

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Evaluación de parámetros físico-químicos de aguas de pozo para cultivo intensivo de camarón blanco del Pacífico *Penaeus vannamei* con baja tasa de recambio

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Acuícola

Presentado por:

Carlos Eduardo Vera Holguín

Joshua de Jesús Mendoza Campos

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

College of Maritime Engineering and Sea Science

Evaluation of physical-chemical parameters of water well for intensive culture of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* with low replacement rate

CAPSTONE COURSE

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

Aquaculture Engineer

By:

Carlos Eduardo Vera Holguín

Joshua de Jesús Mendoza Campos

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedicamos en primer lugar a nuestro Padre Celestial que siempre nos ha dado la fuerza necesaria para seguir adelante a pesar de las adversidades, de igual manera y con un especial afecto a nuestras familias las cuales han sido la fuente de ahínco y apoyo durante la carrera universitaria dándonos la mano en los momentos que más lo necesitábamos.

Carlos Vera Holguín / Joshua Mendoza Campos

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto integrador ha sido una gran bendición, que sin duda los agradecimientos no caben en este apartado. En primer lugar, agradecido con Dios por brindarnos salud y darnos la oportunidad de disfrutar de personas increíbles durante mi vida universitaria.

Gracias al Ing. Pedro, propietario de la empresa Citycorpi, por darnos la oportunidad de desarrollar nuestro proyecto en su predio acuícola.

Gracias a nuestro tutor, M.Sc. Adrián Márquez, por su preocupación y aporte constante en mejoras de nuestro proyecto. Agradecido con nuestros padres y hermanos por el inmenso cariño, la atención y la paciencia con la que cada día se preocupaban por nuestro avance y desarrollo de proyecto, eso es simplemente extraordinario propio de su amor irremplazable. Cabe recalcar que gran parte de este éxito atribúyanselo a ellos que invirtieron en nosotros.

Gracias a nuestra universidad, por permitirnos formarnos en ella durante estos 5 años, cada recuerdo será indeleble para toda la vida.

Gracias a nuestros profesores, tutores, consultores, cada uno de ellos contribuyó a la formación integral de estos profesionales.

Gracias a nuestros compañeros por sus consejos de motivación, gracias por compartir aulas, viajes, conferencias, congresos durante todo el periplo estudiantil, sin duda extrañaremos las integraciones.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, que sin duda será la antesala de muchos. Finalmente agradezco a quien lee este trabajo, por permitir que nuestras indagaciones, consultas, experiencias y conocimientos formen parte de su repertorio en consulta académica.

Carlos Vera Holguín / Joshua Mendoza Campos

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Joshua de Jesús Mendoza Campos* y *Carlos Eduardo Vera Holguín* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Carlos Vera Holguín
Autor

Joshua Mendoza Campos
Autor

EVALUADORES

M.Sc. Adrián José Márquez Montiel

PROFESOR DE LA MATERIA / PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La empresa Citycorpi está iniciando sus procesos productivos en el cultivo intensivo de camarón blanco *Penaeus vannamei*, necesitan conocer la calidad de agua disponible para no comprometer la supervivencia y crecimiento de las postlarvas, por ello se evaluaron parámetros fisicoquímicos/perfil iónico (Ca, Mg, K) de agua proveniente de dos pozos operativos (3-4 UPS) y los reservorios en donde se mezclan las fuentes hídricas, con el fin de establecer protocolos que optimicen el desbalance iónico propio de las aguas de baja salinidad.

La mayor parte de los análisis fisicoquímicos para las distintas fuentes de agua, resultaron estar dentro de los parámetros aceptables para el cultivo de camarón blanco, con la excepción del nitrato el cual se encontraba muy por encima de los valores óptimos en el pozo #4 (1,9 ppm). Distintos análisis de perfil iónico, indicaron que existía un desbalance en los cuatro sitios muestreados en diferentes épocas (verano e invierno), al menos en uno de los iones principales (calcio, magnesio y potasio) para el cultivo de *P. vannamei*. Otros estudios sobre la flora de algas de los reservorios mostró la presencia de microalgas en altas concentraciones (>250.000 cel./ml) predominando las *Clorophytas* (50% en todas las muestras) además se observó presencia elevada de *Cianophytas* en el reservorio 2 aproximadamente el 40% de la población fitoplanctónica. Se estableció un protocolo para la optimización del desbalance iónico en esta camaronera para la estación seca y lluviosa, para ello se indagó varios insumos, fuentes de abastecimiento y análisis de costos.

Este protocolo podría ser usado como instrumento de apoyo para aquellas personas interesadas en el cultivo a baja salinidad de camarón blanco, como una gran oportunidad para desarrollar este proceso productivo en zonas donde el agua de mar o salobre no es accesible.

Palabras claves: balance iónico, *Cianophytas*, baja salinidad, cultivo intensivo.

ABSTRACT

*Citycorpi company is starting its production processes in the intensive cultivation of white shrimp *Penaeus vannamei*, they need to know the quality of water available so as not to compromise the survival and growth of postlarvae, so physicochemical parameters / ionic profile were evaluated (Ca, Mg, K) of water from two operating wells (3-4 UPS) and the reservoirs where the water sources are mixed, in order to establish protocols that optimize the ionic imbalance of low salinity waters.*

*Most of the physicochemical analyzes for the different water sources, were found to be within the acceptable parameters for the cultivation of white shrimp, with the exception of nitrate which was very much due to the optimal values in well # 4 (1.9 ppm). Different ionic profile analyzes indicated that there was an imbalance in the four sites sampled at different times (summer and winter), at least in one of the main ions (calcium, magnesium and potassium) for the cultivation of *P. vannamei*. Other studies on the algal flora of the reservoirs showed the presence of microalgae in high concentrations (> 250,000 cel./ml), predominantly Chlorophytas (50% in all samples), in addition there was a high presence of Cianophytas in reservoir 2 approximately 40% of the phytoplankton population. A protocol was established for the optimization of ionic imbalance in this shrimp for the dry and rainy season, for which several inputs, sources of supply and cost analysis were investigated.*

This protocol could be used as a support instrument for those interested in low salinity white shrimp farming, as a great opportunity to develop this production process in areas where sea or brackish water is not accessible.

Keywords: ionic balance, Cianophytas, low salinity, intensive culture.

ÍNDICE GENERAL

Carátula.....	1
Cover.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS	4
DECLARACIÓN EXPRESA	5
EVALUADORES	6
RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	10
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Descripción del problema.....	10
1.2 Justificación del problema	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo general	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Marco teórico	12
1.4.1 Cultivo intensivo	12
1.4.2 Calidad de agua	13

1.4.3	Parámetros óptimos para cultivo de camarón	13
1.4.4	Composición del agua dulce.....	14
1.4.5	Composición de agua marina	15
1.4.6	Salinidad.....	16
1.4.7	Osmorregulación y fisiología	16
1.4.8	Balance iónico	17
1.4.9	Agua subterránea	18
1.4.10	Baja tasa de recambio.....	18
1.4.11	Demanda iónica de bacterias probióticas en cultivo tierra adentro	19
1.4.12	Proliferación de cianophytas	19
CAPÍTULO 2		20
2.	METODOLOGÍA	20
2.1	Adición de sales minerales.....	21
2.2	Método balling.....	23
2.3	Compensación iónica por mezclas de fuentes hídricas	24
2.4	Tratamiento de control por medio de ultrasonido	24
2.5	Tratamientos químicos: Aplicación de alguicidas (sulfato/quelatos de cobre) .	26
2.6	Modificación de las relaciones de nutrientes en el agua para fomentar el crecimiento de diatomeas.....	27
2.7	Filtración biológica con moluscos bivalvos.....	27
2.8	Descripción de los criterios	29
2.9	Evaluación de criterios	30
2.9.1	Evaluación de las alternativas para el desbalance iónico.....	30
2.9.2	Evaluación de las alternativas para el control de cianophytas.....	31

CAPÍTULO 3	33
3 RESULTADOS Y ANÁLISIS	33
3.1 Análisis físico-químico de muestras de agua	34
3.2 Volumen de reservorios y cálculo de recambio.....	37
3.3 Balance iónico por compensación.....	38
3.4 Análisis biológico.....	39
3.5 Control de Cianophytas.....	41
3.6 Análisis de costos	41
3.6.1 Balance iónico por compensación	41
3.6.2 Control de Cianophytas	43
CAPÍTULO 4	45
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
4.1 Conclusiones.....	45
4.2 Recomendaciones	47
5 BIBLIOGRAFÍA	48
6 APÉNDICES	52
6.1 Protocolo para optimizar el balance iónico.....	52
6.1.1 Consideraciones generales:	52
6.1.2 Consideraciones antes/después de adición de minerales:.....	53
6.2 Protocolo de fertilización	54
6.2.1 Consideraciones previas	54
6.2.2 Aplicación, dosis y frecuencia.....	55
6.3 Encuesta informativa.....	57

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

UPS Unidades Prácticas de Salinidad

CNA Cámara Nacional de Acuicultura

TSS Total Suspended Solid

TAN Total Ammonia Nitrogen

SIMBOLOGÍA

Ca	Calcio
Mg	Magnesio
K	Potasio
Fe	Hierro
P	Fósforo
N	Nitrógeno
N- NH ₄	Nitrógeno Amoniacal ionizado
N- NH ₃	Nitrógeno Amoniacal no ionizado
N-NO ₂	Nitrógeno de Nitritos
N-NO ₃	Nitrógeno de Nitratos
CO ₂	dióxido de carbono
ppm	parts per million
ppt	parts per thousand
kHz	kilohertzios
mEq	miliequivalentes
mg	miligramo
g	gramo
pH	potencial de Hidrógeno
kg	kilogramo
ha	hectárea
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Componentes del Efecto Balling. Fuente: (Balling, 2017).....	24
Ilustración 3.1 Camaronera Citycorpi. Fuente: (Google Earth, 2019).....	33
Ilustración 3.2 Etiqueta: Puntos de muestreos. Fuente: (Google Earth, 2019).....	35
Ilustración 3.3 Concentraciones de fitoplancton por grupos.....	40
Ilustración 3.4 Concentraciones totales de fitoplancton	40
Ilustración 5.1 Reservorio 1. Fuente: (Mendoza, 2019).....	54
Ilustración 5.2 Reservorio 2. Fuente: (Vera, 2019).....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Parámetros óptimos para cultivo de camarón. Fuente: (BIOMAR, 2019).....	13
Tabla 1.2 Composición del agua dulce (río). Fuente: (Burga, 2018)	14
Tabla 1.3 Composición del agua de mar. Fuente: (Sonnenholzner, 2019)	15
Tabla.2.1 Caracterización de la parroquia Chanduy. Fuente: (Chanduy, 2017).....	20
Tabla 2.2 Composición del agua de mar y sus factores (Sonnenholzner, 2019).	22
Tabla 2.3 Uso de sales de potasio y magnesio en estanques de camarón de baja salinidad. Fuente: (Boyd C. , 2018).....	23
Tabla 2.4 Ventajas e inconvenientes de la implementación del tratamiento con ultrasonidos. Fuente: (Cobo, 2014).....	25
Tabla 2.5 Ventajas y desventajas del tratamiento con sulfato /quelatos de cobre.	26
Tabla 2.6 Ponderación usada para evaluación	30
Tabla 2.7 Ponderación en escala del 1-5 de las posibles soluciones	30
Tabla 2.8 Ponderación en porcentaje de las posibles soluciones.	31
Tabla 2.9 Ponderación en escala del 1-5 de las posibles soluciones	31
Tabla 2.10 Ponderación en porcentaje de las posibles soluciones	32
Tabla 3.1 Descripción de las etiquetas en la ilustración 3.2.....	33
Tabla 3.2 Descripción de los análisis realizados.....	34
Tabla 3.3 Puntos de muestreos. Fuente: (Google Earth, 2019)	35
Tabla 3.4 Resultados de análisis de agua.....	35
Tabla 3.5 Concentración de iones en estación seca.....	38
Tabla 3.6 Concentración de iones en estación lluviosa.....	38
Tabla 3.7 Listado de productos utilizados para el balance iónico.	39
Tabla 3.8 Resultados de análisis fitoplancton. FUENTE: Vera, 2019.	39
Tabla 5.1 Dosis de aplicaciones de sales para balancear iones en la Camaronera Citycorpi (estación seca).....	53
Tabla 5.2 Dosis de aplicaciones de sales para balancear iones en la Camaronera Citycorpi (estación lluviosa).....	54
Tabla 5.3 Interpretación de lectura de disco Secchi. Fuente: (Boyd C. E., 2019)	55
Tabla 5.4 Dosis generales de aplicación de productos fertilizantes	56

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

La empresa Citycorpi ubicada en la zona de Engunga, parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena, está iniciando sus actividades productivas en el cultivo intensivo de camarón a baja salinidad. Ha iniciado con la construcción del primer módulo comprendido por: 4 estanques precría (0,4 ha) y 8 estanques de engorde (0,5 ha), para ello disponen de cuatro pozos como fuente de abastecimiento hídrico, dos de ellos se encuentran operativos a una salinidad (4-5 UPS) con menor capacidad de abastecimiento que los dos restantes de alta salinidad (40 UPS), los cuales actualmente se encuentran inactivos debido a que en las pruebas realizadas con larvas PI-11 han obtenido altas mortalidades, pero desconocen la causa principal de este suceso viéndose reducida su capacidad operacional. Se tiene previsto realizar durante el cultivo a baja salinidad recambios semanales de 30% del nivel de agua en los estanques de engorde.

El agua constituye gran parte del éxito en un cultivo acuícola, por ello es importante el constante monitoreo de los parámetros físico-químicos del recurso en todas sus fases de cultivo, principalmente en el abastecimiento del mismo pues representa el punto de inicio en la producción.

Los acuíferos se caracterizan por tener variabilidad iónica en su composición, presencia de metales pesados, que dependiendo de su concentración y origen puede afectar el cultivo de camarón, es por ello que existe la necesidad de solucionar problemas de compensación de ciertas sales, iones o eliminar compuestos físico/químicos/biológicos en los reservorios. Considerando que se reutilizará el agua del ciclo productivo es importante un adecuado tratamiento para no comprometer las futuras operaciones en la finca.

1.2 Justificación del problema

La acuicultura es una actividad que se ha desarrollado desde tiempos remotos en todas las zonas del mundo, su importancia radica en la producción alimenticia para suplir las necesidades de las poblaciones que va en aumento cada día. Es tanto la incidencia de la acuicultura que ha logrado sobrepasar la pesca, situación no probable hasta hace algunos años atrás.

Los peces, crustáceos, moluscos y macroalgas son cultivados a gran escala a nivel mundial, siendo la camaronicultura una actividad económica importante para América latina y en especial para Ecuador, de hecho representa el primer producto de exportación no petrolero del país (CNA, 2017).

En Ecuador el cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei*, constituye uno de los principales rubros de exportación no petrolera del país, generando grandes plazas de empleo (CNA, 2017).

En los últimos años la camaronicultura tierra adentro ha tenido un gran auge a medida de que la prevalencia de los virus y enfermedades emergentes se vuelven más comunes, así como variaciones bruscas de parámetros que se presentan mayoritariamente en las cercanías de las costas. Es por ello que se considera al cultivo 'tierra adentro' como una alternativa viable para un mejor control de los parámetros ambientales y rendimiento en las fincas. En estos sistemas, las camaroneras usan aguas subterráneas provenientes de acuíferos o pozos para desarrollar sus procesos productivos (Boyd & al., 2002) sin embargo, el perfil iónico así como las sales disueltas en dichos acuíferos no siempre son las más adecuadas para los requerimientos de la especie a cultivar, siendo necesario añadir sales o aplicar ciertos tratamientos al agua para eliminar ciertos compuestos tóxicos y poder adecuarla a los niveles óptimos para el cultivo, considerando también que disponen de una fuente de agua limitada surge la necesidad de intensificar y aplicar protocolos que permitan en base al perfil del agua de los pozos disponibles, proponer procesos y tratamientos al recurso hídrico en los reservorios, logrando optimizar el proceso de producción así como

el rendimiento en los cultivos ubicados en zonas donde el agua de mar o salobre no es accesible.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros físico-químicos de diferentes fuentes de agua y su efecto en el crecimiento y supervivencia de postlarvas de camarón *Penaeus vannamei* en condiciones de cultivo intensivo.

1.3.2 Objetivos específicos

- ❖ Identificar los efectos de la deficiencia de compuestos químicos en el agua de pozo, de dos fuentes hídricas diferentes en el cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei* en alta densidad.
- ❖ Establecer tratamientos para optimizar el balance iónico del agua de pozo utilizado para el cultivo de camarón blanco.
- ❖ Diseñar un protocolo de fertilización y control, previo al uso de agua en las unidades de cultivo para disminuir la incidencia de cianophytas.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Cultivo intensivo

Sus principales características son las altas densidades de cultivo (40-140 animales/m²), extensión de piscinas (0.1-2 ha) y rendimiento productivo entre 3.000-10.000 kg ha⁻¹ (Anaya, 2005). Se desarrollan en pequeñas extensiones con el objetivo de optimizar el proceso de alimentación y mejorar las condiciones. Además con este tipo de cultivo se pretende disminuir el contenido de proteína de los piensos, reemplazándola por proteína microbiana formado biofloc, es decir, partículas floculadas que sirvan de alimento para el camarón. Estas partículas son un consorcio de algas, protozoos, bacterias, heces y dieta no consumida (Baloia, 2013).

1.4.2 Calidad de agua

El agua es un recurso que se utiliza en muchas actividades, industrias, y afines, sus características dependen del uso que se le otorgará. La calidad de agua se podría definir como características químicas, físicas y biológicas del agua para un fin en específico pudiendo ser los resultados cualitativos o cuantitativos en base a análisis en laboratorio o en campo.

Debido a las interacciones biológicas y químicas, el agua puede presentar fluctuaciones o cambios en los diferentes parámetros de calidad, entre los principales: oxígeno disuelto, temperatura, pH, salinidad, dureza, alcalinidad, materia orgánica, compuestos nitrogenados, entre otros (Boyd C. , 2001)

Los rangos óptimos para el cultivo varía de acuerdo a la especie, zona geográfica, condiciones ambientales, entre otros, pero en acuicultura los patrones de interrelación entre parámetros siempre se cumplen, por ejemplo: la solubilidad del oxígeno depende de la salinidad y temperatura, la relación entre el pH y amonio total o sulfuros, alcalinidad y pH, entre otros.

1.4.3 Parámetros óptimos para cultivo de camarón

En la acuicultura, el agua juega un rol importante pues es el medio de cultivo donde se desarrolla la especie. Como mencionamos anteriormente es indispensable mantener los parámetros óptimos de calidad de agua para no ocasionar déficit o desbalance en los procesos biológicos del camarón. A continuación se detalla las especificaciones permisibles en análisis de agua:

Tabla 1.1 Parámetros óptimos para cultivo de camarón. Fuente: (BIOMAR, 2019)

Parámetro	Rangos
Alcalinidad (agua dulce)	100-300 ppm CaCO ₃
Alcalinidad (agua salada)	120-300 ppm CaCO ₃
NH ₃	Máximo 0,01 ppm
NH ₄	Máximo 0,2 ppm
Nitrito	Máximo 0,1 ppm
Nitrato	Máximo 1,0 ppm
Dureza	5000-8000 ppm CaCO ₃

Fósforo	0,3-0,5 ppm P
Hierro	2-4 ppm Fe
pH	6,5 -8,5
Silicato	Máximo 10 ppm SiO3
Sulfuro de hidrógeno	0,01 ppm SH2
Balance iónico (Ca: Mg:K)	1:3:1

1.4.4 Composición del agua dulce

Representa el 1 % del agua presente en la superficie terrestre (ríos, lagos), se caracteriza por tener una mínima concentración de sales (iones) convirtiéndola en apta para el consumo humano en la mayoría de los casos (Méndez, 2010). La composición del agua dulce es variable debido a que fluye por distintas superficies y zonas donde se encuentran variedad de sustancias y minerales.

Tabla 1.2 Composición del agua dulce (río). Fuente: (Burga, 2018)

iones	%
Cloruro (Cl)	14,51
Sodio(Na)	6,96
Sulfatos (SO4)	12,41
Magnesio (Mg)	4,54
Calcio (Ca)	16,62
Potasio (K)	2,55
Bicarbonato (HCO3)	31,90
Nitrato (NO3)	1,11
Silicato(SO4)	14,51
Hierro (Fe)	0,74

Se considera agua dulce hasta una salinidad de 0,5 UPS, mientras que agua salobre es aquella que contiene menos iones disueltos que el agua salada, en un rango de salinidad de 0, 5- 30 UPS (Grundfos, 2018).

En agua dulce, se recomienda mantener una alcalinidad y dureza no inferior a 60 mg L⁻¹. Según (Boyd C. , 2015) se ha reportado camaronicultura en Alabama (EEUU) a salinidad de 2,5 UPS con una concentración de Mg de 5 ppm donde

lo ideal para esa salinidad es de 100 ppm , pese a ello en varios cultivos se ha logrado buenas producciones y supervivencia cuando las concentraciones de Mg se mantuvieron entre 10 y 30 ppm.

El bicarbonato representa la principal fuente de la alcalinidad en agua dulce proveniente del silicato de calcio, feldespatos y piedra caliza. Debido al aumento de la concentración de CO₂ atmosférico está provocando mayor solubilidad del CO₂.

Una mayor concentración de CO₂ disminuirá el pH, también provocará mayor alcalinidad, pero a su vez el efecto general es que a mayor CO₂ se producirá un pequeño ascenso de pH. En las fuentes de agua dulce, el aumento de la alcalinidad es menor, pese a ello puede provocar un ligero aumento de pH. El mayor aporte de CO₂ en los estanques acuícolas será por respiración de organismos, heces y alimento no consumido, este aporte es muy superior al de CO₂ atmosférico por difusión (Boyd C. , 2017).

1.4.5 Composición de agua marina

El agua de mar ocupa gran parte de la superficie terrestre (97%), sus propiedades difieren entre zonas geográficas, estación del año, profundidad del cuerpo de agua, incluso entre un mismo punto de muestreo. La concentración iónica depende de la salinidad, es por ello que el camarón al ser eurihalinos en cambios súbitos de salinidad debe realizar aclimataciones y compensaciones ejecutando procesos fisiológicos como la osmorregulación.

Los principales componentes del agua de mar (35 UPS):

Tabla 1.3 Composición del agua de mar. Fuente: (Sonnenholzner, 2019)

Ión	Agua de mar	
	ppm	%
Cloruro (Cl)	19.000	50,12
Sodio(Na)	10.500	30,46
Sulfatos (SO ₄)	2.700	7,83
Magnesio (Mg)	1.350	3,92
Calcio (Ca)	400	1,16

Potasio (K)	380	1,10
Bicarbonato (HCO ₃)	142	0,41
TDS	34.500	-

1.4.6 Salinidad

Es una propiedad química del agua y se puede definir como la concentración total de iones disueltos en el agua. El cloruro de sodio (NaCl) representa en 80 % de sales en la composición del agua marina y el 20% restante corresponde a los demás iones (Moraga, 2015).

La salinidad se expresa tradicionalmente como ppt “parts per thousand” por sus siglas en inglés, pero internacionalmente de manera estándar se expresa en UPS. Otras unidades usadas dependiendo del área de estudio son ppm, o/oo, %,entre otros (Moraga, 2015).Debido a la interacción iónica, el agua de mar presenta conductividad eléctrica que es directamente proporcional a la salinidad, es decir, a mayor salinidad mayor conductividad. La salinidad disminuye por dilución y puede aumentar por efecto de la evaporación, dos situaciones meteorológicas presentes en los estanques acuícolas.

1.4.7 Osmorregulación y fisiología

La osmorregulación es influenciada por la concentración de sales presentes en el agua, los organismos acuáticos buscan equilibrar ese desbalance de sales por medio de la presión osmótica lo que conlleva un mayor o menor desgaste energético dependiendo de las condiciones de cultivo (Hurtado, 2004).

Pese a que los camarones son organismos eurihalinos, se considera tanto la salinidad y la temperatura como los factores más influyentes, pues les provoca complejidad en sus procesos biológicos. Cabe mencionar que el trabajo osmótico de un individuo es mínimo cuando el medio externo está en equilibrio con los fluidos corporales, siendo bajo esta condición cultivar el mayor número de animales (Valdez, 2008).

Según (Rosas, 2002), la salinidad también tiene un efecto metabólico ya que regula la utilización de algunos nutrientes como los carbohidratos, además indica que a salinidad de 26 UPS el camarón blanco, *Penaeus vannamei*, llega a su óptimo fisiológico lo que le permite canalizar toda su energía en crecimiento.

La orina es la barrera de la regulación iónica entre medio interno y externo, cuyo órgano de excreción es la glándula antenal. Además debido a la pérdida de agua y sales, la recuperación de casi todos los iones se da en las branquias (Balda, 2002).

1.4.8 Balance iónico

Consiste en la comprobación que la suma de miliequivalentes (mEq) de aniones (carga negativa) sea igual a los cationes (carga positiva), esto aprovechando la electroneutralidad del agua. Además, bajo ciertas condiciones y/o fenómenos se puede suscitar un imbalance de cargas que debe ser compensado (A.Knights, 2000). Según (Ching, 2014) indica que: "Inicialmente la concentración iónica en estanques puede variar debido a: evaporación y precipitación de lluvias, precipitación de compuestos en el agua, y reacciones en interacción agua-suelo". En cultivos de camarón a baja salinidad, se debe enfatizar en mantener la proporción de iones similar al agua de mar mas no en la concentración de éstos en el agua de mar (35 UPS).

Si es el caso, es necesario un correcto cálculo de la concentración de iones faltantes especialmente (Ca, Mg, K) para poder suministrar un producto que me permita cubrir ese limitante. Para este cálculo debemos considerar la salinidad operativa de la finca, los resultados de análisis de agua y las concentraciones de iones en agua de mar.

Pese a que el calcio, magnesio y potasio son los iones más importantes, no debemos obviar los iones cloro, sulfatos y sodio que son necesarios para el soporte de la presión osmótica generada por el agua.

1.4.9 Agua subterránea

Las capas acuíferas representan el 90 % del agua fresca total existente usada para diferentes fines como riego, abastecimiento, consumo humano, entre otros.

Su origen es por la infiltración de agua lluvia a través de los poros del suelo por efecto de la fuerza de gravedad, cuando el agua infiltrada desciende y encuentra una zona impermeable el agua se va acumulando formando grandes depósitos.

Desde tiempo remoto, se hace uso de esta agua mediante depósitos naturales como manantiales o de manera antropogénica por construcción de pozos. Debido a la infiltración de agua, los organismos aeróbicos presentes en el suelo necesitan oxígeno produciendo CO₂, siendo este gas el principal agente corrosivo en la disolución de minerales presentes en las capas de suelo. Es importante el análisis del oxígeno disuelto en fuentes acuíferas ya que a concentraciones bajas es común la presencia de metales hierro y manganeso (Balda, 2002).

Se estima que a mayor profundidad del pozo la velocidad del flujo disminuye, de hecho en aguas profundas el flujo se mide en pies por año.

Una ventaja de los abastecimientos subterráneos es que son considerados 'limpios' ya que las impurezas han sido eliminadas o disipadas entre los estratos de suelo.

1.4.10 Baja tasa de recambio

En los sistemas intensivos, los sistemas de recirculación van acompañados de un escaso o nulo recambio de agua, esto para minimizar la eutrofización de nutrientes en los cuerpos de agua aledaños, además para disminuir la transmisión de enfermedades entre poblaciones (Baloia, 2013). Según (Audelo-Naranjo, 2012) ha indicado que disminuir significativamente la tasa de recambio no minimiza la supervivencia, crecimiento y producción del camarón, pero se debe monitorear constantemente la calidad de agua, tasa de evaporación, tipo de sedimentos, aireación y profundidad operativa.

Debido a las diferentes condiciones de cultivo, las tasas de recambio de agua pueden ir del 2% hasta más del 100% por día, pero es recomendable que una tasa de recambio sea no menor al 5 % por día (Hernández, 2016).

1.4.11 Demanda iónica de bacterias probióticas en cultivo tierra adentro

El consorcio bacteriano presente en este tipo de cultivo requiere de mucho oxígeno disuelto para las diferentes actividades biológicas, a su vez también necesitan de varios minerales para su desarrollo. Estudios preliminares indican que el agua de pozo presenta déficit de algunos minerales, y bacterias requerían en su mayoría tres tipos de sales para su desarrollo: cloruro de sodio, cloruro de potasio y sales de magnesio (Alvarez, 2018).

A nivel bacteriano aparte de los iones calcio, magnesio y potasio se debe incluir los iones hierro y cloro. La función de ión ferroso es como cofactor enzimático, siendo la enterobactina responsable de captar este ión ferroso (Alvarez, 2018).

1.4.12 Proliferación de cianophytas

Las algas verdes azules o también llamadas cianobacterias se encuentran en diversos cuerpos de agua salobres o dulceacuícolas, las proliferaciones de los géneros nocivos entre los que se destacan *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Planktothrix*, *Nodularia* y *Cylindrospermopsis*, son los responsables de generar cianotoxinas así como dar un mal sabor a los productos acuícolas o al agua. En general estas floraciones algales se dan en condiciones de exceso de nutrientes en el agua principalmente de nitrógeno y fósforo aunque se conoce que el nitrógeno pueden obtenerlo también de la atmósfera (De Leon, 2002).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El área de estudio comprende la camaronera Citycorpi localizada en Engunga, parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena, cuyas coordenadas son: latitud 2°28'32.8"S y longitud 80°32'53.7"O. Esta zona se caracteriza por:

Tabla.2.1 Caracterización de la parroquia Chanduy. Fuente: (Chanduy, 2017).

Item	Descripción
Extensión territorial	762 km ²
Población	16363 habitantes
Relieve	Terrenos planos y ondulados con poca pendiente.
Tipo de suelo	Arcilloso (25,11 %), arenoso (11,26 %) y rocoso (2,5 %) .
Red hidrográfica	Ríos, esteros efímeros e intermitentes. Además pozos subterráneos.
Clima	Tropical
Temperatura media anual	24°C
Rango de temperatura anual	16-32°C
Precipitación anual	Inferior a 500 mm
Actividades	Agricultura, ganadería y acuicultura con restricciones.
Peligros o amenazas	Peligros volcánicos, deslizamientos, fallas geológicas

El emplazamiento acuícola cuenta con dos estanques reservorios con extensión de 0,5 ha y profundidad media de 1,7 metros, que se abastecen de agua de origen subterráneo a salinidad de 3-4 UPS mediante pozos de flujo constante.

Estos estanques reservorios abastecen al primer módulo comprendido por: 4 estanques precría y 8 estanques de engorde cuya extensión es de 0,4 y 0,5 hectárea respectivamente. Actualmente la camaronera se encuentra en fase de acondicionamiento e implementación de equipos pues espera iniciar con el primer ciclo productivo en los próximos meses (dic-enero). De manera preliminar, los propietarios han realizado análisis de agua especialmente de los pozos de alta salinidad (40 UPS).

Se realizó nuevos análisis de agua para ratificar/evaluar los resultados expuestos anteriormente. Para el análisis de calidad de agua se tomaron muestras en los pozos operativos y estanques reservorios.

Las muestras de agua para análisis biológico fueron colectadas mediante dispositivo construido de manera artesanal compuesto por un tubo plástico con tapón. Se procedió a la recolección de varias muestras hasta completar la cantidad estimada de 5 litros, se homogenizó y se tomó medio litro de la muestra total en recipiente estériles, inmediatamente las muestras se almacenaron en recipiente térmico para su traslado al laboratorio. Cabe recalcar que las muestras para análisis de fitoplancton fueron fijadas con lugol al 1%.

Con los resultados obtenidos en los análisis de agua, y luego de varias reuniones con el cliente se procedió a identificar los principales problemas existentes en este emplazamiento acuícola enfocado en la toma de agua y reservorio, concluyendo que, la principal problemática era el desbalance iónico en la flujo entrante, seguido de la presencia de cianobacterias en los reservorios por el color verde-azulado predominante.

Posteriormente se revisó literatura académica, trabajos investigativos similares y experiencias suscitadas para poder proponer diferentes alternativas para la resolución de los problemas existentes. A continuación se expone dos alternativas para solucionar el desbalance iónico en aguas a baja salinidad:

2.1 Adición de sales minerales

Para la correcta evaluación de esta alternativa es preciso la identificación de los cationes/ iones faltante en la composición del agua usada. Luego se realiza los cálculos enfocados a los iones limitantes en busca de suplir ese desequilibrio iónico.

Para obtener la concentraciones equivalente de agua de mar (34,5 UPS) para los principales iones, se deben realizar la respectiva relación a la salinidad empleada o en su defecto, otra opción sería multiplicar la salinidad por el respectivo factor.

Tabla 2.2 Composición del agua de mar y sus factores (Sonnenholzner, 2019).

Ión	Agua de mar (ppm)	Factor
Cl	19.000	551
Na	10.500	304,5
SO4	2.700	78,3
Ca	400	11,6
Mg	1350	39,1
K	380	11,01

A continuación se muestra las dos maneras de cálculo:

Ejemplo: A una salinidad de 2ppt, calcule las concentraciones equivalente iónica (CEI) de potasio.

Primera forma: Se realiza la relación mediante regla de tres simple.

34,5 UPS → 380 ppm

2 UPS → Y Y = 22 ppm de potasio (K)

Segunda forma: Simplemente se multiplica la salinidad por el factor.

$Y = 2 \text{ ppt} \times 11,01 = 22 \text{ ppm de potasio (K)}$

De ambas maneras, el resultado es el mismo.

Cabe recalcar que en cultivos de baja salinidad, la principal limitante son las bajas concentraciones de potasio y magnesio, iones importantes para la funciones fisiológicas del camarón peneido.

Según (Boyd C. , 2018) indica que: el camarón absorbe iones por medio de sus branquias en una base de concentración molar en lugar de concentración volumen-peso, pero las tasas de tratamiento son muy similares si son calculadas de ambas maneras.

A continuación se muestra una lista de las principales sales minerales usadas en acuicultura:

Tabla 2.3 Uso de sales de potasio y magnesio en estanques de camarón de baja salinidad. Fuente: (Boyd C. , 2018)

Nombre común	Fórmula	Mg (%)	K (%)
Cloruro de potasio	KCl	-	50
Cloruro de magnesio	MgCl ₂ ·6H ₂ O	12	-
Sulfato de potasio y magnesio (langbeinita)	K ₂ SO ₄ ·2MgSO ₄	10,5	17,8
Sulfato de magnesio heptahidratado	MgSO ₄ ·7H ₂ O	9,86	-

2.2 Método balling

Este método apareció por primera vez en octubre de 1994 gracias a Hans-Werner Balling , posteriormente el mismo año se registró una mejora publicada por Ernst Pawlowsky, la diferencia radicaba en el que el primero de ellos es más laborioso pero presenta la ventaja de no vulnerar el equilibrio iónico (Alcívar, 2006).

El objetivo de este método es mantener un balance de calcio, carbonato, magnesio y otros elementos traza en unidades experimentales pequeñas sin que aumente otro componente del agua marina, que por lo general es el cloruro de sodio.

Entonces se propuso tres componentes en envases separados: cloruro de calcio, carbonato de sodio y el tercero todos los demás compuestos de agua de mar exceptuando el cloruro de sodio. Al adicionarse en el agua, el ion calcio se une al carbonato y se forma carbonato de calcio (CaCO₃), usado por las especies para formación de exoesqueleto y estructuras calcáreas. Además al unirse los iones remanentes forman el cloruro de sodio (NaCl) que poco a poco se irán acumulando, es allí donde ingresa el componente C del método para poder equilibrar la composición del agua, ya que el componente C presenta todos los iones del agua de mar exceptuando el cloruro y el sodio. Finalmente se obtiene una sal marina idéntica a la natural manteniendo el equilibrio (Rodríguez, 2019).

Inicialmente se usaba en unidades experimentales pequeñas como acuario, peceras ,y tanques pequeños, luego se propuso a escala comercial y en macro-cultivos pero no funcionó debió a las costos que generaban y las interacción de las otras variables presentes en el cultivo, lo que representa una gran desventaja en esta alternativa. Otra

desventaja es que la adición de sales antes mencionadas por este método ya se encuentren en la composición de agua de pozo utilizada, lo que representaría una sobresaturación del sistema.

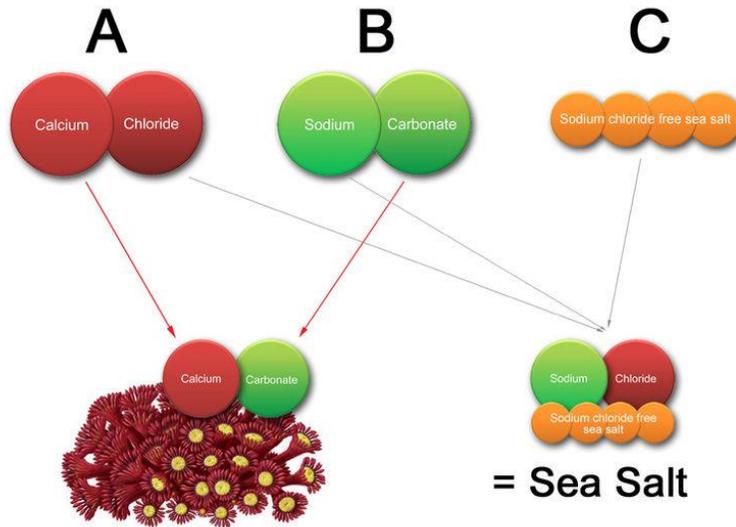


Ilustración 2.1 Componentes del Efecto Balling. Fuente: (Balling, 2017)

2.3 Compensación iónica por mezclas de fuentes hídricas

Mediante la construcción de nuevos pozos o descubrimiento de nuevas fuentes se pueden mezclar masas de agua y obtener que el desbalance iónico sea mínimo o nulo, así disminuir los costos de producción.

A continuación se muestra diferentes alternativas para solucionar la segunda problemática:

2.4 Tratamiento de control por medio de ultrasonido

Consiste en sistemas de emisión de ondas submarinas a frecuencias por encima de 20 kHz, las cuales originan el fenómeno de la cavitación acústica en el que se producen

ciclos de rarefacción y compresión dentro del cuerpo de agua dando como resultado burbujas de cavitación las cuales al implosionar generaran puntos focalizados de alta temperatura y presión, estos cambios repentinos de presión ocasionan daño a distintos orgánulos celulares, liberación de radicales libres perjudiciales dentro de la misma y afectando de manera general la fotosíntesis así como el ciclo celular de las microalgas presentes en las columna de agua (Míguez, 2016). En cianobacterias esta cavitación produce rotura en sus vacuolas de gas lo cual ocasiona una alteración en su capacidad de flotación llevándolas a sedimentarse (Sánchez, Martín, & Fahd, 2016).

Estudios han demostrado la eficacia de este tratamiento de control, en el trabajo de (Kieffer, et al., 2015) obtuvieron bajo condiciones experimentales y con un tratamiento de ultrasonido de 20 kHz y 0,036 W/ml, una disminución significativa de los niveles principalmente de cianobacterias tras 60 minutos de aplicación de las ondas.

Otro estudio realizado en Murcia, España evaluó el efecto del ultrasonido en dos embalses utilizados para riego en el control algal, el estudio obtuvo de una disminución significativa de clorofila a en dichos cuerpos de agua situación que está relacionada con la disminución de fitoplancton sin un efecto aparente de dichas ondas sobre los parámetros ambientales en general del estanque (Haro, 2014).

Tabla 2.4 Ventajas e inconvenientes de la implementación del tratamiento con ultrasonidos. Fuente: (Cobo, 2014)

Ventajas	Desventajas
El tratamiento no ocasiona la lisis celular y por consiguiente no se produce la liberación de toxinas como microcistinas.	Implementación costosa
No existe un efecto negativo en las cianobacterias (Kieffer, et al., 2015) indican en su estudio que puede deberse a la protección extra que estas tienen gracias a su pared celular compuesta de sílice.	De no darse el adecuado tratamiento en el tiempo necesario las vesículas de las cianobacterias se regeneraran poco después del cese del mismo.

2.5 Tratamientos químicos: Aplicación de alguicidas (sulfato/quelatos de cobre)

El sulfato de cobre es un compuesto alguicida muy conocido en el sector acuícola por su alta fitotoxicidad, el ión cúprico es el principal elemento tóxico el cual actúa inhibiendo la fotosíntesis, la respiración, e incluso destruyendo la célula algal, se trata de un compuesto no selectivo en cuanto al tipo de alga que elimina por lo que tras su uso se deberá ejecutar un régimen de fertilización para fomentar nuevamente una productividad primaria deseada, sin embargo este método no es el más idóneo de tratarse de un problema de nutrientes provenientes de la fuente de captación de agua (UNA, 2006).

En los trabajos que realizaron (Horna & Boyd, 2008) recomienda dosis adecuadas de este compuesto considerando si es leve o severa la infestación por estas algas de 500 a 750 g y 750 a 1400 g/ha de sulfato de cobre respectivamente, sin embargo debido al efecto limitado que tiene este compuesto en aguas con dureza elevada, en donde el cobre reacciona el carbonato de calcio produciendo precipitados insolubles, se lo ha sustituido por quelatos de cobre en dosis de 4,7 - 12 litros/ha siendo estos últimos más difíciles de precipitar (PINZON, 2017).

Tabla 2.5 Ventajas y desventajas del tratamiento con sulfato /quelatos de cobre.

Fuente: (Cobo, 2014)

Ventajas	Desventajas
Sus efectos son rápidos.	Puede ser tóxico para otros organismos acuáticos.
Tiene una alta efectividad	Tratamiento no selectivo
	Las cianobacterias pueden desarrollar resistencia al cobre.

2.6 Modificación de las relaciones de nutrientes en el agua para fomentar el crecimiento de diatomeas

Un bloom algal indeseable (cianobacterias) son muchos los factores que inciden en los que destacan baja turbulencia, poca incidencia de luz, un exceso de nutrientes, siendo este último uno de los factores que mejor se puede controlar, conociendo que una proporción molecular de 7N:1P es una relación común en la naturaleza que fomenta un equilibrado desarrollo algal, un déficit de uno de estos nutrientes ocasionaran que las algas con mayor capacidad de adaptarse a un nutriente limitante predominen en la columna de agua siendo usualmente este tipo de algas las cianobacterias, las cuales podrán ser desplazadas fácilmente por otras algas al alcanzar relaciones de nutrientes normales o favorables para los otros tipos de microalgas (De Leon, 2002).

De acuerdo a una trabajo investigativo sobre olores no deseados (“off-flavor”) en cultivos de camarón en el Ecuador al modificarse la relación N:P de la fuente de agua se logrará propiciar una dominancia de diatomeas en nuestros estanques en base a lo anterior mencionado autores recomiendan relaciones 20:1, 15:1 o 30:1 en nitrógeno: fósforo, en caso de necesitar disminuir el fósforo en los reservorios de agua el uso de sulfato de aluminio ayudará a que éste se precipite o en el caso de una excesiva concentración de nitrógeno considerar la implementación de macrófitas (Massaut, Laurence; Fundación CENAIM-ESPOL, 1999).

2.7 Filtración biológica con moluscos bivalvos

Actualmente el cultivo de moluscos bivalvos está en auge, de hecho en algunas partes del mundo está producción genera grandes rubros económicos para los acuicultores/productores. Sin duda, en la camaronicultura el exceso de fitoplancton genera problemas en los estanques o reservorios, pues la acumulación de nutrientes (eutrofización) permite el crecimiento algal que ocasiona agotamiento de oxígeno, genera malos olores. Algunas algas puede ser tóxicas para los organismos de cultivo o pueden transformarse en nicho para crecimiento bacteriano (FAO, 2008).

Los moluscos bivalvos se caracterizan por ser organismos filtradores, esta cualidad hacen que sean muy beneficios para un cultivo acuícola ya que no se implementaría costes por alimentación (balanceado). Entonces esta condición se implantaría de buena manera en los reservorios y canales donde se presenten concentración altas de fitoplancton.

Debido a que los cultivos de moluscos bivalvos se implementarán en agua procedente de pozo, se de analizar la biomasa resultante (producto) ya que estos organismos tienen la capacidad de concentrar en sus tejidos contaminantes especialmente metales pesados gracias a su proceso de bioacumulación (Zuykov, 2013).

Según (Europea, 2006), los contaminantes como magnesio, plomo, cadmio son fácil acumulables en bivalvos y peces, entonces la entidades regulatorias han decidido un máximo permitido de 0,05 mg kg⁻¹ con variación según la especie y con un rango superior si es por pesca (0,25 mg kg⁻¹).

En Ecuador entre las especies comerciales de moluscos bivalvos tenemos: la ostra japonesa *Crassostrea gigas* considerado el molusco más cultivado a nivel mundial, habita en zonas estuarinas hasta de 40 metros, se desarrolla y sobrevive a rangos amplios de temperatura (-2 hasta 35°C) y eurihalina (0-50 UPS) (Chávez, 2014).

Posee un crecimiento rápido 18 a 30 meses alcanzar una talla comercial de 70-100 g de peso vivo y tolera gran variabilidad en las condiciones ambientales. Según (Jones, 2002) indica que estas ostras remueven gran concentración de fitoplancton, bacterias y otros sólidos suspendidos en los estanques, además señala que seleccionan las partículas y prefieren materia orgánica que la inorgánica.

Otra opción de cultivo es la concha prieta *Anadara tuberculosa* se encuentra distribuida por toda la costa de Pacífico, reproduciéndose durante todo el año. En etapa larval es planctónica y en etapa larval se alimenta de materia orgánica mediante filtración, varias investigaciones indica el gran contenido de biodeposiciones que produce este organismo, siendo una desventaja en el cultivo. Los organismos adultos pueden mantenerse de 20 a 50 UPS a diferentes temperaturas, siendo de 20 a 32°C su temperatura óptima (M.Nieves, 2009).

Pese a que las conchas son más tolerantes a la baja salinidad, su crecimiento está definido por este gradiente. Sus rangos óptimos son temperatura (25-26 °C), ph(7,6-

8), oxígeno disuelto (3,5-4 ppm), además indica que se han reportado altas mortalidades a baja salinidad lo que no es recomendable el cultivo en épocas de lluvias por los cambios súbitos de salinidad (Quinto, 2018).

Cabe recalcar que luego de lo consultado existen escasas especies de moluscos bivalvos que se cultivan a baja salinidad y las pocas disponibles en el país no poseen un interés comercial. Además el cultivo de bivalvos en long-lines se ha implementado con mayor viabilidad en efluentes para disminuir la carga orgánica, mas no en reservorios esto se debe a que los organismos adultos pueden desovar provocando que la progenie llegue a los estanques de cultivo convirtiéndose en un plaga (Márquez, 2019).

Debido a la variedad de alternativas encontradas, se realizó una evaluación para cada problemática considerando los siguientes criterios:

2.8 Descripción de los criterios

- a) **Costos de implementación:** En este criterio se tomó en consideración si la inversión para ejecutar la solución es asequible o no a la empresa en cuanto al punto de vista monetario/económico. Donde escala de 1 existe una mayor inversión y 5 una menor inversión.
- b) **Factibilidad:** Se consideró la disponibilidad de la tecnología y recursos necesarios en el país/región para poner en marcha la solución planteada, siendo o no viable su ejecución. Donde escala de 1 es menos factible y 5 más factible.
- c) **Eficacia:** Capacidad que tiene la solución planteada para resolver el problema en su totalidad o parcialmente. Donde escala de 1 es menos eficaz y 5 más eficaz.
- d) **Impacto negativo:** se refiere al efecto directo o indirecto en el medio ambiente que ocasionara la implementación de la solución. Donde escala 1 es de mayor impacto y 5 genera mínimo impacto.
- e) **Beneficio indirecto (valor agregado):** la solución planteada ofrecerá una característica adicional que favorece al productor (rendimiento económico). Donde escala 1 genere menor beneficio y 5 mayor beneficio.

2.9 Evaluación de criterios

Para la evaluación final se estimó de acuerdo a siguiente ponderación:

Tabla 2.6 Ponderación usada para evaluación

Ponderación	
Criterios	%
Costos de implementación	30
Factibilidad	25
Eficacia	20
Impacto negativo	10
Beneficio indirecto(valor agregado)	15

2.9.1 Evaluación de las alternativas para el desbalance iónico

Tabla 2.7 Ponderación en escala del 1-5 de las posibles soluciones

ALTERNATIVAS CRITERIOS	Adición de sales minerales	Método Baling	Compensación iónica por mezclas de fuentes hídricas
Costos de implementación	4	2	2
Factibilidad	4	2	3
Eficacia	4	4	2
Impacto negativo	3	2	4
Beneficio indirecto(valor agregado)	1	1	2
Total	16	11	13

Tabla 2.8 Ponderación en porcentaje de las posibles soluciones.

ALTERNATIVAS CRITERIOS	Adición de sales minerales	Método Balling	Compensación iónica por mezclas de fuentes hídricas
Costos de implementación	24%	12%	12%
Factibilidad	20%	10%	15%
Eficacia	16%	16%	8%
Impacto negativo	6%	4%	8%
Beneficio indirecto(valor agregado)	3%	3%	6%
Total	69%	45%	49%

2.9.2 Evaluación de las alternativas para el control de cianophytas

Tabla 2.9 Ponderación en escala del 1-5 de las posibles soluciones

ALTERNATIVAS CRITERIOS	Tratamiento con ultrasonidos	Aplicación de alguicidas: (sulfatos /quelatos de cobre)	Modificación de las relaciones de nutrientes en el agua	Filtración Biológica con moluscos bivalvos
Costos de implementación	2	4	5	3
Factibilidad	2	3	5	4
Eficacia	4	4	4	3
Impacto negativo	5	1	4	4
Beneficio indirecto(valor agregado)	1	1	2	4
Total	14	13	20	18

Tabla 2.10 Ponderación en porcentaje de las posibles soluciones

ALTERNATIVAS CRITERIOS	Tratamiento con ultrasonidos	Aplicación de alguicidas: (sulfatos /quelatos de cobre)	Modificación de las relaciones de nutrientes en el agua	Filtración Biológica con moluscos bivalvos
Costos de implementación	12%	24%	30%	18%
Factibilidad	10%	15%	25%	20%
Eficacia	16%	16%	16%	12%
Impacto negativo	10%	2%	8%	8%
Beneficio indirecto(valor agregado)	3%	3%	6%	12%
Total	51%	60%	85%	70%

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

La empresa Citycorpi es una entidad acuícola que inicia sus ciclos productivos de camarón blanco de manera intensiva y a baja tasa de recambio. A continuación se muestra un esquema de la granja:

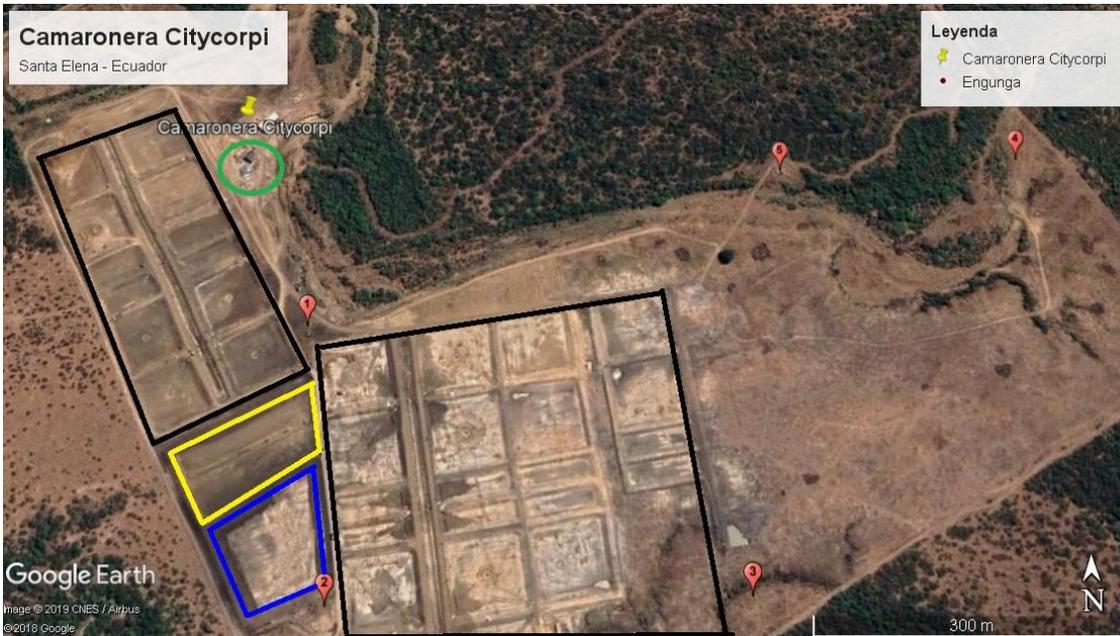


Ilustración 3.1 Camaronera Citycorpi. Fuente: (Google Earth, 2019).

Tabla 3.1 Descripción de las etiquetas en la ilustración 3.2

Etiqueta	Sección
Negra	Módulos de producción
Azul	Reservorio 1
Amarilla	Reservorio 2
Verde	Campamento
Roja	Número de pozo subterráneo

3.1 Análisis físico-químico de muestras de agua

Los puntos escogidos para los análisis fueron: pozo 4 y pozo 5, reservorio 1 y 2 (Ver ilustración 3.2). Las muestras fueron recolectadas aproximadamente a las 13h00 y analizadas el mismo día. A continuación se describe los análisis realizados:

Tabla 3.2 Descripción de los análisis realizados

Item	Descripción
Tipo de muestra	Agua
Número de muestras	4
Análisis por muestra	Alcalinidad total Dureza total Dureza por calcio Fósforo total TAN (Nitrógeno amoniaco total) Nitrito Nitrato Nitrógeno Total TSS (Sólidos Totales Suspendidos)



Ilustración 3.2 Etiqueta: Puntos de muestreos. Fuente: (Google Earth, 2019).

Tabla 3.3 Puntos de muestreos. Fuente: (Google Earth, 2019)

Etiqueta	Muestra
Azul	Pozo 4 (tubería)
Amarilla	Pozo 5 (tubería)
Verde	Reservorio 1
Roja	Reservorio 2

Tabla 3.4 Resultados de análisis de agua.

Parámetro	Pozo 4	Pozo 5	Reservorio 2	Reservorio 1
Temperatura (°C)	27,20	27,40	28,90	28,70
Salinidad (UPS)	3,00	3,00	4,00	3,00
ph	6,72	6,70	8,15	8,11
Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)	297,20	272,50	173,10	191,90
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	1261,20	2310,20	1411,10	1498,50
Dureza x Ca (mg/L CaCO ₃)	540,10	854,30	471,40	608,80
Dureza x Mg (mg/L CaCO ₃)	721,10	1455,90	939,70	889,70
TAN (mg/L)	0,02	0,01	0,02	0,03
Nitrito (mg/L)	0,02	0,03	0,02	0,03
Nitrato (mg/L)	1,90	0,80	0,30	0,20

Fósforo Total (mg/L)	0,07	0,05	0,02	0,07
Nitrógeno Total (mg/L)	9,90	6,80	5,30	5,70
TSS (mg/L)	13,90	18,30	21,50	27,10

A continuación se analiza cada uno de los parámetros post-análisis:

Temperatura: Los resultados arrojados se encuentran dentro del rango óptimo ya que el cultivo de camarón blanco es una especie de clima tropical, desarrollándose en temperatura de 24-32 °C.

pH: Los resultados dentro de los rango permisible pH (6,5-8,5). Este parámetro es muy importante pues afecta a los fluidos corporales y procesos fisiológicos del organismo.

Salinidad: Son bajas salinidades pero debido a que el camarón blanco es un organismo eurihalino pues tolera amplio rango de salinidad (0,5-50 UPS) puede sobrevivir, pese a ello se considera a una salinidad de 26 UPS la salinidad óptima donde el camarón gasta la menor cantidad de energía, y maximiza su crecimiento.

Alcalinidad total: Se encuentran dentro de los rangos óptimos (100-300 ppm CaCO₃). Pese a la alcalinidad total no tiene una incidencia directa en el organismo de cultivo, tiene una relación directa con el pH donde los bicarbonatos presente sirven como solución buffer-tampón que no permite las fluctuaciones excesivas de pH.

Dureza total, dureza por Ca y Mg: Los resultados se encuentran dentro de los rangos óptimos (150-8000 ppm CaCO₃) para dureza total. El calcio y magnesio son los principales cationes divalentes que componen la dureza en el agua. Mediante la dureza por iones podemos obtener la concentración de Ca y Mg presentes con los factores 2,5 y 4,12 para Ca y Mg respectivamente.

TAN, nitrito y nitrato: Cabe recalcar que tanto la tabla de parámetros óptimos del capítulo 1 y la tabla de resultados del capítulo 3 expresan los resultados en forma de mg/l N- NH₄ + N- NH₃, N-NO₂, N-NO₃ respectivamente.

Todas las muestras tenían valores inferiores a lo permisible: TAN máximo 0,2 ppm, nitrito máximo 0,1 ppm, y nitrato máximo 1 ppm excepto la muestra pozo 4 donde arrojó 1,9 ppm. Pese a que las fuentes hídricas del pozo 4 y 5 convergen en un mismo reservorio se recomiendan dar seguimiento y ejecutar análisis periódicamente a esta fuente hídrica, si la anomalía persiste tomar las correcciones respectivas.

Fósforo total: las concentraciones de fósforo total en los reservorios se encontraban por debajo de la concentración de fósforo en aguas naturales (0,1 – 1 ppm P) sin embargo si estaba dentro del rango de mínimo para un desarrollo algal importante 0.01-0.1 mg/L de fósforo total.

Nitrógeno Total: en los 4 puntos de muestreo este valor se mantuvo por encima del rango mínimo para un desarrollo algal (0,1-0,75) mg/L de nitrógeno lo que explica el bloom de fitoplancton descrito más adelante.

TSS: se intuía valores muy bajos ya que provienen de fuentes hídricas directas y estanques sin erosiones, suspensión de partículas ,entre otros. Se estima que los TSS no deben exceder los 500 ppm para que no se conviertan en un problema para el cultivo.

3.2 Volumen de reservorios y cálculo de recambio

Reservorio 1 y 2

- Profundidad media: 1,7 metros
- Área: 0,5 ha = 5000 m²
- Volumen = 8500 m³

Estanques Precría

- Profundidad media: 1,4 metros
- Área: 0,4 ha = 4000 m²
- Volumen = 5600 m³

Estanques Engorde

- Profundidad media: 1,8 metros
- Área: 0,5 ha = 5000 m²
- Volumen = 9000 m³

En el módulo 1, para llegar al nivel operativo de los estanques precría, se necesitan 22.400 m³ de agua es decir, aproximadamente 3 veces la capacidad del reservorio 2 (8.500 m³) y para llenar los estanques engorda se necesitan 72.000 m³ de agua (8 estanques) es decir, aproximadamente 9 veces la capacidad del reservorio 2.

Si operan de manera simultánea todo el módulo 1 y se considera un 30% semanal por infiltración, evaporación y recambio, se necesita 6.720 y 21.600 m³ de agua para las precría y engorda respectivamente, si sumamos aproximadamente 3,3 veces la capacidad del reservorio 2.

3.3 Balance iónico por compensación

Para la ejecución de esta actividad se consideró el análisis de perfil iónico (Ca, Mg,K) realizado por un laboratorio comercial para la empresa Citycorpi en octubre/2019 (estación seca). En la tabla 3.5 podemos observar la concentración mínima de cationes de acuerdo a la salinidad operativa (3 UPS). El cálculo respectivo se lo repasó en el capítulo 2.

Tabla 3.5 Concentración de iones en estación seca

Concentración	Iones (ppm)		
	Calcio	Magnesio	Potasio
Existente	24,24	69,28	2
Optima(3 UPS)	34,8	117,6	32,4
Deficiencia	10,56	48,32	30,4

Mientras que los análisis en estación lluviosa (enero) arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 3.6 Concentración de iones en estación lluviosa

Concentración	Iones (ppm)		
	Calcio	Magnesio	Potasio
Existente	200,0	1650,0	21,0
Optima(3 UPS)	34,8	117,6	32,4
Deficiencia	-----	-----	11,4

Existen gran variedad de productos en el mercado para suplir esas deficiencias, entre ellos:

Tabla 3.7 Listado de productos utilizados para el balance iónico.

Nombre común	Fórmula	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Cl (%)	S04 (%)
Cloruro de potasio	KCl	-	-	50	45	-
Cloruro de magnesio	MgCl2·6H2O	-	12	-	-	-
Sulfato de potasio y magnesio (langbeinita)	K2S04·2MgSO4	-	10,5	17,8	-	-
Sulfato de magnesio heptahidratado	MgSO4·7H2O	-	10	-	-	39
Carbonato de calcio y Magnesio	CaMg(CO3)2	21,73	13,18	-	-	-

Los productos escogidos fueron: carbonato de calcio/magnesio y cloruro de potasio. Para el cálculo de la dosis de sales minerales se utilizó la siguiente ecuación según (Davis, 2004):

$$\text{Dosis (g/m}^3\text{)} = \text{concentración deseada del ión (mg/L} \div \text{porcentaje del ión en la sal / 100}$$

Los resultados se adjuntan en la sección de Apéndices.

3.4 Análisis biológico

Los puntos escogidos para el análisis biológico (fitoplancton) fueron los mismos puntos que el análisis físico-químico. Debido a que las muestras se preservaron en lugol al 1%, el análisis se lo realizó al día siguiente post-muestreo.

Tabla 3.8 Resultados de análisis fitoplancton. FUENTE: Vera, 2019.

Fitoplancton	Pozo 4	Pozo 5	Reservorio 1	Reservorio 2
Cianophytas	42500	25000	22500	170000
Clorophytas	137500	70000	355000	230000
Bacillariophytas	42500	37500	25000	10000
Dinoflagelados	0	0	10000	17500
Euglenophytas	0	0	0	0
Total	222500	132500	412500	427500

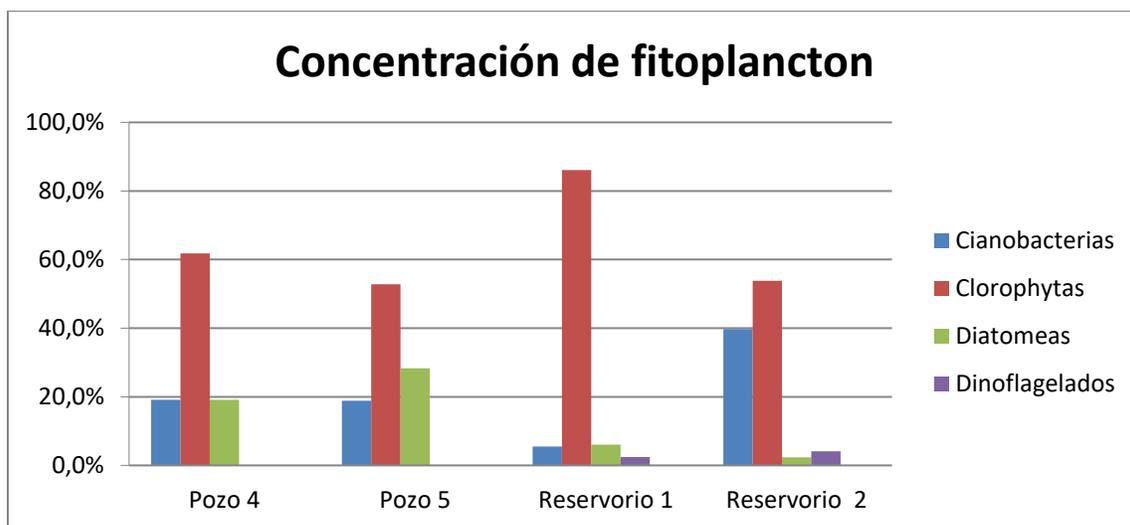


Ilustración 3.3 Concentraciones de fitoplancton por grupos

En la tabla 3-8 podemos observar los altos niveles de fitoplancton en los reservorios que sobrepasan la concentración total óptima al momento de la siembra (80.000-250.000 cel./ml). Se recomienda mantener la relación entre nutrientes para evitar el excesivo bloom de microalgas.

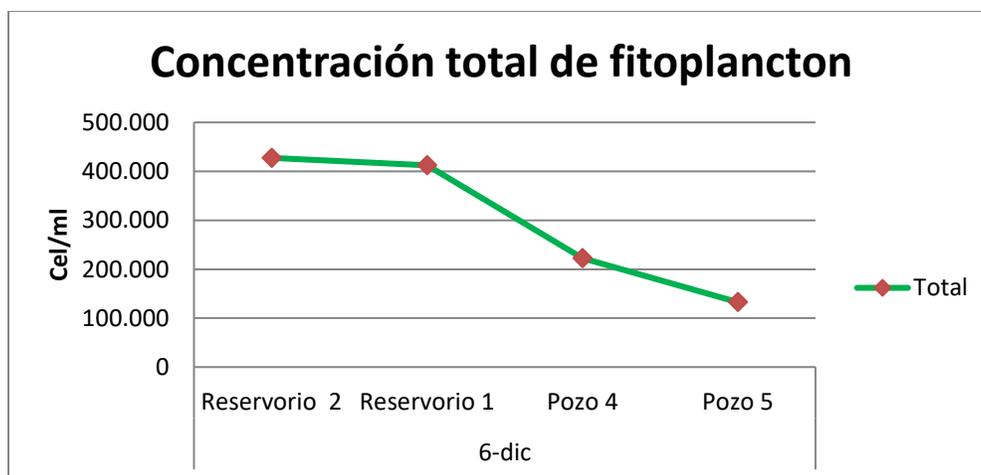


Ilustración 3.4 Concentraciones totales de fitoplancton

En todas las muestras predominaron las microalgas *Clorophytas* con un porcentaje superior al 50% (Ver Ilustración 3.3). Además se comprobó la presencia de *Cianophytas* en un 48% en el Reservorio 2, inicialmente ya se había sospechado la presencia de las mismas por el color verde-azulado predominante en el estanque reservorio.

3.5 Control de Cianophytas

La tabla 3.4 muestra que el nutriente más limitante que hay para el florecimiento algal en el reservorios en donde se aplicará la fertilización es el fósforo, siendo la concentración óptima de este nutriente (mínimo 0,3 mg/ L). Se procedió a calcular la concentración faltante de este nutriente considerando que se debe llegar a una relación de 15:1 hasta máximo 20:1 de N:P para fomentar el crecimiento de una biomasa de fitoplancton variada puesto que estudios indican que valores superiores a dicha relación pueden fomentar el crecimiento de algas azul-verdosas.

El cálculo de la deficiencia de fósforo se realizó de la siguiente manera:

$$\text{Deficiencia de fósforo} = \text{Concentración óptima} - \text{concentración existente}$$

$$\text{Deficiencia de fósforo} = 0,3 \text{ ppm} - 0,02 \text{ ppm} = 0,28 \text{ ppm P}$$

Para la verificación de que se cumpliera la relación 15:1 de N:P se realizó el siguiente cálculo:

Concentración de nitrógeno total

$$= 0,3 \text{ ppm (concentración óptima de fósforo)} \times 15:1 \text{ (N:P)} = 4,5 \text{ ppm NT}$$

Según los resultados de los análisis de agua comprobamos que el nitrógeno total se encuentra en una concentración aceptable. Pese a que se recomienda la adición de fósforo inorgánico para mantener la relación, se debe mantener un contante monitoreo de las concentraciones de fósforo ya que en un cultivo intensivo la adición de grandes cantidades de balanceado adiciona fósforo orgánico al medio.

3.6 Análisis de costos

3.6.1 Balance iónico por compensación

Para la elaboración del análisis de costos se indagó varios proveedores insumos y fuentes de abastecimiento. A continuación se muestra la mejor opción de acuerdo de los resultados en **estación seca**:

Insumo	Costo unitario	Unidad	Cantidad (kg)	Costo total
Cloruro de potasio	\$ 1,71	kg	516,80	\$ 883,73
Carbonato calcio-magnesio(dolomita)	\$ 0,40	kg	3116,24	\$ 1.246,49
Mano de obra ocasional	\$ 25	3 operarios		\$ 75,00
			Total	\$ 2.205,22

Para la dosis de mantenimiento se incrementó la dosis en un 10%, arrojando los siguientes resultados:

Insumo	Costo unitario	Unidad	Cantidad (kg)	Costo total
Cloruro de potasio	\$ 1,71	kg	568,48	\$ 972,10
Carbonato calcio-magnesio(dolomita)	\$ 0,40	kg	3427,86	\$ 1.371,14
Mano de obra ocasional	\$ 25	4 operarios		\$ 100,00
			Total	\$ 2.443,24

Es decir entre la adición de minerales por dosis de inicio y de mantenimiento hay un incremento de \$ 238,02. Se recomienda la adición de 2 a 3 dosis por ciclo dependiendo de las condiciones (Boyd C. E., 2018).

Debido a la variabilidad iónica durante el año por los motivos antes mencionados, la composición del agua operativa durante la estación lluviosa fue diferente. A continuación se muestra el análisis de costos de adición de minerales en **estación lluviosa**:

Insumo	Costo unitario	Unidad	Cantidad (kg)	Costo total
Cloruro de potasio	\$ 1,71	kg	193,80	\$ 331,4
Mano de obra ocasional	\$ 25	1 operario		\$ 25,00
			Total	\$ 356,4

Para la dosis de mantenimiento se incrementó la dosis en un 10%, arrojando los siguientes resultados:

Insumo	Costo unitario	Unidad	Cantidad (kg)	Costo total
Cloruro de potasio	\$ 1,71	kg	213,18	\$ 364,54
Mano de obra ocasional	\$ 25	1 operario		\$ 25,00
			Total	\$ 389,54

En estación lluviosa, entre dosis de inicio y de mantenimiento hay un incremento de \$ 33,14 , y una diferencia mayor si lo comparamos con la compensación iónica en estación seca.

3.6.2 Control de Cianophytas

Como se mencionó anteriormente el único limitante era el fósforo se escogió el fertilizante Triple Súper Fosfato (46% de Fósforo) para fomentar la modificación de las relaciones de nutrientes en el agua.

Insumo	Costo unitario	Unidad	Cantidad (kg)	Costo total
Triple Súper Fosfato	\$ 1,20	kg	5,17	\$ 6,21
Mano de obra ocasional	\$ 25	1 operario		\$ 25,00
			Total	\$ 31,21

Cabe recalcar que \$31,21 es el costo por dosis y se debe añadir de acuerdo a los requerimientos de la finca en cada ciclo productivo.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

A nivel mundial existen varios niveles de acuicultura, dependiendo de la escala, tipo, forma de producción. En el Ecuador, la camaronicultura es una actividad que se desarrolla desde hace algunas décadas y es de suma importancia para la economía nacional, es por eso, que varios productores necesitan aumentar sus producciones y buscan en este tipo de cultivo una buena opción para hacerlo. Varios ambientalistas indican que la camaronicultura “tierra adentro” genera problemas de salinización a la periferia de la granjas además de afecciones a la salud pública por la proliferación de mosquitos transmisores (dengue/ malaria), pese a estas afirmaciones poco a poco los camaronicultores buscan expandir sus territorios en cultivo intensivo “tierra adentro”, ellos atribuyen este cambio a la propagación de enfermedades, facilidad en procesos productivos como toma de parámetros, alimentación, además que el costo del terreno es mucho menor comparado con los predios que colindan con agua oceánicas o estuarinas.

Se evaluó los parámetros físico-químicos de diferentes fuentes de agua mediante análisis de laboratorio. Los resultados fueron comparados con los parámetros óptimos de cultivo para esta especie a fin de que la granja acuícola inicie sus producciones con una buena calidad de agua.

El agua proveniente de fuentes subterráneas se caracteriza por variabilidad iónica, especialmente en los iones Ca, Mg, K importante para los procesos fisiológicos en el camarón.

Se identificó los efectos de la deficiencia de compuestos químicos en el medio de cultivo, así como la importancia de cada uno de los constituyentes del agua en los

procesos fisiológicos del organismo. La composición iónica adecuada en el medio de cultivo es necesaria para garantizar un crecimiento satisfactorio de los organismos.

Para obtener el balance iónico deseado se deben adicionar las sales minerales faltantes en tipo/dosis/frecuencia adecuada, recordando que no es necesario obtener la concentración iónica de agua de mar (patrón), sino mantener la relación 1:3:1 entre calcio, magnesio y potasio, respectivamente.

Se estableció un protocolo de tratamientos para optimizar el balance iónico del abastecimiento de acuerdo a los resultados obtenidos, así como un protocolo de fertilización y control para disminuir la incidencia de algas no deseadas (cyanophytas).

Es evidente el cambio en la composición del agua entre estación seca y lluviosa esto debido al origen de las fuentes hídricas y que el flujo de agua pasa por diferentes superficie por ende provoca una disminución de costos. Según los cálculos para esta camaronera, los costos por compensación inicial en la estación seca (\$ 2.205,22) es 6 veces mayor a la estación lluviosa (\$ 356,4).

En un cultivo de camarón , se debe mantener las concentraciones de N:P de 15:1 y así evitar las cianobacterias en altas concentraciones pues se convierten en algas no deseables debido a que producen componentes citotóxicos como geosmin and 2-methylisoborneol (MIB) (Pimolrat, 2015), que genera el “off-flavor”, terminología que indica un mal olor u olor a choclo en los camarones aunque cabe mencionar que tal afirmación se ha suscitado más en aguas salobres.

Sin duda, el desarrollo de la acuicultura viene de la mano con la tecnología, conocimiento y responsabilidad por parte de profesionales, productores, empresarios, inversionistas, es por eso la importancia de aplicar de manera correcta cada uno de los conceptos para mejorar los procesos productivos y rendimientos de los emplazamientos acuícolas en busca de obtener una acuicultura integral.

4.2 Recomendaciones

- Es importante el estudio de agua y suelo antes de iniciar con la construcción de un emplazamiento acuícola.
- Revisar, indagar y consultar aspectos socio-económicos de la zona escogida para el emplazamiento, a fin de evitar problemas durante las operaciones como falta de mano de obra, no acceso a granja, costo elevado de insumos, entre otros.
- Investigaciones/ estudios sobre afecciones climáticas/ambientales deben ser realizadas antes de iniciar con el proceso productivo.
- Al adicionarse los productos, las concentraciones de K y Mg descienden debido a los intercambios de cationes en el suelo (fondo) o por las numerosas lluvias, por eso se recomiendan tratarse periódicamente los estanques. En Alabama, un cultivo a baja salinidad se trataba de dos o tres veces durante un período de crecimiento de 100 a 160 días (Boyd, 2018).
- Considerar una excelente infraestructura para una buena reutilización del agua, ya que se implementará baja tasa de recambio en altas densidades.
- Tener constante control/ monitoreo en parámetros y variables ambientales, además de revisión periódica de los tendidos eléctricos a fin de no tener problemas en la aireación de los estanques.

5 BIBLIOGRAFÍA

- A.Knights. (2000). *El rol de los equilibrios iónicos en el examen de la fiabilidad de los datos analíticos: un estudio de caso de la corriente Mendip*. Universidad Bristol .
- Alcívar, A. (10 de febrero de 2006). *Método Balling*. Obtenido de Foro Todo marino: <https://todomarino.com/forum/temas/m%C3%A9todo-balling.6744/>
- Alvarez, H. (05 de Noviembre de 2018). *Boletín BALNOVA: Bacterias y minerales en los cultivos de camarón tierra adentro*. . Obtenido de <https://www.balnova.com/bacterias-y-minerales-en-los-cultivos-de-camaron-tierra-adentro/?fbclid=IwAR2Am1DTvi4cqSA5H958j17rQOz16I4PInLXhvPimiu4nZy6dFMz8zQnb9s>
- Anaya, R. E. (2005). *Cultivo de camarón blanco, Litopenaeus vannamei, Boone (1931), en sistema cerrado a alta densidad*. Centro de investigación científica y de educación superior de ensenada. Baja California: Cicese.
- Audelo-Naranjo. (2012). *Cultivo intensivo de Litopenaeus vannamei sin recambios de agua y con un sustrato artificial*. Hidrobiología.
- Balda, P. (2002). *Estudio del cultivo del Litopenaeus vannamei con agua dulce proveniente de acuíferos, en la zona de Churute*.
- Balling, W. (2017). *Tropic Marin: Componentes del método Balling*. Obtenido de <https://www.tropic-marin-smartinfo.com/es/minerals/productos-del-metodo-balling.html>
- Baloia, M. R. (2013). Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. *Aquaculture*(52), 39-44.
- Boyd, C. (2001). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. *Aquacultures*, 24-25.
- Boyd, C. (2015). Uso de calcio y magnesio en la acuicultura. *Global Aquaculture Advocate*.
- Boyd, C. (18 de Septiembre de 2017). *El impacto del dióxido de carbono atmosférico y la alcalinidad en la acuicultura de agua dulce*. Recuperado el 02 de diciembre de 2019, de Global Aquaculture alliance: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/el-impacto-del-dioxido-de-carbono-atmosferico-y-la-alcalinidad-en-la-acuicultura-de-agua-dulce/>
- Boyd, C. (2 de ABRIL de 2018). *Global Aquaculture Alliance: Desequilibrio iónico*. Obtenido de <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/revisando-el-desequilibrio-ionico-en-el-cultivo-de-camaron-a-baja-salinidad/>

- Boyd, C. E. (2 de Enero de 2018). *Propiedades de fertilizantes comerciales comunes en acuicultura*. Obtenido de Global Aquaculture Alliance: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/propiedades-de-fertilizantes-comerciales/>
- Boyd, C. E. (2018). *Revisando el desequilibrio iónico en el cultivo de camarón a baja salinidad*. Alabama: Global Aquaculture.
- Boyd, C. E. (4 de Marzo de 2019). *Reflexiones sobre la fertilización de estanques*. Obtenido de Global Aquaculture Alliance: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/reflexiones-sobre-la-fertilizacion-de-estanques/>
- Boyd, C. E., & al., e. (2002). Sales disueltas en agua de cultivo de camarón en tierras continentales y baja salinidad. *Global Aquaculture Advocate*, Vol.5, No.3.
- Burga, A. (2018). *Tipos de agua:dureza y composición*. . Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/14186250/>
- Chanduy, G. (2017). *Datos generales* .
- Chávez, J. (2014). Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*. Análisis de 40 años de actividades en México.
- Ching, C. (2014). *Manejo del cultivo de camarón en agua de baja salinidad*. Nicovita.
- CNA. (2017). *Principales productos no petroleros exportados*. Obtenido de <https://www.cna-ecuador.com/el-camaron-se-convierte-en-el-primer-producto-de-exportacion-no-petrolera-del-pais/>
- Cobo, F. (2014). Métodos de control de las floraciones de cianobacterias en aguas continentales. Madrid, España: Limnetica.
- Davis. (2004). *Acclimating Pacific white shrimp Litopenaeus vannamei to inland low salinity waters*. Southern Regional Aquaculture Center Publication.
- De Leon, L. (2002). Floraciones de cianobacterias en aguas continentales del Uruguay: causas y consecuencias. *Nordan-Comunidad*, 28-37.
- Europea, U. (2006). *La comisión de las Comunidades Europeas: Reglamento*.
- FAO. (2008). Factores que afectan la sustentabilidad en América Latina. En *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura*. .
- Grundfos. (2018). *Características del agua salobre*. Obtenido de <https://mx.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/brackish-water.html>

- Haro, I. M. (2014). *“Efecto de la aplicación de ultrasonidos en la calidad del agua regenerada almacenada en embalses de riego”*. Murcia: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Hernández, J. (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*. . Baja California Sur.
- Horna, R., & Boyd, C. (25 de Enero de 2008). *Calidad del agua y suelo: control del olor a choclo y sabor a palo del camarón y peces*. Obtenido de Engormix: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/calidad-agua-suelo-control-t27446.htm>
- Hurtado, O. (2004). Efecto de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en los mecanismos de osmorregulación del camarón blanco LitoPenaeus vannamei (Boone) expuestos a estrés hipo e hipersalino a corto y largo plazo. *CIBNOR - Mexico*.
- Jones, A. (2002). The efficiency and condition of oyster and macroalgae used as biological filters of shrimp pond effluent. *Aquac.*
- Kieffer, L. A., de la Sierra, P. M., Devercelli, M., Luna, J. A., Claret, M., & Leiz, E. (2015). Ensayos en laboratorio para el control de floraciones algales mediante ultrasonido. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 26(50), 224-243.
- M.Nieves. (2009). Balance energético de Anadara tuberculosa (SOWERBY, 1833) a diferentes temperaturas. *Revista investigativa*.
- Márquez, A. (2019). Cultivo de moluscos bivalvos en long-lines . (J. Mendoza, Entrevistador)
- Massaut, Laurence; Fundación CENAIM-ESPOL. (1999). Manejo de sabores / olores no deseados (“off-flavor”) en cultivos de camarón en el Ecuador. *El mundo Acuicola*, 5(2), 21 - 26.
- Méndez, A. (2010). *Química:el agua dulce* . Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/quimica-ambiental/el-agua-dulce>
- Míguez, D. (2016). Tecnologías de control de floraciones de cianobacterias y algas nocivas en cuerpos de agua, con énfasis en el uso de irradiación por ultrasonido. *Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay*, 1(12), 54-61.
- Moraga, P. (2015). Salinidad y temperatura óptimas para reproducción ovípara y desarrollo de Artemia franciscana. *SciELO*.
- Pimolrat, P. (2015). *Off-Flavor Characterization in High-Nutrient-Load Tilapia Ponds in Northern Thailand*. Thailand: Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences .

- PINZON, C. L. (2017). *Métodos profilácticos y terapéuticos para el control de flora y fauna presente en una piscina camaronesa*. UTEMACH, Machala.
- Quinto, A. C. (2018). Cría en cautiverio de concha prieta (*Anadara tuberculosa* – *Anadara similis*) en el estuario del río Portoviejo y el estuario del río Chone para fortalecer los medios de vida tradicionales comunitarios, en los cantones Portoviejo, Sucre y San Vicente. *FIDES*, 10-11.
- Rodríguez, A. (Dirección). (2019). *Vídeo tutorial: El método Balling- Salinidad y equilibrio iónico* [Película].
- Rosas, C. (2002). An energetic and conceptual model of the physiological role of dietary carbohydrates and salinity on *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.
- Sánchez, R. C., Martín, I., & Fahd, K. D. (2016). Efectos del tratamiento ultrasónico sobre las microalgas y algunos parámetros relacionados con la calidad del agua en una balsa de riego. *TECNOAQUA*, 18, 74-84.
- Sonnenholzner, S. (2019). Clases académicas: Crustáceos II. (C. Vera, Entrevistador)
- UNA. (2006). *Manual de plaguicidas de Centroamérica*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2019, de <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/500-sulfato-de-cobre>
- Valdez, G. (2008). Efecto de la salinidad sobre la fisiología energética del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Scielo*.
- Zuykov, M. (2013, september). Bivalve mollusks in metal pollution studies: From bioaccumulation to biomonitoring. *Elsevier*, 93(2), 201-208.

6 APÉNDICES

6.1 Protocolo para optimizar el balance iónico

1. Identificar correctamente el lugar o medio de cultivo a evaluar.
2. Evaluar parámetros físico-químicos y perfil iónico del lugar o medio de interés.
3. Analizar los resultados de acuerdo a los rangos óptimos de cultivo.
4. Calcular la concentración iónica adecuada especialmente calcio, magnesio y potasio de acuerdo a la salinidad operativa.
5. Identificar el/los iones faltantes en nuestro medio o cuerpo de agua.
6. Calcular correctamente el tipo/dosis/frecuencia de insumos faltante para su adición.
7. Adicionar los insumos tomando en cuentas las consideraciones descritas en el ítem 5.1.2.
8. Monitorear post-adición de insumos especialmente calidad de agua y corroborar si la adición suplió las deficiencias.
9. Repetir el protocolo cada vez que sea necesario en el ciclo productivo.

6.1.1 Consideraciones generales:

- Realizar análisis de agua y perfil iónico mínimo 3 veces: al inicio, medio y final del ciclo productivo.
- Considerar que las aguas subterráneas presentan gran variabilidad iónica durante todo el año, esto se debe a procesos como infiltración, escorrentías, entre otros.
- Mantener limpia las áreas de abastecimiento de agua: pozos, canales, tuberías, para evitar contaminación.
- Si las deficiencias iónicas aumenta considerar la construcción de nuevos pozos a fin de lograr minimizarla descompensación y disminuir costos en adición de minerales.

- Algunos compuestos se volatilizan con aireación, energía solar, por eso se recomienda envejecer el agua en el reservorio 1, antes de añadir los minerales para la compensación.

6.1.2 Consideraciones antes/después de adición de minerales:

- Evitar la adición de minerales con temperaturas altas (medio día).
- Considerar reacciones del agua con el fondo del estanque, minerales como la piedra caliza se pueden disolver incrementando la concentración de calcio.
- Tener presente las precipitaciones de lluvias y proceso de evaporación de estanques y reservorios.
- Puede ocurrir precipitación de compuestos en el agua por adición, por ejemplo aireación con alto contenido de hierro o manganeso provoca precipitación de óxidos que podrían afectar a la larva.

Tabla 6.1 Dosis de aplicaciones de sales para balancear iones en la Camaronera Citycorpi (estación seca).

Camaronera Citycorpi		Dosis (kg/m3)	
Complementación iónica	Sal mineral	Inicio	Mantenimiento
Calcio y magnesio	Carbonato calcio-magnesio(dolomita)	0,367	0,403
Potasio	Cloruro de potasio	0,061	0,067

Nota: Según informes previos se recomienda la dosis de mantenimiento de 2 a 3 veces durante el ciclo.

Tabla 6.2 Dosis de aplicaciones de sales para balancear iones en la Camaronera Citycorpi (estación lluviosa).

Camaronera Citycorpi		Dosis (kg/m3)	
Complementación iónica	Sal mineral	Inicio	Mantenimiento
Potasio	Cloruro de potasio	0,023	0,025



Ilustración 6.1 Reservorio 1. Fuente: (Mendoza, 2019).

6.2 Protocolo de fertilización

6.2.1 Consideraciones previas

- No se deben hacer aplicaciones de fertilizantes sin antes conocer y estar convencido que existe la necesidad de fertilizar; para lo cual el técnico debe apoyarse en los análisis de laboratorio y en los datos de campo.
- Las aplicaciones de fertilizantes se realizarán siempre y cuando se conozca la necesidad de realizar el mismo, así como la deficiencia del nutriente faltante para lo cual el encargado de esta operación deberá apoyarse en los resultados del conteo de microalgas, de calidad de agua de igual manera con datos del campo.

- Las concentraciones de fitoplancton en los contajes de algas deberán mantenerse entre 80.000 cel/ml hasta máximo 250.000 cel/ml.
- En las mediciones de nutrientes previo al proceso de fertilización se prestaran principal atención a las relaciones de nutrientes esenciales para el desarrollo algal como lo es el Nitrógeno:Fósforo.
- Tome como referencia en sus mediciones de nutrientes, los valores de aguas naturales los cuales suelen mostrar concentraciones de fosforo entre 0,1 mg /L a 1 mg /L y concentraciones de nitrógeno total de hasta 10 mg/L por lo que no es recomendable sobrepasar esos límites puesto que se tendría posteriormente problemas de eutrofización.
- Como una rápida herramienta de evaluación de las floraciones de fitoplancton utilice el disco Secchi e intérprete su medición de la siguiente manera:

Tabla 6.3 Interpretación de lectura de disco Secchi. Fuente: (Boyd C. E., 2019)

Lectura disco Secchi (cm)	Interpretación
<20	Estanque presenta una turbidez preocupante ,de tratarse de un excesivo bloom de microalgas podría darse problemas de baja concentraciones de oxígeno disuelto.
20-30	Turbidez excesiva se deberá posponerse la aplicación de fertilizantes hasta nuevo aviso
30-45	Turbidez adecuada para el cultivo, si en su gran parte es producto de fitoplancton, reflejaría un estanque en buenas condiciones.
45-60	Existe cierta escasez de fitoplancton se deberá proceder a la fertilización.
>60 cm	Agua demasiado clara, existe una pobre productividad primaria así como el riesgo de aparición de maleza acuática es necesaria una pronta aplicación de fertilizantes.

6.2.2 Aplicación, dosis y frecuencia

- I. Los cálculos de las dosis de fertilización deberán ser realizadas con respecto a la necesidad real del estanque considerando relaciones adecuadas de nutrientes ejemplo relación N:P deberá ser 15:1, también considere que a una

concentración de silicato menor a 1 ppm es recomendable añadir silicatos al sistema es una buena opción para aumentar la incidencia de diatomeas.

- II. El fertilizante será aplicado 2 o 3 veces por semana siempre y cuando los resultados de laboratorio o las mediciones de campo lo confirmen.
- III. El fertilizante podrá ser aplicado de dos formas: previamente disuelto y vertido posteriormente al estanque o colocado en pequeños sacos para que disuelva poco a poco con el tiempo en la piscina.
- IV. Las dosis generales para aplicaciones de los productos serán las siguientes:

Tabla 6.4 Dosis generales de aplicación de productos fertilizantes en Acuicultura. Fuente: (Boyd C. E., 2018)

Producto	Dosis/hectárea	Concentración aumentada aproximada
Silicato sodio/calcio	30 a 50 kg/ha	1 mg/l
superfosfato triple	5 a 10 kg/ha	0,22-0,44 mg/L
Nitrato de sodio	5 a 10 kg/ha	0,33-0,67 mg/L

- V. Se recomienda realizar el procedimiento desde las 9:00 hasta máximo las 15:00, en caso de tratarse de un día nublado o lluvioso posponerlo.
- VI. Se dejará actuar al fertilizante como mínimo 24 horas antes de realizar cualquier tipo de recambio.
- VII. Durante el programa de fertilización se deberá tener en cuenta los distintos parámetros ambientales seguir los criterios del acuicultor y realizar las debidas observaciones en caso de darse alguna novedad.



Ilustración 6.2 Reservorio 2. Fuente: (Vera, 2019).

6.3 Encuesta informativa

Encuesta realizada al Biólogo Carlos Sigcha al inicio del proyecto:

Página 1



Escuela Superior Politécnica del Litoral



Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas

Encuesta informativa *camaronera Citycopy*

Proyecto: Evaluación de parámetros físico-químicos de aguas de pozo para cultivo intensivo de camarón blanco del Pacífico *Penaeus vannamei* con baja tasa de recambio.

Favor llenar esta encuesta para la recopilar información relevante de la camaronera. En las casillas en blanco señale con una x la opción correcta.

Preguntas de información general

- ¿Cuántos pozos de agua operativos tiene en su finca camaronera?

<input type="checkbox"/>	1
<input checked="" type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	4
- Especifique la salinidad de cada uno de ellos

20 mts P4 (3-4 ppt) P5 (4-5 ppt) P6 (3-4 ppt)

20 mts P5 (4-5 ppt) P6 (3-4 ppt)
- Conoce la capacidad de retención (almacenamiento) de los pozos

<input type="checkbox"/>	si
<input checked="" type="checkbox"/>	no
- ¿Los pozos tienen un permanente abastecimiento? Sí No *se desconoce*
- ¿Cuál de ellos tiene una mayor capacidad de almacenamiento?

30 Litros/segundo

P4 - P5
- El lugar escogido para la recolección de la muestra para los análisis de agua fue:

<input checked="" type="checkbox"/>	Directamente del pozo
<input type="checkbox"/>	Tomada de los reservorios (madurada)
<input type="checkbox"/>	Otro lugar Especifique: _____
- Luego de los análisis, ¿cuál fueron las principales deficiencias en su composición?

Pozo salinidad *3-4 ppt*

Parámetro	Marque con X
Alcalinidad total	<input checked="" type="checkbox"/>
Dureza total	<input checked="" type="checkbox"/>
Concentración de Ca	
Concentración de Mg	<i>+/-</i>
Concentración de K	<input checked="" type="checkbox"/>
Otros	

Pozo salinidad

Parámetro	Marque con X
Alcalinidad total	
Dureza total	
Concentración de Ca	
Concentración de Mg	
Concentración de K	
Otros	

Pozo salinidad

Parámetro	Marque con X
Alcalinidad total	
Dureza total	
Concentración de Ca	
Concentración de Mg	
Concentración de K	
Otros	

Pozo salinidad

Parámetro	Marque con X
Alcalinidad total	
Dureza total	
Concentración de Ca	
Concentración de Mg	
Concentración de K	
Otros	

Balance iónico

8. ¿Ha suministrado algún producto para compensar estas deficiencias? Sí No

En caso de responder SI, favor indique el tipo/dosis/frecuencia de uso del producto

sulfato de magnesio / cloruro de potasio

Fertilización

9. Ha realizado algún análisis de fitoplancton? Sí No

Especifique el lugar y fecha del muestreo

Reservorio 1-2 maturada 19 días

10. En caso de responder SI en la pregunta superior, favor indique el tipo de microalga predominante:

- Cianofitas ✓
- Diatomeas }
- Clorofitas }
- Dinoflagelados
- Otra Especifique: _____

11. ¿Cuál tipo de microalgas desea fomentar de manera predominante en su cultivo?

- Cianofitas
- Diatomeas
- Clorofitas
- Otra Especifique: _____

12. ¿Usan algún tipo de fertilizante? Sí No

En caso de responder SI, favor indique el tipo/dosis/frecuencia de uso del producto

Fertilizante inorgánico