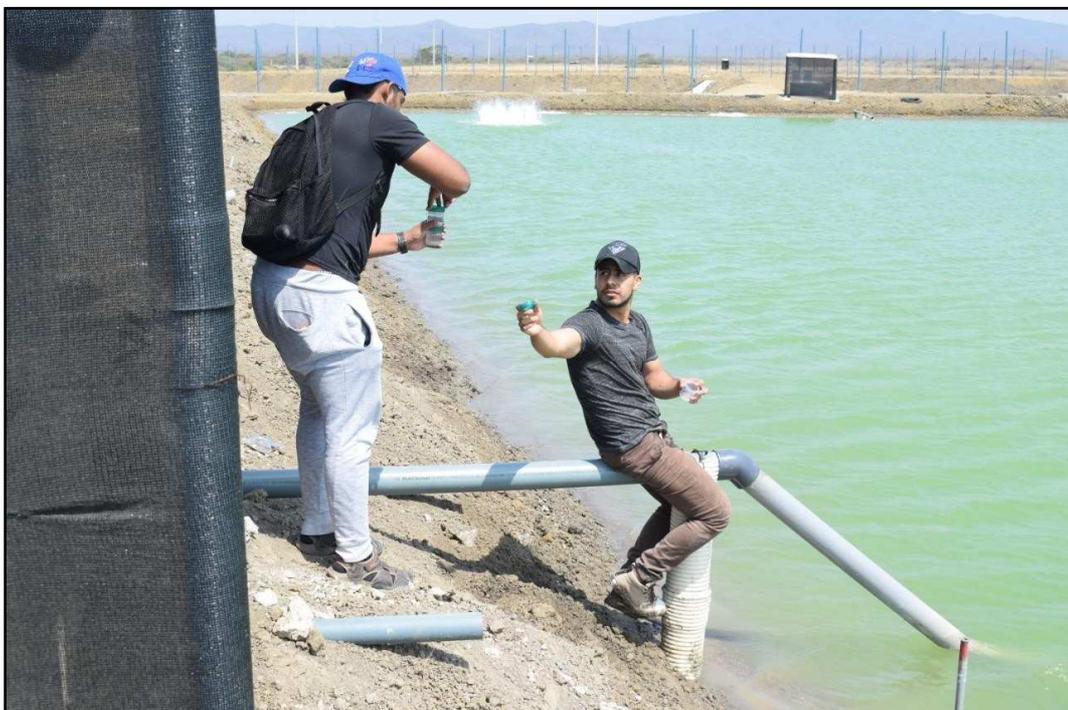


Ilustración 6. 2 Empaquetado de las muestras tomadas. Fuente: Propia del autor.



Ilustración 6. 3 Muestras listas para llevar al laboratorio. Fuente: Propia del autor.



Ilustración 6. 4 Revisión del sistema de alimentación de agua para piscinas de engorde. Fuente: Propia del autor.



**Ilustración 6. 5 Autores del proyecto de investigación en la empresa CITYCORPI.
Fuente: Propia del autor.**



**Ilustración 6. 6 Revisión de la toma de agua (pozo) que alimenta al estanque
reservorio primario. Fuente: Propia del autor.**

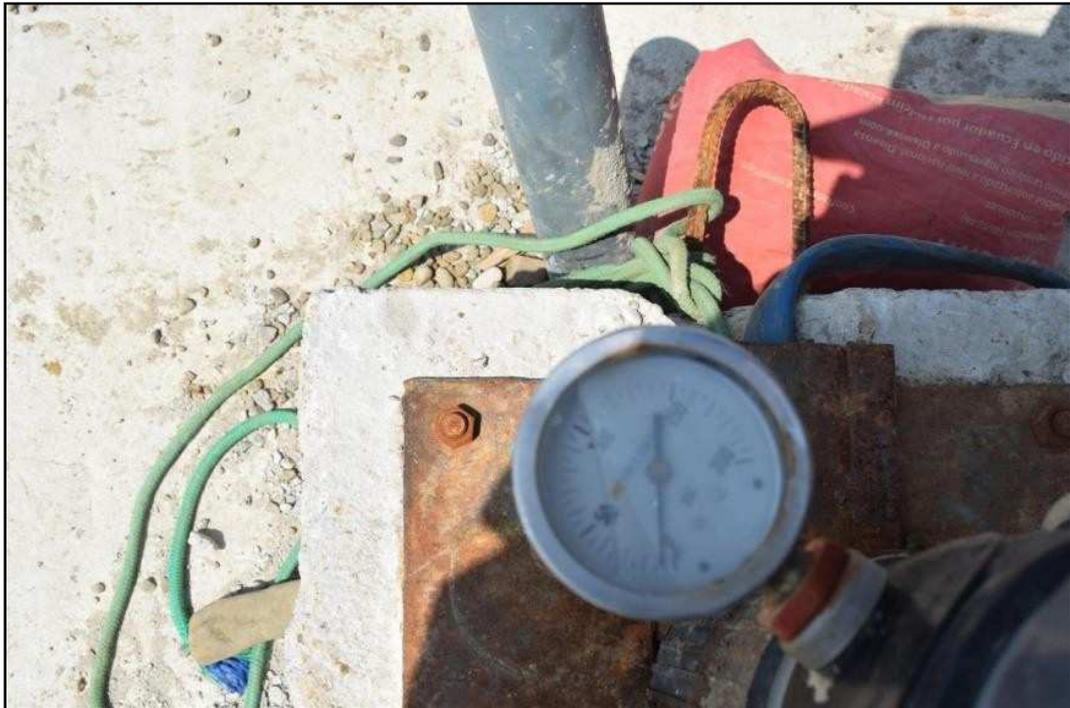


Ilustración 6. 7 Revisión de la presión del fluido (agua) con la que sale del pozo hacia el estanque reservorio. Fuente: Propia del autor.



Ilustración 6. 8 Recorrido por las instalaciones de la empresa CITYCORPI. Fuente: Propia del autor.