

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

**POTENCIAL DEL CAMARÓN MARINO *Litopenaeus vannamei*  
PARA CULTIVO EN AGUA DULCE**



Marzo 2012

**Ubicación del programa universitario de investigación, área y prioridad:**

Programa universitario de Investigación, en Alimentación y Nutrición, línea prioritaria de Seguridad alimentaria; Manejo tecnológico de los sistemas de producción de especies animales no tradicionales.

**Título:**

Potencial del camarón marino *Litopenaeus vannamei* para cultivo en agua dulce.

**Integrantes:**

M.Sc. Licda. Estrella de Lourdes Marroquín Guerra  
Coordinadora de Proyecto

Lic. Marco Antonio Valdés Ramírez  
Investigador

José Eduardo Gonzalez Pineda  
Trabajador de Campo

**Fecha:**

Marzo 2012

**Instituciones participantes y co-financiantes:**

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-

Vo.Bo. \_\_\_\_\_

Lic. Erick Villagrán Colón, M.Sc  
Director CEMA

Vo.Bo. \_\_\_\_\_

Ing. Pedro Julio García, M.Sc.  
Director IIH

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	1
INTRODUCCION .....	2
ANTECEDENTES .....	3
JUSTIFICACION .....	6
OBJETIVOS .....	7
4.1 General.....	7
4.2 Específicos .....	7
MARCO TEORICO .....	8
5.1 Biología .....	8
5.2 Fisiología de la Osmoregulacion .....	8
5.3 Importancia Económica .....	10
5.4 Sistema de Cultivo .....	11
5.5 Fuentes de agua y abastecimientos de agua subterránea .....	11
METODOLOGÍA .....	12
6.1 Ubicación .....	12
6.2 Descripción Metodológica .....	13
Temporalidad.....	13
Calidad y abastecimiento de postlarvas .....	13
Preparación de los estanques .....	14
Desinfección de estanques .....	15
Aclimatación .....	15
Siembra.....	16
Alimentación.....	17
Recambios de Agua.....	18
Evaluación de crecimientos, sobrevivencia y producción.....	18
Evaluación de variables físicas y químicas del agua y análisis de iones mayores.....	19
6.3 INSTRUMENTOS.....	21
Infraestructura .....	21
Área productiva .....	21
Área de engorde:.....	21
Área de producción de larvas de camarón de agua dulce <i>Macrobrachium rosenbergii</i> .....	22
Área de piletas. ....	22
Diseño Experimental.....	23
Análisis Estadístico .....	24
Análisis de la información .....	24
VII. Hipótesis.....	27
Variable dependiente .....	27
Variable independiente.....	27
Indicadores.....	27
VIII. RESULTADOS Y DISCUSION .....	28
IX. CONCLUSIONES .....	45
X. RECOMENDACIONES .....	47
XI. BIBLIOGRAFIA .....	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Mapa de ubicación áreas de prueba .....	12
Figura No. 2: Obtención de larva de camarón marino de laboratorio, para cultivo experimental.....	13
Figura No. 3. Preparación de estanques de cultivo en Estación Experimental de Monterrico. ....	14
Figura No. 4: Desinfección de estanques con Hipoclorito de Calcio. ....	15
Figura No. 5: Aclimatación de larva de laboratorio.....	16
Figura No. 6: Siembra de camarón juvenil en estanques de cultivo en Estación Experimental de Monterrico.....	16
Figura No. 7: Recambios de agua.....	18
Figura No. 8: Evaluación de crecimiento por talla. ....	19
Figura No. 9: Evaluación de variables físico y químicas del agua de cultivo. Fuentes y abastecimiento de agua.....	20
Figura No. 10: Estanques de engorde Estación Experimental Monterrico. ....	22
Figura No. 11: Instalaciones de laboratorio Estación Experimental Monterrico.....	22
Figura No. 12: Área de piletas Estación Experimental Monterrico .....	23
Figura No. 13: Estación de bombeo agua dulce. ....	23
Figura No. 14: Resumen del diseño experimental.....	24
Figura No. 15: Gráfica resumen de crecimiento estanque No. 5, Control. ....	33
Figura No. 16: Gráfica dispersión de tallas estanque No. 5, Control.....	34
Figura No. 17: Histograma de tallas, estanque No. 5, Control .....	34
Figura No. 18: Gráfica resumen de crecimiento, estanque No. 6, Prueba .....	36
Figura No. 19: Dispersión de tallas estanque No. 6, Prueba.....	36
Figura No. 20: Histograma de tallas estanque No. 6, Prueba. ....	37
Figura No. 21: Gráfica de crecimiento estanque No. 7, Prueba. ....	38
Figura No. 22: Dispersión de tallas estanque No. 7, Prueba.....	38
Figura No. 23: Histograma de tallas, estanque No. 7, Prueba. ....	39
Figura No. 24: Gráfica comparativa de crecimientos pruebas versus Control.....	40
Figura No. 25: Gráfica comparativa de sobrevivencias entre Pruebas y Control ..	42
Figura No. 26: Resultados variables o indicadores productivos de Pruebas versus Control.....	42
Figura No. 27: Resultados Factor de Conversión Alimenticia (FCA) de Pruebas versus Control. ....	43
Figura No. 28: Resultados de rendimiento kg/Ha, Prueba versus Control. ....	43

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1: Programa de alimentación durante el cultivo de camarón marino..	17
Cuadro No. 2: Condiciones del cultivo para Guatemala. ....	20
Cuadro No. 3: Datos de calidad de agua durante el cultivo. ....	28
Cuadro No. 4: Análisis comparativo de perfiles iónicos en el agua .....	30
Cuadro No. 5. Índice de sobrevivencia en etapas de aclimatación y engorde .....	32
Cuadro No. 6: Análisis estadístico, estanque No. 5, Control. ....	35
Cuadro No. 7: Análisis estadístico, estanque No. 6, Prueba. ....	37
Cuadro No. 8: Análisis estadístico, estanque No. 7, Prueba. ....	39
Cuadro No. 9: Variables o indicadores productivos resumen general datos productivos de la investigación.....	44

## INDICE DE ANEXOS

XI. ANEXOS .....	i
Anexo No. 1: Plano de la Estación Experimental Monterrico .....	i
Anexo No. 2: Procedimientos operativos .....	ii
Anexo No. 3: Resultados de análisis para perfil iónico del agua .....	xix

## RESUMEN

Actualmente, el camarón marino de cultivo es el producto hidrobiológico que mayor cantidad de divisas aporta al país y para el año 2007 se obtuvo una producción record de 28 millones de libras producidas en un área total de 1,306 hectáreas. Sin embargo el crecimiento de esta industria se podría ver afectado por la falta de tierras aptas para el cultivo y la constante incidencia de enfermedades de tipo viral y bacteriano que se han establecido de manera local en las zonas en donde esta actividad productiva se desarrolla de manera tradicional. También es sabido que el camarón marino, *Litopenaeus vannamei*, tolera muy bajas salinidades considerando que es una especie eurihalina y esto le permite un potencial de expansión para su cultivo, de manera importante. Esta particularidad de la especie permite opciones para la diversificación de su cultivo.

Considerando las dos premisas anteriores, el cultivo de camarón marino en agua dulce podría ser una alternativa para aminorar el impacto provocado por estas enfermedades e incrementar las posibilidades de expandir este tipo de cultivo a otras áreas alejadas de las zonas marino-costeras, lo cual se traduciría al final en una alternativa productiva de alto valor comercial. Las pruebas para esta investigación se llevaron a cabo en la Estación Experimental de Monterico, ubicada en la aldea Monterico, municipio de Taxisco, Santa Rosa.

En el presente informe se ofrecen datos de las pruebas realizadas con ciclos de cultivo bajo la modalidad de cultivo semi-intensivo de tipo comercial realizadas en el periodo comprendido entre febrero de 2011 y diciembre del mismo año. Esta investigación comprende el estudio y seguimiento durante 1 ciclo de cultivo normal en un sistema experimental que consideró la implementación de 2 estanques para la realización de la prueba y 1 estanque utilizado como control. Se exponen además datos financieros que servirán para el estimado económico del costo por hectárea de un proyecto con este sistema de producción a mayor escala. Los aspectos técnicos de cultivo estuvieron validados con análisis químicos y físicos de agua, así como el monitoreo permanente de variables biométricas afines al cultivo durante toda la fase de ejecución.

Además, en la sección de resultados se podrá observar que el camarón marino se adaptó a condiciones de cultivo en agua dulce o de baja salinidad proveniente de pozos construidos para este fin y los resultados productivos de rendimiento reflejan resultados que superan las expectativas planteadas para el cultivo respecto a los resultados obtenidos bajo el sistema de cultivo tradicional en agua salobre o salada.

Finalmente, se puede determinar a través de los resultados económico-financieros la factibilidad económica del cultivo bajo esta nueva modalidad de cultivo.

## I. INTRODUCCION

Según Scarpa & Allen [16] el cultivo de camarones marinos se encuentra en constante desarrollo a nivel mundial y actualmente es la única alternativa para suplir la demanda de camarones generada por el aumento en el consumo y por la reducción en los volúmenes de captura procedentes de la actividad pesquera. De acuerdo con la FAO más de 50 países se dedican a cultivar camarón marino a gran escala, principalmente los países asiáticos, los cuales demandan el 88.91% de los camarones comercializados en el mundo. Según esta organización la producción mundial de camarón marino cultivado fue superior a tres millones de toneladas en el año 2006 y entre los cinco principales productores del mundo están China, Tailandia, Vietnam, Indonesia y la India. Entre la familia de los camarones Peneidos destaca el *Litopenaeus vannamei* como la especie más cultivada y de extrema importancia económica para América Latina y Asia.

Actualmente, la mayor parte de los cultivos de camarón se encuentran en las zonas marino-costeras, áreas que se caracterizan por sustentar una alta biodiversidad de especies acuáticas y, en la última década la camaronicultura ha disminuido su desarrollo por el impacto de enfermedades causadas por patógenos específicos –virus, bacterias, etc.- mismo que se han establecido en los sistemas donde se abastecen de agua las granjas de camarón. Una alternativa para minimizar el impacto de enfermedades y reducir la presión sobre áreas de alta importancia biológica es impulsar el cultivo de camarón con agua subterránea de baja salinidad en áreas más al interior, de las zonas costeras o también llamadas sistemas de cultivo tierra adentro o “in land farm”. Esto da la pauta para empezar a realizar estudios relacionados con la factibilidad de cultivar camarón marino *Litopenaeus vannamei* en agua dulce o de baja salinidad como una nueva modalidad de cultivo.

El objetivo de la presente investigación fue determinar el potencial real de esta especie de camarón marino *Litopenaeus vannamei* para su cultivo en agua dulce.

## II. ANTECEDENTES

Según la FAO, el camarón marino ocupa el primer lugar de la producción acuícola de América Latina y el Caribe y ninguna actividad económica del área hidrobiológica ha alcanzado en los últimos 15 años un crecimiento tan acelerado como la camaronicultura en las áreas tropicales y subtropicales costeras del mundo.

En Guatemala, el cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei*, a escala comercial se inició en la región sur del país a principios de los años ochenta desarrollándose a pesar de las limitantes tecnológicas, carencias de personal calificado y la poca disponibilidad de tierras aptas para el desarrollo de esta importante actividad económica. Además, no existía un marco legal bien definido que pudiera regular de manera efectiva esta actividad.

La camaronicultura fue alcanzando un desarrollo gradual con el cultivo de esta especie *Litopenaeus vannamei*, desde sus inicios hasta el año 1,996 cuando la industria del cultivo de camarón marino enfrentó uno de los mayores retos, con la incidencia de enfermedades que llegaron de otras regiones del mundo. La primera enfermedad reportada con altos índices de morbilidad y mortalidad fue el denominado “Síndrome de Taura” y posteriormente en el año 1,999 con la introducción de la enfermedad de la “Mancha Blanca” o WSSV. Ambas enfermedades de tipo viral. A causa de la alta incidencia de estas enfermedades, las granjas productoras de camarón de gran escala, más que erradicar dichas enfermedades, implementaron un sin número de estrategias que permitieron continuar con el desarrollo y crecimiento de esta actividad, medidas tales como el establecimiento de sistemas de bioseguridad estricta, uso exclusivo de postlarvas de laboratorio genéticamente mejoradas e incorporación de protocolos de manejo más eficientes.

Actualmente, la industria del cultivo de camarón marino es el tipo de acuicultura que mayor cantidad de divisas aporta al país. La producción nacional se ha incrementado cada año y para el periodo 2001- 2006 la producción creció a una tasa media anual –TMAC- del 20.6% y para el año 2007 se obtuvo una producción record de 28 millones de libras producidas en un área total de 1,306 hectáreas.

Sin embargo el crecimiento de esta industria se podría ver afectado por la falta de tierras aptas para el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* ya que las zonas marino-costeras disponibles constituyen áreas protegidas en donde importantes comunidades de manglares y biota en general se desarrollan y que no deberían utilizarse para la expansión de la acuicultura. Sumado a esto es la constante incidencia de enfermedades de tipo viral bacteriano que se han establecido de manera local en las zonas en donde esta actividad productiva se

desarrollo de manera tradicional.

Experiencias en otros países Tamayo & Van Wyk [17] indican que éste crustáceo puede ser cultivado a nivel comercial de manera exitosa en aguas de baja salinidad (0.5 - 5.0 ppt). Sin embargo, también es sabido que una de las limitantes para desarrollar este tipo de cultivo es la composición iónica de la fuente de agua, lo cual implica que en principio los estudios se deben de dirigir a determinar la factibilidad de crecimiento y sobrevivencia de esta especie en diferentes fuentes de agua que potencialmente contengan diferente perfil iónico. Experiencias de campo reportadas por Zhu et al [18] y algunos estudios realizados en otros países indican que los principales iones limitantes para este crustáceo son el potasio, sodio y magnesio.

En Guatemala ya existen antecedentes de este tema a través de un estudio realizado en la Escuela de Agricultura de Nororiente –EANOR- en La Fragua, Zacapa en el año 2005-2006. Este estudio tenía por objetivo contribuir al desarrollo de tecnología para la diversificación de la producción agropecuaria en el área rural de Guatemala mediante el cultivo de camarón marino en agua dulce así como identificar los impactos ambientales potenciales de este cultivo. Aun y cuando, los resultados aun no han sido publicados, se sabe que hubieron factores importantes que no fueron tomados en consideración respecto los requerimientos particulares en la composición iónica del agua y tampoco se hizo énfasis en la importancia de los procesos de aclimatación de esta especie, que son fundamentales para la sobrevivencia y buen desempeño de esta especie en agua dulce o de baja salinidad. Tampoco durante este estudio se logro producir camarones de talla comercial por las altas mortalidades reportadas en las primeras fases del cultivo.

En este sentido la presente propuesta de investigación propone estudiar:

1. ¿Cuál es el potencial real de producir camarón marino en zonas que no disponen de agua de origen marino o estuarino?
2. ¿Cómo el agua dulce podría afectar la sobrevivencia y el crecimiento de los camarones marinos de la especie *Litopenaeus vannamei* bajo condiciones productivas de cultivo?
3. ¿Qué nuevas alternativas productivas en el área de la acuicultura en aguas continentales podría generar el cultivo de una especie marina en un nuevo medio de cultivo?
4. ¿Cuales serian las posibilidades de reducir la presión sobre humedales y zonas de manglar provocadas por la creciente necesidad de incrementar las áreas de cultivo de camarón marino?

5. ¿Podría el cultivo de camarón marino en agua dulce representar una alternativa real para áreas rurales de Guatemala alejadas de las zonas estuarinas y costas?
  
6. ¿Será económicamente rentable producir camarón marino en un ambiente de agua dulce diferente al medio natural donde estos crecen y se desarrollan, bajo la modalidad de un cultivo productivo de tipo comercial?

### III. JUSTIFICACION

Según el estudio realizado por el Dr. Paul Frelier del Colegio de Medicina Veterinaria de la Universidad de Texas A&M y el Dr. Ralph Elston de la Universidad de Seattle, Washington, el cultivo de camarón en Guatemala es una práctica muy bien desarrollada a nivel semi-intensivo e intensivo, en donde se utilizan técnicas y métodos comparables a los mejores utilizados en el resto del mundo, esto basados en su experiencia conduciendo estudios sobre manejo de granjas camaroneras en el Pacífico Sur, Asia y las Américas.

Específicamente describen, que las prácticas de cultivo empleadas en Guatemala son consideradas ambientalmente sustentables basadas en los métodos de manejo de suelos, apropiadas prácticas de siembra, uso de postlarvas producidas en laboratorios y sistemas sofisticados para el abastecimiento y reutilización del agua. Sin embargo, también reconocen que los grandes retos a los que se enfrenta la industria del camarón en Guatemala es la falta de tierras aptas para continuar la expansión de áreas de cultivo así como la falta de control de las enfermedades en las poblaciones de camarón de cultivo.

Finalmente los dos expertos consideran que las estrategias para superar estas limitantes estarán dirigidas a la búsqueda de nuevas áreas o modalidades de cultivo y al control en la incidencia y expansión de estas enfermedades.

Es por estas razones que se propone evaluar el potencial del cultivo del camarón marino *Litopenaeus vannamei* en agua dulce o de baja salinidad, considerando que esta estrategia de cultivo ha sido definida en otros países como la nueva frontera para el desarrollo de un tipo de cultivo que podría convertirse en una alternativa real para áreas alejadas de las zonas marino-costeras en Guatemala que no disponen de agua de origen marino o estuarino y donde sea necesario desarrollar o impulsar proyectos productivos que generen empleo e ingresos a comunidades rurales.

Finalmente, en Guatemala, no se ha realizado ningún estudio científico de enfoque productivo el cual pueda determinar el potencial del cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei*, en agua dulce o de baja salinidad a través de la evaluación de sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia para evaluar la factibilidad técnica y económica de este cultivo bajo esta nueva modalidad.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1 General

Determinar el potencial real del camarón marino *Litopenaeus vannamei*, para el cultivo en agua dulce.

### 4.2 Específicos

1. Determinar el efecto del agua dulce sobre índices de sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia del camarón marino *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo tipo comercial en agua dulce o de baja salinidad.
2. Identificar las características físicas y químicas del agua, adecuadas para el cultivo del camarón marino *Litopenaeus vannamei*. a partir de dos fuentes de agua dulce con diferente perfil iónico.
3. Determinar la factibilidad económica del cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei* en un cultivo de tipo comercial semi-intensivo.

## V. MARCO TEORICO

### 5.1 Bilogía

Bardach [2] indica que las especies del subgénero *Litopenaeus* son catadromas es decir, se reproducen en el mar pero ingresan a lagunas litorales para su crecimiento y desarrollo. Los adultos copulan y desovan en aguas oceánicas a profundidades entre 18 y 27 metros. El macho se une a la hembra abrazándola por el frente y deposita el espermatóforo (conjunto de espermatozoides) a la salida de la abertura genital de la hembra, la cual desova y rompe el espermatóforo para que se efectúe la fecundación. Los huevos fecundados son expulsados al agua en cantidades de 500,000 y 1, 000,000 por cada hembra. Los huevos van al fondo y eclosiona la larva conocido técnicamente como Nauplio.

Esta larva presenta 5 subestadios larvarios y se alimenta de las reservas contenidas en el vitelo, posteriormente se transforma en una protozoa (zoea primitiva) que presenta 3 subestadios y se alimenta de microalgas y permanece en aguas oceánicas por alrededor de 3 semanas. La siguiente fase es la de Mysis que también se compone de 3 subestadios larvarios, cambiando sus hábitos alimentarios a carnívora, por lo general se alimenta de larvas de otros micro-crustáceos. Finalmente, se produce una última metamorfosis para dar lugar a la postlarva, que se considera ya un organismo completo con las mismas estructuras anatómicas de un adulto.

La postlarva alcanza el sistema estuarinos donde el agua es salobre (agua con un porcentaje de agua salada y agua dulce) y en este medio se desarrollan hasta juveniles. En los sistemas estuarinos los camarones alcanzas una talla de 4 a 10 centímetros en un lapso de tiempo entre 4 y 10 semanas, respectivamente, posteriormente, salen al océano en donde completan su maduración como adultos y así comenzar un nuevo ciclo de vida.

La distribución natural del *Litopenaeus vannamei*., se extiende de las Costas del Pacifico de México hasta la parte norte de Perú y también son organismos eurihalinos, es decir, organismos capaces de osmoregulacion en un rango de salinidad relativamente amplio.

### 5.2 Fisiología de la Osmoregulacion

Según Chávez [4] I en la especie de camarón marino *Litopenaeus vannamei*, la presión osmótica es uno de los factos que afectan su metabolismo, principalmente a la asimilación de la proteína proveniente del alimento natural o artificial disponible. La concentración de sales en el agua influye sobre el organismo del animal porque éste último también tiene dentro, concentraciones de sales que pueden ser iguales o diferentes a las del medio en el cual vive el camarón.

El *Litopenaeus vannamei* es una especie de crustáceo eurihalino, es decir, que

tolera amplios rangos de salinidad, en rangos que van desde 1 hasta 40 partes por mil de sal en el agua.

Los organismos acuáticos en general compensan los desequilibrios de sales mediante la presión osmótica que su organismo ejerce, los crustáceos reaccionan de diferente manera a los cambios de salinidad del medio, algunos mantienen constante su medio interno y son llamados homoiosmóticos y otros se mantienen isosmóticos es decir la misma concentración de sales del medio.

El camarón al soportar cambios de salinidad, fisiológicamente pasara a través de un periodo de reajustes celulares. En este momento existen transportes activos y pasivos de sodio y potasio a través de las membranas celulares.

Scarpa [16] indica que con bajas concentraciones de sodio y potasio se obtiene una pronunciada disminución en la sobrevivencia. Con bajos niveles de potasio y altos niveles de sodio, la sobrevivencia se incrementa, Sin embargo, cuando otros iones están presentes como el calcio o magnesio junto con sodio y bajos niveles de potasio (1 gr/L) se incrementa la sobrevivencia de 37 a 80%, mientras que el efecto de adición de más potasio no muestra ningún beneficio. Así, parece demostrarse que el potasio es necesario en niveles muy bajos.

El bajo contenido de sodio y el alto contenido de potasio intracelulares observados en condiciones fisiológicas, deber ser consecuencia de un transporte activo que genere un flujo de sodio hacia el exterior y otro de potasio hacia el interior de la célula, generando una distribución alejada del equilibrio; dicho mecanismo que bombea sodio al exterior y potasio al interior de la célula que lo denomina "bomba de sodio". Algunos experimentos realizados, con respecto a la tolerancia de los crustáceos a diversas salinidades demuestran que si pueden adaptarse a valores extremos y la razón porque esta tolerancia no se da en el medio natural es que en este existen factores de estrés como poca disponibilidad de alimento, déficit de oxígeno, presencia de competidores y depredadores, entre otros.

La barrera de regulación iónica entre el medio interno y el medio externo es la orina, el órgano de excreción de la orina es la base de la glándula antenal. Estos órganos que son muy importantes en la regulación iónica no lo son en la regulación osmótica ya que se ha demostrado que no existe diferencia entre la constitución y la cantidad de iones en la hemolinfa y la orina en ciertas especies. El hecho de excretar orina isosmótica a la hemolinfa aumenta la tendencia a perder sales en medios hiposmóticos y a perder agua en medios hiperosmóticos.

Las pocas diferencias en sales en otras especies de Peneidos entre la orina y la hemolinfa radican en que la orina contiene mayor cantidad de iones magnesio y sulfato y menor cantidad de iones calcio y potasio. La pérdida de agua y sales a

través de la orina es indudablemente un medio de compensación y resulta claro esto porque la recuperación se hace a través de las branquias. Dicha pérdida en la mayoría de los crustáceos se da de manera que se mantiene isosmótica con la sangre del crustáceo, por lo que se considera que la regulación de la base de la glándula antenal más allá de ser osmótica es de tipo iónico y se da más para iones de sulfato y magnesio.

Por otro lado la recuperación llevada a cabo por las branquias se da en contra de un gradiente de concentración ya que las especies marinas que pierden agua y sales por la base de la glándula antenal recuperan casi todos los iones y las especies que las pierden por difusión recuperan la totalidad de estos compuestos, lo cual implica un gasto energético.

En síntesis, los pocos estudios que existen sobre el *Litopenaeus vannamei* nos indican que la salinidad en la que la especie es isosmótica (es decir en la que la concentración de sales en la hemolinfa es igual a la concentración en el medio) es de 26.9 ppt, siendo menor cuando la especie se encuentra en sus etapas juveniles y tendiendo a ser mayor cuando se encuentra en la etapa adulta.

Los requerimientos de sales son elevados durante los estadios larvales como ya lo conocemos, y se asume que se debe a un insuficiente desarrollo fisiológico en su capacidad de osmoregular con el medio y que los camarones marinos eurihalinos tienen la particularidad de utilizar agua de mar para tareas de maduración, apareamiento, reproducción, eclosión de huevos, cría de nauplios, entre otras. En el caso de las postlarvas estas retornan a medios menos salinos para completar su ciclo de desarrollo hasta llegar a la etapa adulta [2]

### **5.3 Importancia Económica**

La especie de camarón marino *Litopenaeus vannamei* es la especie de camarones marinos más cultivada en el continente americano por su rápido crecimiento, tolerancia a cultivos de altas densidades, requerimientos nutricionales bajos en proteína y su tolerancia a amplios rangos de salinidad. Además, es una especie con alta adaptabilidad a condiciones de cultivo.

Dentro de los principales productores mundiales figura Tailandia que desde 1993 es el principal productor mundial de camarón cultivado. Ecuador ocupó el segundo lugar en el mundo hasta antes de la crisis con la enfermedad de Taura; Indonesia el tercero e India el cuarto. En el caso del Hemisferio Occidental, Ecuador producía alrededor de 100,000 toneladas/año que constituía el 70% de la producción del continente Americano. Colombia, Honduras y México producen alrededor de 15,000 toneladas anuales, cada uno y Estados Unidos tan solo 3,000 toneladas/año. Los dos grandes mercados internacionales de camarón son Japón y Estados Unidos. El primero consume alrededor del 22.5% y el segundo el 20.8% del total de la producción mundial.

Del total de las exportaciones del hemisferio occidental es Estados Unidos el que consume el 75% y Europa el 25%, particularmente Francia y España [17]

#### **5.4 Sistema de Cultivo**

El cultivo de esta especie de camarón marino es relativamente nueva, considerando que el cultivo controlado en laboratorios se desarrolló en Japón entre los años 1930's y 1940's con *Penaeus japonicus*., por el considerado padre de la camaronicultura Motasaku Fujinaga. [18]

Respecto a la producción de postlarvas de camarón se desarrolló entre los años 1960 y 1970, la cual permitió un rápido crecimiento del cultivo de camarón en general en las décadas de los 80's y 90's.

Según Nuñez [14] la mayoría de granjas que se dedican a la producción de camarón marino usan un sistema estratégico de producción semi-intensivo que permite producciones entre 500 y 5,000 kg/ha/año. Además, de este sistema de producción también es muy popular el sistema intensivo los cuales producen entre 5,000 – 10,000 kg/ha/año.

Los camarones son alimentados con cantidades considerables de concentrados específicamente elaborados para este fin, además, importantes cantidades de agua son demandadas para realizar recambios de agua y en muchos de los casos se utiliza aireación suplementaria. Las modalidades de producción varían pero existe una práctica muy generalizada y denominada "Dos Fases de Producción", donde las postlarvas son cultivadas a altas densidades en pequeños estanques denominados "Pre-criaderos" donde se inicia el ciclo productivo. Posteriormente, los juveniles son trasladados a estanques de mayor tamaño donde se desarrolla el 80% del cultivo hasta el momento de la cosecha final.

#### **5.5 Fuentes de agua y abastecimientos de agua subterránea**

El agua circula continuamente a través del interminable ciclo hidrológico de precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación, re precipitación y así sucesivamente. Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua, temporalmente, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza.

Un inconveniente según lo indica Linsley [10] de los abastecimientos subterráneos es su tendencia a proporcionar aguas excesivamente duras, lo cual se debe a que los constituyentes que causan la dureza son lavados de los depósitos minerales. Por otro lado el abastecimiento subterráneo tiene la ventaja de proporcionar aguas que requieren un menor grado de tratamiento, porque las impurezas se eliminan en forma natural a medida que el agua atraviesa las capas

del suelo y el subsuelo. Debe tenerse siempre presente que, esta condición corresponde a la generalidad de las aguas subterráneas, la dureza no siempre constituye a los depósitos minerales y la conformación del suelo y del subsuelo puede no ser del tipo que elimina con eficacia la materia indeseable del agua.

## VI. METODOLOGÍA

### 6.1 Ubicación

El área de investigación según la propuesta de investigación se ha realizado en 2 regiones del país, en los departamentos de Escuintla y Santa Rosa.

La primera área de prueba se realizó en la Estación Experimental de Monterrico en el departamento de Santa Rosa, Aldea Monterrico, Municipio de Taxisco a 125 km. de la ciudad capital, a una altitud entre 0 y 6 msnm y comprendida entre los paralelos 13°53' - 13°55' N y meridianos 90°26' - 90°30' W. Se ha propuesto esta estación experimental de la Universidad de San Carlos de Guatemala y administrada por el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- Esta estación experimental se seleccionó por la finalidad de la misma como centro de investigación y cultivos demostrativos para pequeños productores, además de contar con la infraestructura de base para cultivos acuícolas y condiciones ambientales idóneas para el desarrollo del cultivo de camarón propuesto, Ver figura No. 1.

La segunda área para la investigación se realizó en una granja privada de nombre El Manantial ubicada en el departamento de Escuintla a 5 km del centro urbano sobre la carretera que conduce al Municipio de Taxisco.

En la zona en que se desarrolló el proyecto, los cultivos con agua de pozo están tomando bastante auge, para la cría de tilapia, para lo cual se usa el mismo tipo de estanques. A continuación se exponen los principales aspectos dentro del protocolo de manejo en los cultivos tierra adentro con agua dulce.



Figura No. 1: Mapa de ubicación áreas de prueba

## 6.2 Descripción Metodológica

### Temporalidad

Aun y cuando se propuso realizar dos ciclos de cultivo de 90 días, en cada una de las áreas de estudio y que debían dar inicio en el mes de marzo y concluir en el mes de octubre de 2011, no fue posible iniciar los ciclos de cultivo en el mes propuesto, sino en el mes de mayo. Según la reprogramación se hizo una reducción en los días de preparación de estanques inter-ciclos y el último ciclo finalizó en el mes de noviembre del año 2011.

### Calidad y abastecimiento de postlarvas

Las postlarvas de camarón marino se obtuvieron del laboratorio de producción de larvas de camarón de nombre comercial “La Candelaria” ubicado en la aldea la Candelaria del municipio de Taxisco, en el departamento de Santa Rosa. Las postlarvas de camarón compradas del laboratorio se encontraban en el estadio denominado PI 12 y dichas postlarvas fueron sometidas a pruebas de calidad, estas pruebas se describen en anexos en la sección de procedimientos operativos.

	
Preparación de tinacos para conteo de larva.	Conteo de larva de camarón marino.
	
Embalaje de larva en bolsas plásticas.	Larva embalada lista para transporte.

Figura No. 2: Obtención de larva de camarón marino de laboratorio, para cultivo experimental.

### Preparación de los estanques

Dos semanas, previo a realizar la siembra se procedió a limpiar los estanques de cultivo, se llenaron con agua de pozo, esto permitió la estabilización del medio de cultivo, se evaluaron los nutrientes principales en el agua (Fósforo y Nitrógeno) para determinar si era necesario realizar una fertilización que permitiera el desarrollo de blooms algales, para el buen desarrollo del cultivo. En cada ciclo se determinó la necesidad de fertilizar los estanques antes de realizar la siembra.

	
Reparación de bordas y estanques de cultivo.	Revisión de fugas
	
Llenado de estanques con agua de pozo.	Evaluación de calidad del agua.

Figura No. 3. Preparación de estanques de cultivo en Estación Experimental de Monterrico.

### **Desinfección de estanques**

Un tratamiento para la desinfección del fondo de los estanques siempre es recomendado y para este fin se utilizó, Hipoclorito de Calcio. Como productos que cumplan la función de desinfectantes para tratamientos profilácticos también se puede utilizar Carbonato de Calcio, Hidróxido de Calcio entre otros. La preparación de los estanques incluyó actividades como la filtración del agua de cultivo y la fertilización de la misma, todo lo cual se describe en la sección de procedimientos operativos en la sección de Anexos.



Figura No. 4: Desinfección de estanques con Hipoclorito de Calcio.

### **Aclimatación**

Se sembraron originalmente en un tanque de fibra de vidrio de volúmenes de 750 litros de capacidad. En estos tanques, se realizó la primera etapa de la prueba, que consiste en aclimatar a las postlarvas a las nuevas condiciones de cultivo en agua dulce. Esta aclimatación se llevó a cabo, hasta lograr el completo desarrollo de los órganos osmoreguladores de las postlarvas que les permitiera sobrevivir a salinidades bajas de entre  $0.5 \pm 1$  g/l o ppt de sal. Después de 24 horas de ser puestos en los tanques de fibra de vidrio se procedió a iniciar la aclimatación, proceso para la reducción de la salinidad del agua, de 32 g/l a 0.0 g/l. Los volúmenes de agua dulce a adicionar en cada etapa de aclimatación se realizaron en función de los valores originales de salinidad en la que despachó el laboratorio, los valores recomendados los cuales son gobernados por el rango en que se encuentra la concentración de sal y el tiempo mínimo para realizar el cambio. El proceso de aclimatación se realizó día a día y el cual tuvo una duración de 8 a 10 días.

Durante el proceso de aclimatación de las postlarvas a agua dulce, se utilizaron alimentos específicos para estos estadios larvarios que consistieron en dietas secas de micro-partículas específicas para el tamaño de las postlarvas y también biomasa de *Artemia salina*, proveyendo los tipos de alimento de manera alternada en intervalos de 2 horas en horarios comprendidos entre las 08:00 y 18:00 h. También se evaluaron diariamente variables físicas y químicas del agua como pH, oxígeno disuelto, salinidad y temperatura.



Figura No. 5: Aclimatación de larva de laboratorio.

### Siembra

Posterior a la aclimatación los camarones, ahora juveniles de 30 días de edad y totalmente adaptados a concentraciones bajas de sal, fueron contados y sembrados en los estanques de engorde antes descritos a densidades de 25 camarones/m<sup>2</sup>. El procedimiento de siembra también se describe en la sección de procedimientos operativos en el cual se detalla cada actividad de este proceso.



Figura No. 6: Siembra de camarón juvenil en estanques de cultivo en Estación Experimental de Monterrico.

## Alimentación

El uso de los alimentos balanceados inició desde el momento mismo de la siembra en las que ya se procede a introducir a las piscinas, alimento balanceado granulado con el fin de alimentar el camarón y de fertilizar el agua. La cantidad de alimento suministrado durante las tres primeras semanas es mínimo y de esta cantidad, una parte es asimilada por el animal y otra por las algas, de tal forma que no afecta el fondo de los estanques. Pasada ésta etapa, dicha condición debe cambiar porque la cantidad de alimento a enviar a la piscina aumenta enormemente ya que se llega a una biomasa crítica que va de 300 a 500 libras por hectárea, entonces se acude a la utilización de tablas de alimentación para llevar un mejor control del alimento a proporcionar.

En las siguientes semanas el alimento balanceado requerido fue mayor por la cantidad de biomasa en el estanque, por lo tanto la población de fitoplancton tendió también a aumentar por la aportación de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) del alimento no consumido lo cual hace que el requerimiento de oxígeno del mismo sobrepase a su producción por fotosíntesis, por lo que el oxígeno se vuelve un factor limitante.

Durante bajas de oxígeno no es conveniente alimentar porque esto constituye un factor de stress ante el cual el camarón no se alimenta, además de que el alimento aplicado por ser una fuente de nitrógeno, en condiciones anóxicas tiende a producir mayor cantidad de amonio en el .suelo.

Durante el desarrollo del cultivo como tal, se utilizó alimento comercial para camarones Camaronina- con 30% de proteína cruda en intervalos de 4 horas diariamente, en horarios pre-establecidos (8:00, 12:00 y 16:00 h). El proceso de tipo complejo para el manejo de alimento se describe en el área de anexos en procedimientos operativos.

Cuadro No. 1: Programa de alimentación durante el cultivo de camarón marino.

PROGRAMA DE ALIMENTACION					
EDAD SEMANAS	PESO ESTIMADO	SOBREVIVENCIA ESTIMADA	GRAMOS ALIMENTO POR DIA	FCA	TIPO DE ALIMENTO
1	0.058	95.00	0.0467	5.1	Inicio 35%
2	0.115	90.00	0.0857	6.9	Inicio Mix 35%
3	0.615	89.30	0.1086	2.4	Inicio Mix 35%
4	1.215	88.70	0.1367	1.9	Crecimiento 30%
5	1.915	88.10	0.1560	1.8	Crecimiento 30%
6	2.815	87.50	0.1780	1.5	Crecimiento 30%
7	3.815	86.80	0.1790	1.5	Crecimiento 30%
8	4.915	86.20	0.1879	1.4	Finalizador 30%
9	6.015	85.60	0.2106	1.4	Finalizador 30%

10	7.119	85.02	0.2350	1.4	Finalizador 30%
11	8.219	84.40	0.2466	1.4	Finalizador 30%
12	9.319	83.78	0.2703	1.4	Finalizador 30%
13	10.419	83.16	0.2929	1.4	Finalizador 30%
14	11.519	82.53	0.3110	1.5	Finalizador 30%
15	12.619	81.91	0.3156	1.5	Finalizador 30%
16	13.719	81.29	0.3293	1.6	Finalizador 30%
17	14.819	80.47	0.3409	1.6	Finalizador 30%

### Recambios de Agua

Los recambios de agua fueron poco frecuentes debido a la buena calidad del agua y de manejo. Los recambios oscilaron en valores que variaron entre 5 y 10% del volumen total de agua. Además, se realizaron actividades de limpieza de fondos bajo el sistema denominado de “sifoneo” con la intención de eliminar los sólidos y materia orgánica acumulada en el fondo, consiguiendo de esta manera buenas condiciones de calidad de agua y fondo para los organismos bajo cultivo.



Figura No. 7: Recambios de agua.

### Evaluación de crecimientos, sobrevivencia y producción

Cada semana, se colectaron aleatoriamente 50 camarones de cada uno de los estanques, con el fin de registrar su peso y el crecimiento. Después de 100 días de cultivo, se procedió a cosechar los estanques para estimar el peso total producido (Biomasa) y el número de individuos al final de ciclo, de todos los estanques cultivados, se determinó la cantidad total de alimento suplementario utilizado para cada estanque evaluado. Con estos datos se estimó la sobrevivencia expresada en (%), la tasa de crecimiento expresado en (g/semana), producción ( $\text{kg/m}^2$  o  $\text{kg/ha}$ ) y factor de conversión alimenticia (FCA).

Para evaluar los índices de crecimiento, se tomó semanalmente una muestra poblacional, estadísticamente representativa, de los estanques bajo cultivo, con una atarraya elaborada con hilo de 0.20 mm y un radio de 1.10 m, para un área total de 3.80 m. Luego el camarón fue trasladado en bolsas numeradas al área de pesado con una balanza digital para poder estimar el peso promedio de los

organismos capturados. Dependiendo del coeficiente de variación (< de 5%) entre los pesos individuales, se determinó si la piscina o estanque debía ser re-chequeado para obtener un dato estadísticamente válido. Este valor representó el crecimiento observado para cada una de las semanas de cultivo y con este valor se determinó el índice de crecimiento semanal promedio. El cálculo del mismo se realizó para cada uno de los estanques y se evaluó de manera permanente durante toda la fase de cultivo. Además, el dato de peso promedio semanal sirvió para el ajuste semanal de la cantidad de alimento que fue adicionada a cada estanque, ya que la cantidad de alimento requerida por cada organismo se calculó en base al peso vivo de cada organismo



Figura No. 8: Evaluación de crecimiento por talla.

### **Evaluación de variables físicas y químicas del agua y análisis de iones mayores.**

De cada estanque se registro dos veces por día (08:00 – 16:00 h) temperatura, oxígeno disuelto (OD), pH y salinidad, para ello se utilizo un termómetro de mercurio estándar, un oxímetro YSI (Yellow Springs Instruments) y un potenciómetro Hanna (Hanna Instruments), respectivamente. En el caso de la salinidad se evaluó con un refractómetro.

Quincenalmente se tomaron muestras de agua de cada unos de los estanques para analizar la concentración de nitritos, nitratos y amonio con los métodos propuestos por Arredondo-Figueroa y Ponce-Palafox (1998).

También, durante el desarrollo experimental de todos los tanques se les realizaron evaluaciones intermitentes de concentraciones de oxígeno disuelto (OD) y amonio, con la finalidad de mantener niveles adecuados de calidad de agua y hacer las correcciones de ser necesario a través de recambios de agua.

Finalmente, para los estudios de la composición y balance iónico del agua se tomaron muestras representativas durante el desarrollo del ciclo de cultivo, en

volúmenes de 500 – 1000 ml para cada una de las fuentes de agua y se enviaron a un laboratorio especializado de referencia con la finalidad de analizar la contracción de los iones mayores (bicarbonatos, cloro, sulfato, calcio, magnesio, potasio y sodio). Las muestras de agua para análisis de perfil iónico tuvieron cambios respecto a la frecuencia de toma de muestras de 15 días según propuesta original a 45 días, esto debido a la estabilidad reportada en las primeras evaluaciones.



Toma de muestras parámetros físicos, *in situ*

Toma de muestras para análisis de laboratorio

Figura No. 9: Evaluación de variables físico y químicas del agua de cultivo.

A continuación se presenta un resumen de las condiciones de manejo para este tipo de cultivo considerando la poca experiencia en nuestro país con estos sistemas.

Cuadro No. 2: Condiciones del cultivo para Guatemala.

FACTOR	CONDICIONES
Rango en la Densidad de siembra	18 – 25 Pls/m <sup>2</sup>
Calidad de larva a sembrar	Negativa a enfermedades virales y bacterianas
Áreas de Cultivo	1000 – 10,000 m <sup>2</sup>
Profundidades promedio del estanque	1.10 – 1.50 m
Sistemas de soporte	Abastecimiento de agua de pozo con tuberías de 3 – 8 pulgadas.  Sistemas de bombeo con bombas de capacidades de 5 – 20 hp

	Sistemas de aireación de soporte opcional después de superar densidades de siembra de 25 Pals/m <sup>2</sup> (20 hp/ha)
Alimentación natural	opcional
Alimentación artificial	obligada
Normas de bioseguridad	obligadas
Épocas de cultivo definidas por condiciones ambientales	Definidas por condiciones ambientales: a) Estación lluviosa (mayor tasa de crecimiento) b) Temperatura (presencia de enfermedades virales)

### 6.3 INSTRUMENTOS

#### Infraestructura

La estación experimental del CEMA se encuentra ubicada en el departamento de Santa Rosa, en la aldea Monterrico del municipio de Taxisco. La estación se encuentra aproximadamente a cien metros de la calle principal, sobre la carretera que va hacia la Curvina, el área de la estación es de 15 manzanas, de las cuales solamente se utiliza con fines de producción un 10%, siendo el resto bosque espinoso. La topografía del terreno es casi plana, siendo la altura máxima de 10 msnm y la mínima 0 metros.

El estudio se realizó en estanques de tierra recubiertos de plástico salinero, de forma rectangular para el cultivo y circular para la recepción y aclimatación de la larva de laboratorio (la misma tecnología utilizada para la producción de tilapia en el área rural de Guatemala). Cada estanque se trabajó con profundidades entre 1.20 y 1.50 m, y áreas no menores 300 m<sup>2</sup>. Además, se dispuso de una entrada y salida de agua independiente para cada estanque. Se adjuntan en la sección de anexos fotografías y planos de las áreas e infraestructura de los sitios de prueba.

#### Área productiva

Cuenta con cuatro líneas de producción como sigue:

#### Área de engorde:

Esta área cuenta con una batería de ocho estanques, tres de ellos de 150 m<sup>2</sup>, dos de 1,380m<sup>2</sup>, uno de 100 m<sup>2</sup> otro de 540m<sup>2</sup> y uno de 1,728 m<sup>2</sup>, en estos estanques se engorda alevines de tilapia gris *Oreochromis niloticus* y larvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. En esta área se lleva a cabo el engorde de tilapia en seis meses y el de camarón en tres meses, generalmente se cultiva tilapia en cinco estanques y en los otros tres camarón blanco *Litopenaeus vannamei* de la forma tradicional en agua salada.



Figura No. 10: Estanques de engorde Estación Experimental Monterrico.

**Área de producción de larvas de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*.**

Esta área mide aproximadamente 120 m<sup>2</sup>, posee seis tinacos de 700 litros con aireación y temperatura controlada.



Figura No. 11: Instalaciones de laboratorio Estación Experimental Monterrico.

**Área de piletas.**

La estación experimental cuenta con 22 piletas de cemento, de las cuales 20 tienen una capacidad de 8,000 litros de agua y dos de 16,000 litros de agua cada una, aquí se lleva a cabo el descanso de los reproductores de camarón de agua dulce y la reproducción de los mismos, también hay apareamiento de tilapia gris, con el objetivo de obtener alevines GMT (genéticamente machos) para la venta y siembra de organismos en el área de engorde.



Figura No. 12: Área de piletas Estación Experimental Monterrico

### **Fuentes y abastecimiento de agua**

Para la realización de la prueba experimental utilizando agua dulce se construyó un pozo de 20mts de profundidad y la instalación de un sistema de bombeo con una bomba de 20 Hp y tubería de 6" de diámetro que consistieron en la fuente de agua para llenado de estanques y recambios.

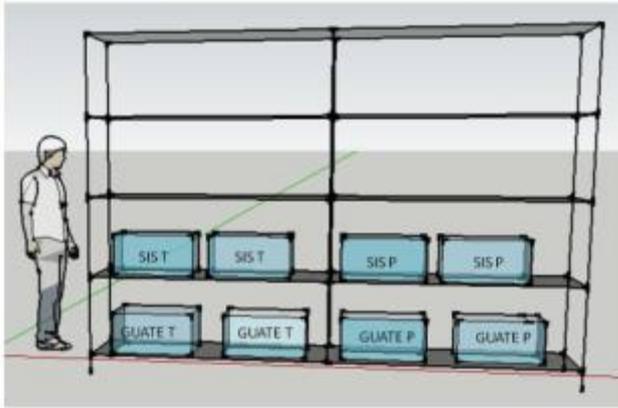


Figura No. 13: Estación de bombeo agua dulce.

### **Diseño Experimental**

Los experimentos para esta investigación fueron diseñados para comparar el efecto del agua dulce sobre índices de sobrevivencia, crecimiento y conversión alimenticia en juveniles de camarón marino *Litopenaeus vannamei.*, en un sistema de cultivo tipo comercial en agua dulce o de baja salinidad a una densidad de 25 camarones/m<sup>2</sup> en estanques de tierra recubiertos de plástico salinero.

Las pruebas se realizaron en 2 áreas cuyas características del agua tenían diferente perfil iónico y se usaran 2 unidades experimentales en cada una de las áreas que funcionaron como sistemas independientes. Se asignó aleatoriamente 1 replica para cada uno de los tratamientos. Como control o testigo se cultivó camarón en agua marina (32.0 + 0.5 g/l de sal) bajo las mismas condiciones de los tratamientos en agua dulce o de baja salinidad.



- Se establecieron 2 unidades experimentales con diferente perfil iónico del agua que funcionaron como unidades independientes y aleatoriamente se les asignó una réplica
- Como control se cultivó camarón en agua salada bajo las mismas condiciones de los tratamientos con agua dulce
- Variable independiente:
  - Salinidad
- Variable dependiente:
  - Supervivencia
  - Tasa de crecimiento
  - FCA
  - Rendimiento

Figura No. 14: Resumen del diseño experimental

### **Análisis Estadístico**

Se utilizó como herramienta para el análisis de las variables evaluadas la Estadística Descriptiva e Inferencial (Correlación y Regresión), que permitieron establecer la relación entre el cambio del ambiente de cultivo -de agua marina a agua dulce- del camarón marino *Litopenaeus vannamei* y variables de supervivencia, tasa de crecimiento y factor de conversión alimenticia.

### **Análisis de la información**

Las variables incluidas en el estudio: oxígeno disuelto (mg/l), temperatura (°C), salinidad (ppm), supervivencia, crecimiento en peso (g) y factor de conversión alimenticia y elementos mayores en el agua serán tabuladas en formatos digitales para facilitar su análisis.

Las variables temperatura, oxígeno disuelto y salinidad se registraron diariamente con objeto de elaborar los reportes de parámetros de calidad de agua. Se registraron 2 mediciones diarias de oxígeno disuelto (mg/l) y temperatura (°C) a las 06:00 y 18:00, horas (oxigenómetro YSI) que se denominarán OD1, OD2 y T1 y T2 respectivamente.

Para la salinidad (ppm) durante el proceso de aclimatación se realizó una medición después de cada adición de agua dulce durante los 15 días que duró esta actividad y posteriormente durante el ciclo de engorde se hizo una medición diaria a las 11:00 horas (refractómetro). Las mediciones de los parámetros de calidad de agua y las muestras de agua que se enviaron a los laboratorios especializados de referencia se tomaron en la compuerta de salida del estanque a una profundidad aproximada de 35-40 cm, e igualmente se registraron en tablas de tabulación previamente diseñadas.

Las variables crecimiento en peso (g) fueron tomadas y reportadas semanalmente y se elaboró un reporte digital de crecimiento con los datos

definidos en las tablas de registro.

La tasa de crecimiento (K) por estanque, es decir, la velocidad con que el camarón crece, utilizando una variación del modelo de Von Bertalanffy (1938) en Cadmia (2003) conocida como "Ecuación de Richards". Esta ecuación nos permitió calcular el crecimiento en peso individual  $W_t$ .

La "Ecuación de Richards" simplificada para peso es:

$$W_t = W_{\infty} \times [1 - e^{-kx(t-t_0)}]^b$$

Donde,

T= edad

$t_0$ = edad de siembra (inicio de la fase explotable)

$W_t$ = peso medio individual a la edad t

$W_{\infty}$ = peso asintótico

b= constante de crecimiento

Para analizar y calcular los factores biométricos se usaron las siguientes fórmulas:

Población= Densidad \* Área Total ( $m^2$ )

Biomasa = Población \* Peso Promedio (g)

Ración por día (kg) = Biomasa \* Factor de Alimentación (%) en función del peso vivo.

Factor de Conversión Alimenticia = Total de Alimento Consumido (kg)/Total Biomasa producida (kg).

Para estimar la sobrevivencia:

Para obtener la sobrevivencia final se realizaron 3 estimaciones de la población,

1ra. Estimación:

Al momento de comprar las postlarvas se realizó el siguiente protocolo de conteo:

- a) Se tomaron 5 muestras de 100 mililitros por cada tina de conteo.
- b) Se contó cada muestra.
- c) Después de realizados los conteos se analizaron estadísticamente a través del coeficiente de variación.
- d) Se procedió al cálculo a través de la siguiente fórmula.

Formula:

$$\text{Número Total de Postlarvas} = (\text{Valor promedio de conteos}) * (\text{Volumen alícuota (ml)} * 200)$$

2da. Estimación

Después de finalizada la etapa de Aclimatación de 15 días. Este es el dato que sirvió para estimar la sobrevivencia final y se estimó de la misma manera en la que se estimó al momento de realizada la compra.

3ra. Estimación

Al final del ciclo de cultivo –cosecha-, estimándose en función del peso total cosechado, el peso promedio del camarón y humedad

$$\text{Población Final} = \frac{(\text{Peso Vivo (kg)}) - (\text{Porcentaje de Humedad}) * 1000}{\text{Peso Promedio (g)}}$$

Sobrevivencia

La sobrevivencia se estimó a partir del segundo dato poblacional después de la aclimatación y el dato poblacional al momento de la cosecha.

Formula:

$$\text{Sobrevivencia \%} = \frac{\text{Total de Organismos al Final de la Cosecha} * 100}{\text{Total de Organismos sembrados}}$$

## **VII. Hipótesis**

Biológica y técnicamente es posible cultivar camarón marino *Litopenaeus vannamei*, en agua dulce o de baja salinidad.

### **Variable dependiente**

Salinidad

### **Variable independiente**

Sobrevivencia, crecimiento y factor de conversión alimenticia de la especie *Litopenaeus vannamei*.

### **Indicadores**

Densidad de siembra  
Parámetros físico-químicos del agua  
Cantidad de Alimento Consumido  
Crecimiento talla y peso  
Costo de producción  
Rentabilidad

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

Davis y col. [6] establecen que, a pesar de que las técnicas del cultivo de camarón en agua de mar son bien conocidas, estas no son aplicables necesariamente al cultivo en agua dulce -de pozo- y que dos aspectos deben ser considerados para que estos cultivos tengan éxito: 1) la identificación de fuentes de aguas con perfiles adecuados en cuanto a la composición iónica y 2) el desarrollo de técnicas apropiadas de aclimatación de las postlarvas.

En el cuadro No. 3, se presentan los parámetros físico-químicos del agua obtenido en esta experiencia. Durante el cultivo, los registros sobre el control diario indican rangos de temperatura de 27,5 a 32 grados °C, oxígeno disuelto 4,2 a 9,0 mg/L y salinidad de 1,5 a 2,5. Los intervalos ideales de temperatura y oxígeno para la camaronicultura en agua dulce son 28 -32 °C y de 4 a 9 mg/L, respectivamente (34). Registros inferiores a 4 mg/L de oxígeno disuelto fueron observados especialmente en las horas de la madrugada entre las 04:00 y 07:00 horas. Respecto al pH, este se mantuvo ligeramente neutro dentro de los rangos óptimos. De los datos anteriores que se reportaron durante este estudio de los principales parámetros físico químicos del agua, se puede decir que cumplen con los requerimientos para establecer un cultivo de *L. vannamei* en agua dulce tierra adentro [3].

Cuadro No. 3: Datos de calidad de agua durante el cultivo.

PARAMETRO	VALORES OBSERVADOS	RANGOS RECOMENDADOS (Boyd and Tucker, 1992)
Salinidad (ppt)	1,5 ± 1,0	5,0 - 35,0
pH	7.8 ± 1,0	7,0 - 8,3
Temperatura (°C)	27,5 + 4,5	28,0 - 32,0
Oxígeno Disuelto (mg/L)	4,2 + 5,0	4,0 - 9,0
Amonio (NH <sub>3</sub> ) (mg/L)	0.001 ± 0,001	< 0,02
Nitrito (NO <sub>2</sub> -) (mg/L)	0,05 ± 0,001	< 1,0

El cuadro No. 4, presenta los datos de calidad de agua obtenidos en esta experiencia de cultivo de camarón en agua dulce y su comparación con los rangos recomendados para el cultivo del *Litopenaeus. vannamei* en agua dulce. Los resultados del análisis de calidad del agua de pozo en el presente estudio, registraron valores de dureza total promedio de 317 mg/L, que se encuentran entre los intervalos recomendados. Marcillo [12] indica que *Litopenaeus. vannamei* puede ser cultivado en agua dulce, siempre y cuando hasta que presente la dureza necesaria y el correcto balance mineral. Por su parte, Boyd y col. [3] establecen que, el camarón requiere concentraciones específicas de los principales aniones: bicarbonatos, sulfatos y cloruros, así como de los principales cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio. Estos autores recomiendan determinar la

concentración de estos iones y posteriormente compararlos con perfiles de aguas que han tenido éxito en este tipo de cultivo. Una alta dureza, sustituye las carencias del agua de mar supliendo las sales marinas, evitando que el animal sufra de depresión intraosmótica. Granjas en Colima, México reportan rangos de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  entre 350 y 600 mg [3]. Asimismo, en experimentos de cultivo de *Litopenaeus. vannamei* con agua de pozo en el sur de Estados Unidos, indican que es probable que valores menores en la dureza total del agua de 300 mg/L disminuya la supervivencia de las postlarvas según Laramore y Scarpa [8].

La alcalinidad promedio del agua de pozo dulce utilizada en este trabajo fue de 167 mg/L, lo cual indica que se encuentra también dentro de los rangos adecuados ( $> 120$  mg/L), lo que pudiera atribuirse a las condiciones climatológicas y físicas de la zona de estudio. La alcalinidad (que reemplaza al agua salada) recomendada para el cultivo de camarones debe poseer entre 120 y 200 mg/L [3]. En regiones semiáridas, la concentración de iones en el agua debido a una alta evaporación puede conducir a una alta alcalinidad [14]. Boyd y col. [7] señalan que, en cultivos empleando agua de pozo con alta alcalinidad en Tailandia, se ha observado la precipitación de carbonato de calcio, la cual puede formar incrustaciones dañinas en las postlarvas. Por otro lado, suelos limosos o arcillosos generalmente contienen altas cantidades de carbonato de calcio con altos niveles de alcalinidad, en contraste con suelos arenosos [3]. El nivel de cloruros registrado de 465 mg/L fue otro parámetro importante a destacar [12] y [16] sugieren como concentraciones recomendadas, niveles superiores a los 300 mg/L. Resultados del engorde de *Litopenaeus. vannamei* sin suplementos iónicos en EUA, produjeron ejemplares de 18 a 23 g en aguas con altos niveles de cloruros (700 mg/L) y altos niveles de dureza (500 a 700 mg/L) [8].

Varios autores [3, 8, 14] señalan que, además del oxígeno y la temperatura, los niveles de dureza (calcio y magnesio), alcalinidad, sodio y cloruros son críticos bajo condiciones de baja salinidad. El efecto de estos minerales puede ser decisivo porque participan directamente sobre la osmoregulación, en la muda y formación de exoesqueletos. Los autores señalados concuerdan, en que si bien la presencia de todos estos iones es importante, las proporciones entre las concentraciones de los diferentes iones pueden aumentar o disminuir la supervivencia de los camarones. En aguas de baja salinidad, a diferencia del agua de mar, el calcio y magnesio pueden ser limitantes y retardar el crecimiento generando animales con exoesqueletos blandos y con dificultades para mudar. Como se observa en el cuadro No. 4, el contenido de  $\text{CaCO}_3$  en el agua está dentro del rango aceptable de 317 mg/L, favoreciendo la disponibilidad de este mineral para los procesos fisiológicos de muda. Con respecto al potasio, bajos niveles (60 ppm) y altos niveles de sodio (145 ppm), resulta en un aumento en la supervivencia [8]. Como puede observarse en el cuadro No. 4, esta proporción se encuentra en el agua de pozo utilizada en esta investigación, bajas concentraciones de potasio 22,5 mg/L y altas de sodio 465 mg/L. Asimismo, las concentraciones de los principales iones se encuentran dentro de los valores recomendados para el cultivo de *L. vannamei* a baja salinidad.

Cuadro No. 4: Análisis comparativo de perfiles iónicos en el agua

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS 1er. PERFIL IÓNICO				RESULTADOS 2do. PERFIL IÓNICO			Parámetros Químicos Utilizados en Acuicultura		RESULTADOS	
		Est1- Manantial	Est- 1.4	Est- 1.6.7	Est-3	Est- 1.4	Est- 1.6.7	Est-3	Agua Dulce	Agua Salada	Agua	Agua
	DE	Agua Dulce	Agua Dulce	Agua Dulce	Agua de Mar	Agua Dulce	Agua Dulce	Agua de Mar	Agua Dulce	Agua Salada	Estuarina	Mar
	MEDIDA											
Manganeso, Mn	mg/l	0.024	0.12	0.033	0.17	0.091	0.024	0.275	0.00 - 0.02	0.00 - 0.04	< 0.02	< 0.02
Sodio, Na	mg/l	69	452	581	6,300	319	508	5,880	20 - 100	6,000 - 10,500		
Silicio, SiO <sub>2</sub>	mg/l	59	49	43	25	48	42	24	40 - 50	5 a 20		
Dureza Total, CaCO <sub>3</sub>	mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	104	393	462	5,360	163	248	3,870	125 - 590	5700 - 6600		
Calcio, CA	mg/l	16	37	31	376	23	23	561	10 a 40	350 - 450	256	320
Magnesio, MG	mg/l	16	73	93	1,073	25	46	600	25 - 120	1,200 - 1,350	1320	2320
Potasio, K	mg/l	3.6	21	26	74	18	25	240	10 a 15	375 - 400	294	426
Alcalinidad por Bicarbonatos	mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	84	176	156	128	183	153	118	10 a 60	50 a 150		
Alcalinidad Total	mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	84	176	156	128	183	153	118	10 a 60	50 a 150		
Zinc, Zn	mg/l	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.26	0.2 - 4.0	0.03 - 4.6	3	< 0.10
		5	8	8	8	8	9	8				
		10	10	10	10	10	10	10				
		50%	80%	80%	80%	80%	90%	80%				

Fecha de Muestreo 1: 18-Mayo-2011

Fecha de Muestreo 2: 14-Julio-2011

El segundo aspecto o factor más importante en el cultivo del *Litopenaeus vannamei*, utilizando agua dulce es la aclimatación de las postlarvas. Por lo general, las postlarvas de esta especie proceden de laboratorios comerciales y transportadas hasta las áreas de cultivo en aguas con salinidades superiores a los 15 ppt. En consecuencia, para resolver este primer problema, cualquier intento de producir camarón marino en agua dulce debe superar esta primera etapa de aclimatación de las postlarvas a las salinidades, y más importante aún, a los perfiles iónicos de las aguas del estanque de engorde, en agua dulce.

El período de tolerancia a los cambios de salinidad para la mayoría de las postlarvas de Peneidos se ubica entre PI-10 y PI-40 según lo indica Rosas y col [15] limitando así, el período en el cual las postlarvas se pueden mantener antes de la aclimatación y luego engordarlos en estanques, utilizando agua de pozo con baja salinidad.

El proceso de aclimatación de las postlarvas, en el presente trabajo duró para los ciclos de cultivo uno y dos, 76 y 96 horas respectivamente. Durante el proceso de aclimatación pasaron de estadio PI 12 a PI 15. Durante este período se logró disminuir la salinidad de 20 ppt hasta 2 ppt, a una tasa de intercambio de 1 ppt cada 5 horas. Autores reportan una aclimatación exitosa en aguas de baja salinidad a una

relación de 1,5 ppt cada hora Balbi y col. [1]. Una tasa de intercambio de 4 ppt por hora. La aclimatación se logró con menor tiempo en relación a un estudio realizado en Cuba, donde se logró la aclimatación *del Litopenaeus schmitti* en 5 días, intercambiando la mitad del volumen de agua dos veces por día hasta llegar un valor de 0 ppt de salinidad. Períodos más largos se reportan en México donde la adaptación al agua dulce de *L. vannamei* puede tardar de 8 a 10 días [6].

El porcentaje de supervivencia, desde el traslado hasta el final de la aclimatación, en el presente estudio fue de 80%, calificado como bueno considerando los resultados que se obtienen en cultivos convencionales con esta especie en agua salada o salobre donde la sobrevivencia puede ser de 90% y la aclimatación puede durar un máximo de 6 horas en contraste con el proceso de aclimatación para un cultivo en agua dulce que puede durar hasta 10 días.

Cobo y col. [5] establecen que en general, el tiempo que consume el transporte y la densidad parecen no afectar la supervivencia de PI 12 después del proceso de aclimatación y que la edad de la postlarva si parece ser importante, ya que en términos generales postlarvas de más edad presentan mejores sobrevivencias respecto a Postlarvas de menor edad.

En el cuadro No. 5, se presentan los índices de sobrevivencia para la etapa de aclimatación y la etapa de engorde. El porcentaje de supervivencia final promedio de 80% en la fase de engorde, resultó superior al alcanzado en Brasil de 45,85%, empleando densidades muy similares (30 Postlarvas/m<sup>2</sup>) y bajo condiciones de baja salinidad. Es interesante observar también como los resultados superan lo reportado por Lira y col. [11] *para Litopenaeus vannamei* de 58,5% en sistemas semi-intensivos y con agua de mar en el noreste de Brasil. Estos resultados de porcentaje de supervivencia con postlarvas provenientes de un programa de selección genética parecen concordar con Jory [7], quién indica que el origen biológico y las condiciones nutricionales influyen en la calidad de las postlarvas. Como señalo anteriormente, el porcentaje de supervivencia, desde el traslado hasta el final de la aclimatación, en este estudio fue de 80%. Un aspecto importante sobre la supervivencia alcanzada, [6] cuando analizando diferentes fuentes de agua de baja salinidad para el cultivo de *Litopenaeus vannamei*, señalan que las aguas con características adecuadas para la aclimatad un de las postlarvas, también fueron adecuadas para la supervivencia de los juveniles.

En relación a las posibles causas de mortalidad reportadas, podría mencionarse que la alta mortalidad en una de las áreas de prueba en el departamento de Escuintla y que resulto en la decisión de abortar la prueba, fueron provocadas por la incompatibilidad del perfil iónico del agua, principalmente por no cumplir con los rangos requeridos en valores de dureza, alcalinidad y potasio, parámetros fundamentales que suplen los requerimientos de sales o bases de un sistema de cultivo en agua dulce, y el potasio que rige funciones biológicas vitales para la

sobrevivencia de los organismos. Para el caso de las pruebas realizadas en el departamento de Santa Rosa en la Estación Experimental de Monterico las mortalidades que no superaron el 20% en la fase de engorde, son consideradas normales, dentro del rango de mortalidad natural que ocurre en un sistema de cultivo de este tipo.

**Cuadro No. 5. Índice de sobrevivencia en etapas de aclimatación y engorde**

ETAPA	AREA DE INVESTIGACION	MEDIO	RESULTADOS
Aclimatación	Santa Rosa	Agua dulce	80%
Aclimatación	Escuintla	Agua dulce	80%
Engorde	Santa Rosa	Agua dulce	85%
Engorde	Santa Rosa	Agua salada	85%
Engorde	Escuintla	Agua dulce	20%

Lester y Pante [9] indican que una baja salinidad puede favorecer el crecimiento de los camarones mantenidos en condiciones de temperatura alta (como la observada en este trabajo) y altas tasas de alimentación. El crecimiento de las postlarvas pudiese ser más afectado a salinidades mayores a 40 ppt que a salinidades entre 20 y 10 ppt. El peso final alcanzado y el crecimiento semanal promedio de los ejemplares de *Litopenaeus vannamei* cultivado en agua dulce de pozo se presenta en el cuadro o. 8. Los pesos finales alcanzados fueron de 9,82 ( $\pm$ ) 1,15 g a los 100 días promedio de cultivo.

Estos resultados son comparables con los obtenidos en Panamá con ejemplares de *Litopenaeus vannamei*, que alcanzaron pesos de 13 g a los 93 días en el cultivo utilizando agua de río. Mientras que en Ecuador [14] señalan mejores resultados con ejemplares de 15 g luego de 3 meses de cultivo. El crecimiento semanal promedio varió entre 0,65 y 0,72 g/semana con un promedio de 0,685 g La diferencia es 0,125 g superior al alcanzado en el control bajo condiciones normales de cultivo en agua salobre. Experimentos bajo condiciones similares en Brasil que reportan 0,60 g/semana [17], y a los promedios registrados en Ecuador de 0,67 ( $\pm$ ) 0,15 g/semana [12]. El crecimiento de las postlarvas de *Litopenaeus vannamei* depende de la edad a la que se siembra, postlarvas jóvenes de 0,05 g presentan una tasa de mayor crecimiento que postlarvas sembradas a mayor edad [8]. Los resultados revelan que el crecimiento semanal (g) discutido anteriormente, se mostró muy parecido al peso proyectado según la tabla de alimentación diseñada para este tipo de cultivo en agua dulce y que toma como referencia crecimientos promedios para esta especie cultivada en un medio salino o salobre, lo cual corrobora lo que señalan Molina y col. [13], que durante las primeras etapas de

desarrollo, el crecimiento es más rápido y disminuye exponencialmente a medida que el animal se acerca a la madurez. Afirman estos autores que el crecimiento de los camarones Peneidos durante los primeros días después de la siembra, puede alcanzar 12-15% diario y se reduce a 1-2% durante las etapas finales. En este estudio los crecimientos diarios para la primera semana fueron de 9.5% diario en las primeras 4 semanas y 1.2% en la última semana de cultivo.

Además, en los gráficos y análisis de dispersión de peso/talla se presentan comportamientos en algunos casos atípicos en los estanques utilizados para realizar las pruebas en agua dulce, específicamente en los muestreos 3, 5 y 6. Sin embargo el mismo comportamiento se observó en el estanque control, este estanque control mostró el mismo comportamiento atípico en los muestreos previamente referidos. Esta amplia distribución de peso/talla es más frecuente en las primera etapas del cultivo, debido en parte a la cantidad de alimento suplementado respecto al área total de cultivo, en donde algunos organismos tienen mayores probabilidades que otros de obtener el alimento suplementado y es un factor directamente relacionado con la cantidad, lugar y espacio que puede disponer cada organismo de mayor o menor cantidad de alimento en un momento dado. Este fenómeno se reduce a medida que el cultivo se desarrolla y puede corregirse haciendo aplicaciones de alimento con mayor frecuencia durante el día y haciendo más eficiente la dispersión del alimento sobre el espejo de agua.

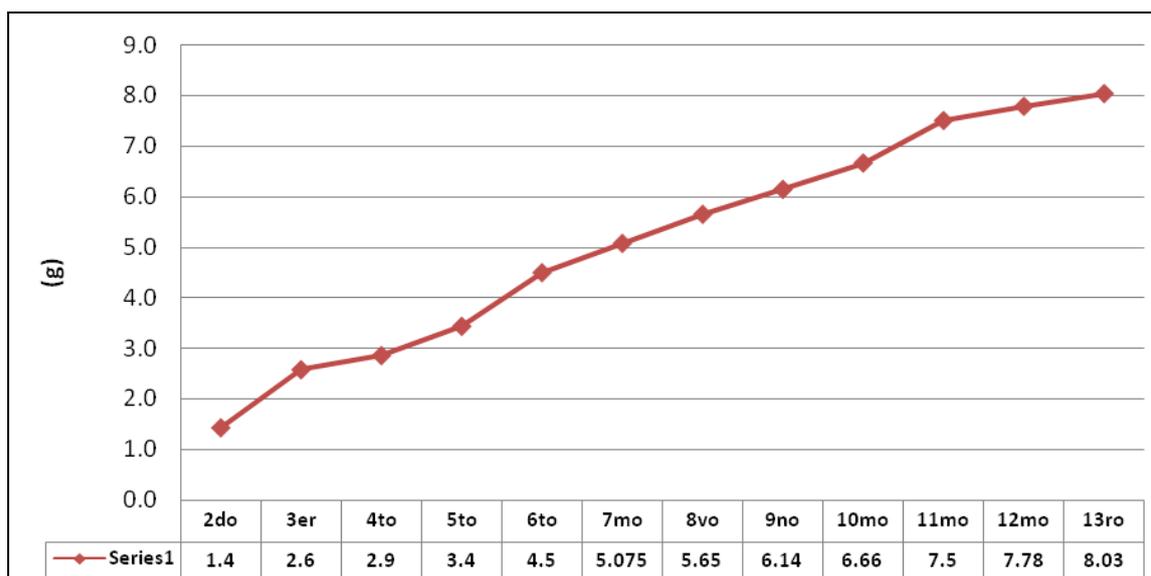


Figura No. 15: Gráfica resumen de crecimiento estanque No. 5, Control.

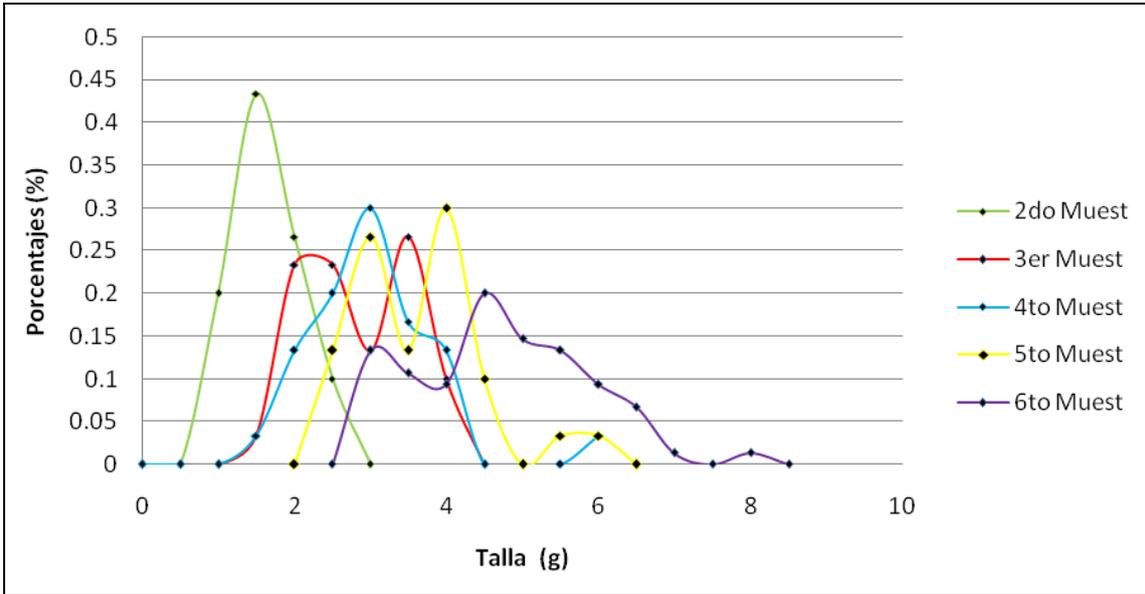


Figura No. 16: Gráfica dispersión de tallas estanque No. 5, Control.

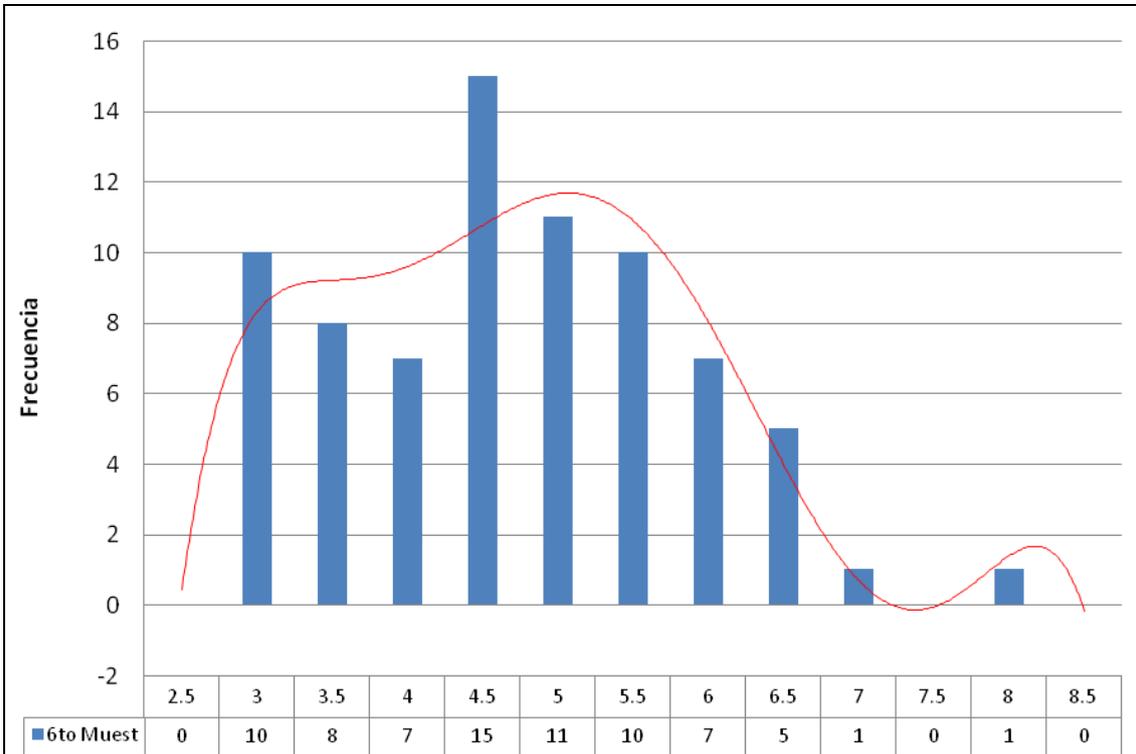


Figura No. 17: Histograma de tallas, estanque No. 5, Control

Cuadro No. 6: Análisis estadístico, estanque No. 5, Control.

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Dispersión</i>	<i>Muestreo</i>	
2.5	0	0%	<b>Media</b>	<b>4.50</b>
3	10	13%	<b>Error típico</b>	<b>0.1305</b>
3.5	8	11%	<b>Mediana</b>	<b>4.5</b>
4	7	9%	<b>Moda</b>	<b>4.3</b>
4.5	15	20%	<b>Desviación estándar</b>	<b>1.1304</b>
5	11	15%	<b>Varianza de la muestra</b>	<b>1.2778</b>
5.5	10	13%	<b>Curtosis</b>	<b>-0.2885</b>
6	7	9%	<b>Coefficiente de asimetría</b>	<b>0.2698</b>
6.5	5	7%	<b>Rango</b>	<b>5.2</b>
7	1	1%	<b>Mínimo</b>	<b>2.6</b>
7.5	0	0%	<b>Máximo</b>	<b>7.8</b>
8	1	1%	<b>Suma</b>	<b>337.3</b>
8.5	0	0%	<b>Cuenta</b>	<b>75</b>
		<b>100%</b>		

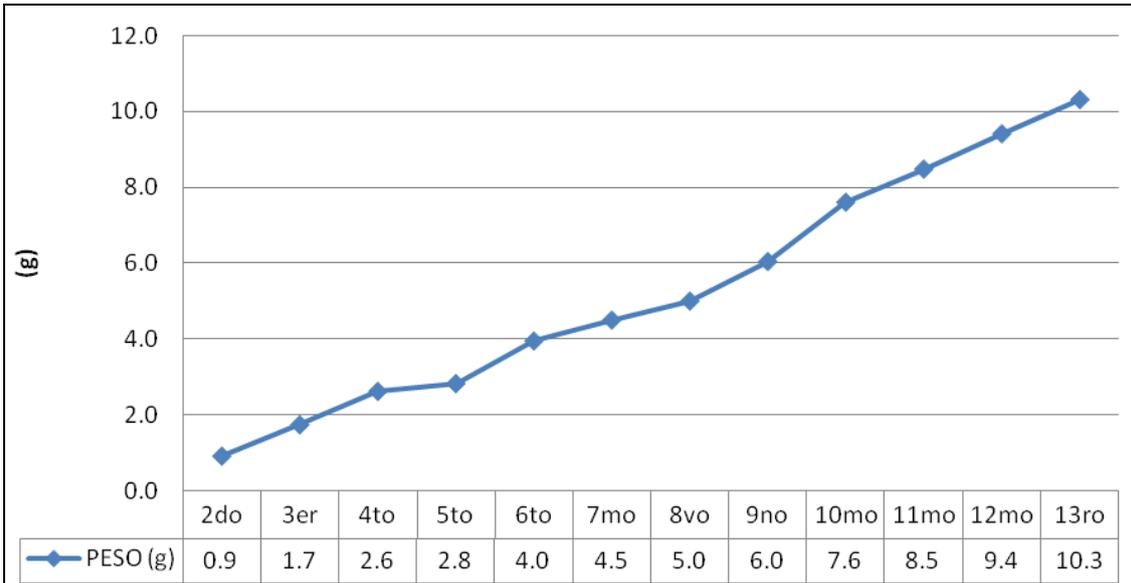


Figura No. 18: Gráfica resumen de crecimiento, estanque No. 6, Prueba

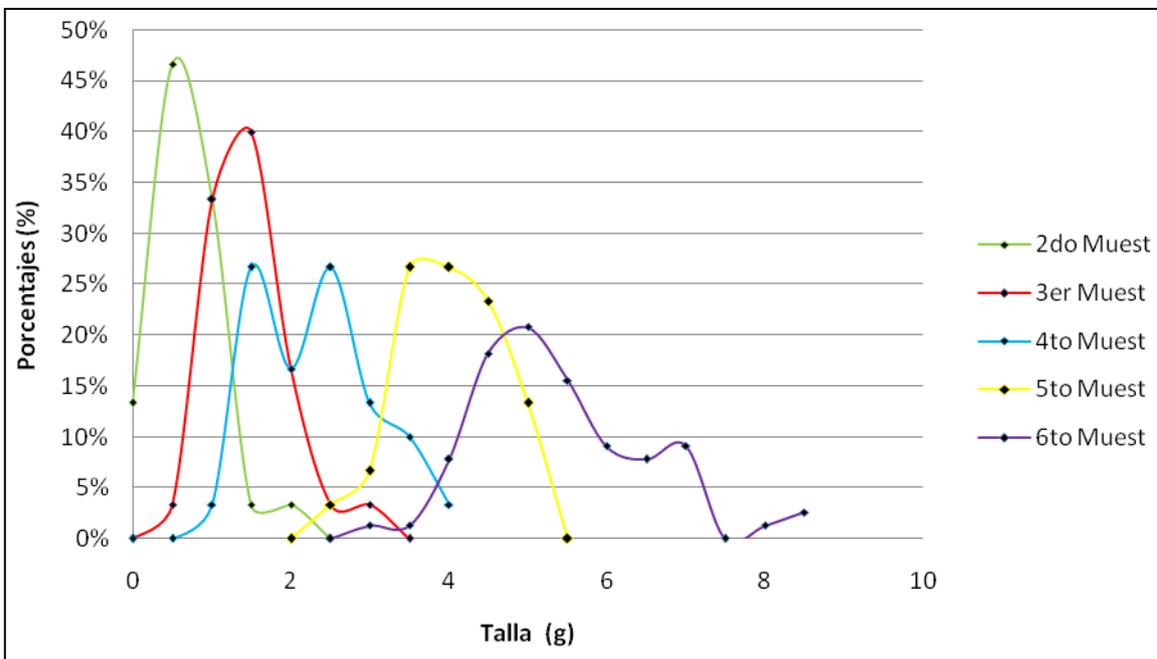


Figura No. 19: Dispersión de tallas estanque No. 6, Prueba.

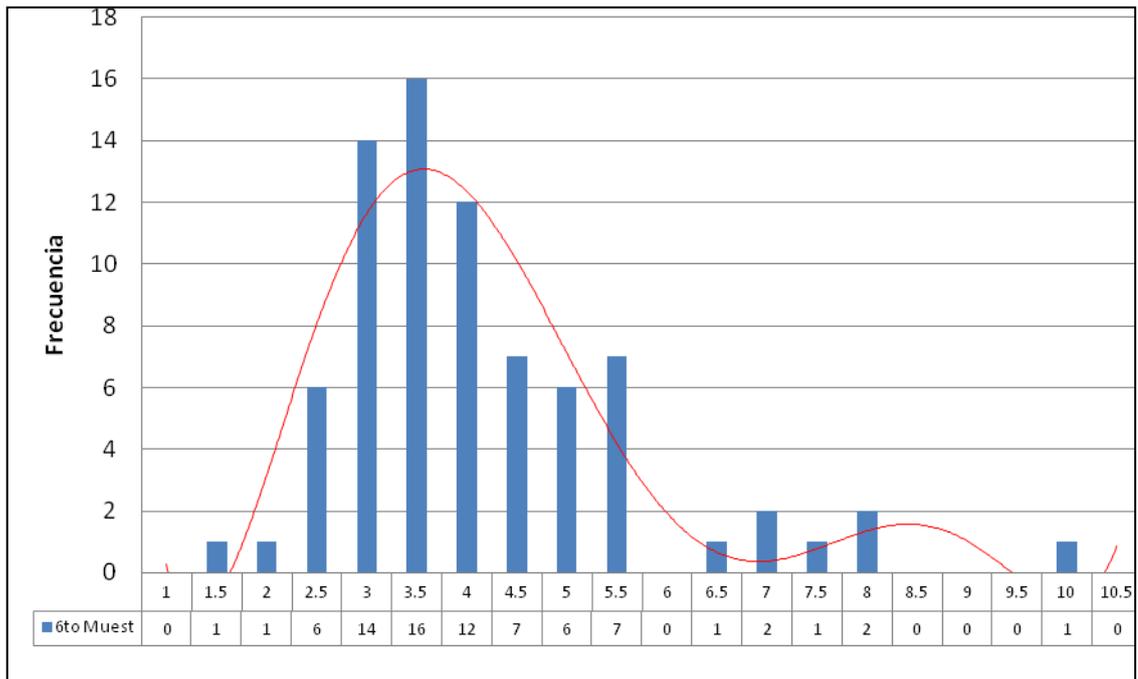


Figura No. 20: Histograma de tallas estanque No. 6, Prueba.

Cuadro No. 7: Análisis estadístico, estanque No. 6, Prueba.

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Dispersión</i>	<i>6to Muestreo</i>	
1	0	0%	<b>Media</b>	<b>3.95</b>
1.5	1	1%	<b>Error típico</b>	<b>0.1683</b>
2	1	1%	<b>Mediana</b>	<b>3.6</b>
2.5	6	8%	<b>Moda</b>	<b>3.6</b>
3	14	18%	<b>Desviación estándar</b>	<b>1.4764</b>
3.5	16	21%	<b>Varianza de la muestra</b>	<b>2.1799</b>
4	12	16%	<b>Curtosis</b>	<b>2.6534</b>
4.5	7	9%	<b>Coefficiente de asimetría</b>	<b>1.4448</b>
5	6	8%	<b>Rango</b>	<b>8.1</b>
5.5	7	9%	<b>Mínimo</b>	<b>1.5</b>
6	0	0%	<b>Máximo</b>	<b>9.6</b>
6.5	1	1%	<b>Suma</b>	<b>304.2</b>
7	2	3%	<b>Cuenta</b>	<b>77</b>
7.5	1	1%		
8	2	3%		
8.5	0	0%		
9	0	0%		
9.5	0	0%		
10	1	1%		
10.5	0	0%		
<b>100%</b>				

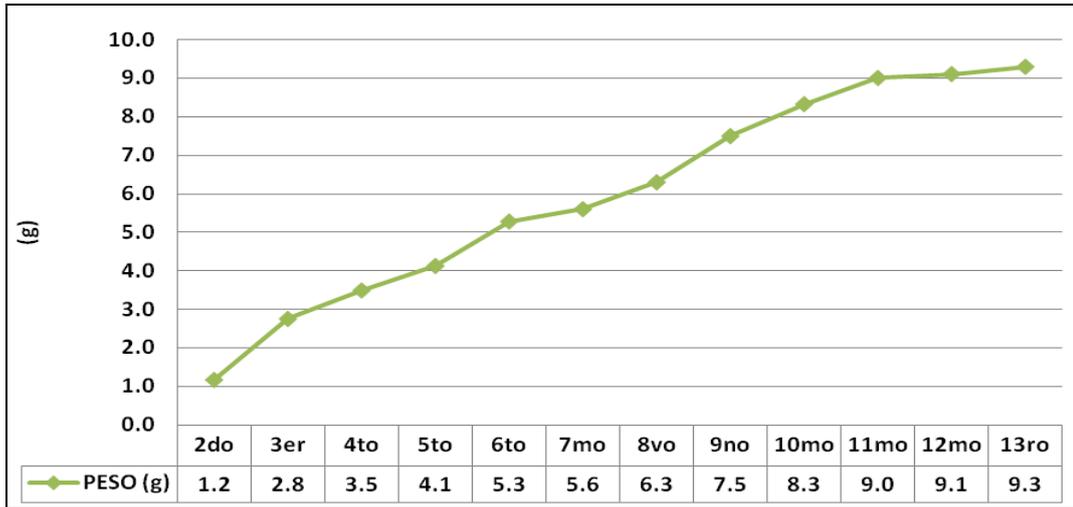


Figura No. 21: Gráfica de crecimiento estanque No. 7, Prueba.

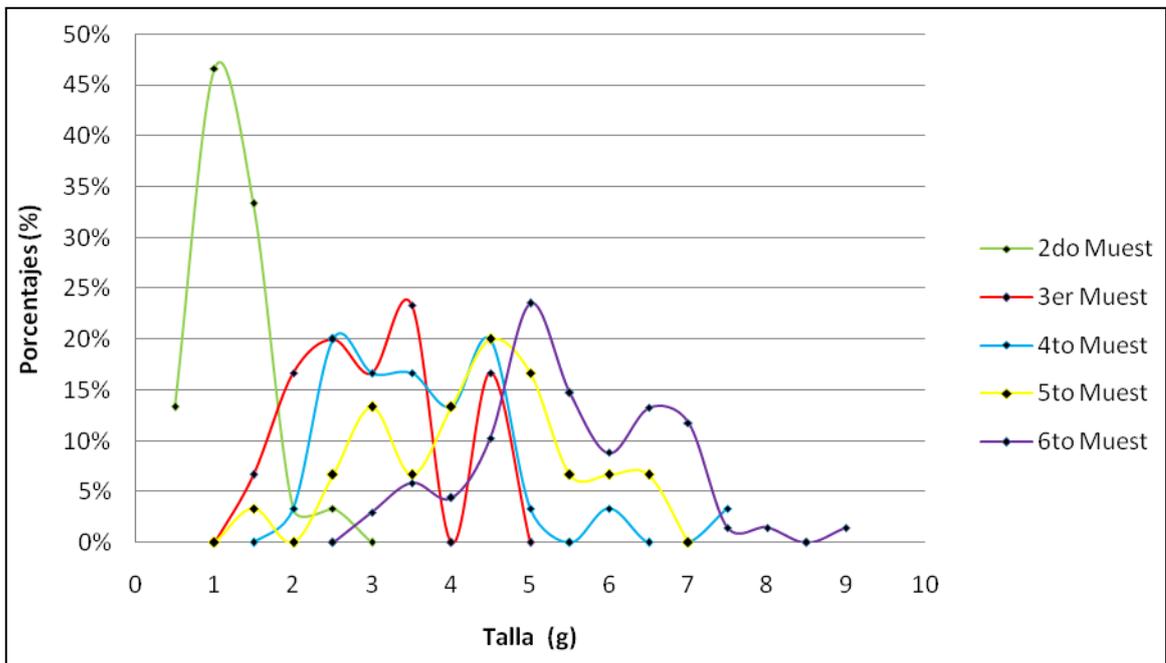


Figura No. 22: Dispersión de tallas estanque No. 7, Prueba.

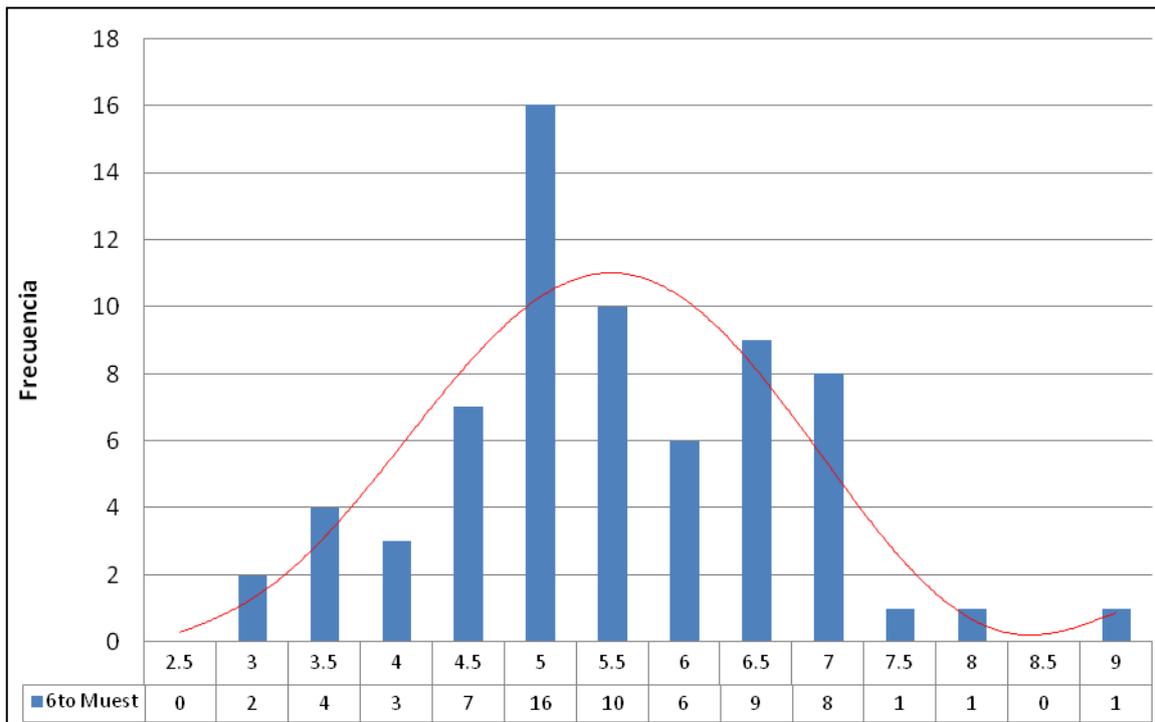


Figura No. 23: Histograma de tallas, estanque No. 7, Prueba.

Cuadro No. 8: Análisis estadístico, estanque No. 7, Prueba.

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Dispersión</i>	<i>6to Muestreo</i>	
2.5	0	0%	<b>Media</b>	<b>5.28</b>
3	2	3%	<b>Error típico</b>	<b>0.1454</b>
3.5	4	6%	<b>Mediana</b>	<b>5.25</b>
4	3	4%	<b>Moda</b>	<b>4.9</b>
4.5	7	10%	<b>Desviación estándar</b>	<b>1.1990</b>
5	16	24%	<b>Varianza de la muestra</b>	<b>1.4377</b>
5.5	10	15%	<b>Curtosis</b>	<b>0.2219</b>
6	6	9%	<b>Coefficiente de asimetría</b>	<b>0.0551</b>
6.5	9	13%	<b>Rango</b>	<b>6.2</b>
7	8	12%	<b>Mínimo</b>	<b>2.6</b>
7.5	1	1%	<b>Máximo</b>	<b>8.8</b>
8	1	1%	<b>Suma</b>	<b>359.1</b>
8.5	0	0%	<b>Cuenta</b>	<b>68</b>
9	1	1%		
<b>100%</b>				

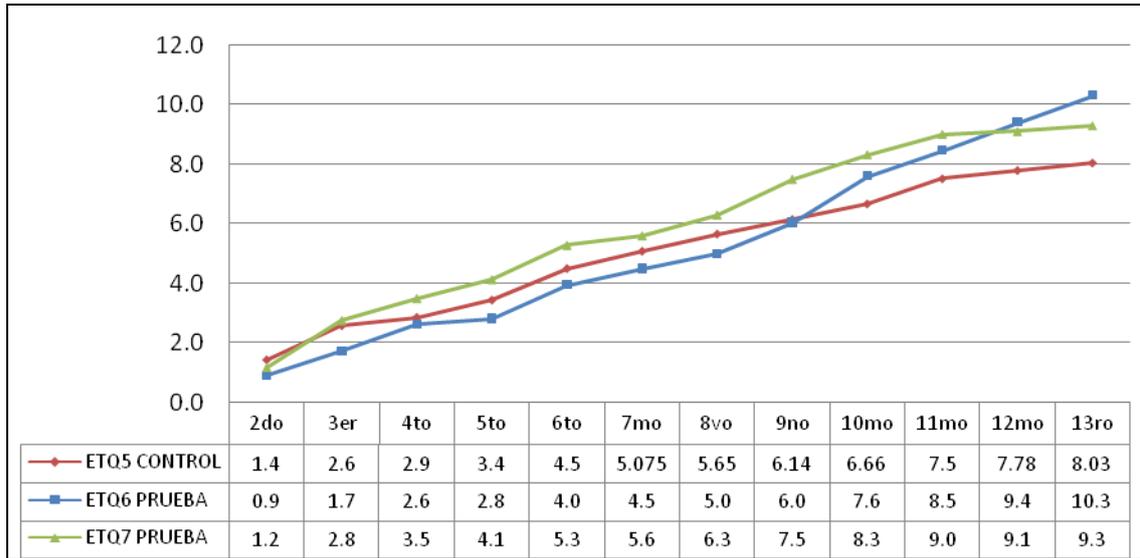


Figura No. 24: Gráfica comparativa de crecimientos pruebas versus Control.

Los datos e indicadores productivos más importantes, en el cuadro No. 9, se muestran los valores de producción obtenidos durante el cultivo de *Litopenaeus vannamei* en agua dulce de pozo durante ciclos de cultivo de 100 días.

La supervivencia final en la primer prueba fue de 88% y 80% la segunda prueba, y el valor promedio durante la prueba en dos ciclos de cultivo fue del 84% y similar al control que tuvo una supervivencia de 88%. Laramore y col. [8] mencionan que *Litopenaeus vannamei* puede ser cultivado a una salinidad de 4 ppt sin causar diferencias en la supervivencia y el crecimiento comparado con el cultivo a 30 ppt. Otros autores [29] no encontraron diferencias de crecimiento entre las postlavas de *L. schmitti*, mantenidas a salinidades de 24; 5 y 7 ppt; después de 5 días, sin embargo no hay informes de sobrevivencias superiores a 80% después de concluir un ciclo de cultivo superior a 100 días de cultivo en la fase de engorde.

El rendimiento o productividad alcanzada en este trabajo fue de 2.248 kg/ha y muy parecido al promedio de unos 2.700 kg/ha bajo condiciones de cultivo entre 30 y 35 ppt de salinidad y el control utilizado con agua salobre que fue de 2,029 Kg/Ha. Niveles de productividad superiores a los 2,700 kg/ha han sido reportados [13] en granjas de la costa oeste de Falcón en Venezuela, fundamentados en el empleo de densidades de 30 Pals/m<sup>2</sup> de animales y 3 tipos de alimentos peletizados con niveles iniciales de proteína cruda de 40% y fertilizaciones químicos para el incremento de la productividad primaria que contribuye a la dieta de los camarones.

Otro punto importante a destacar en esta prueba fueron los resultados de los Factores de Conversión Alimenticia –FCA-, los cuales tienen valores promedios de 1.42 muy por debajo del control con 1.70, valores no fácilmente alcanzables incluso en los cultivos convencionales de esta especie en agua salada o salobre. Esto indica el alto potencial de la especie respecto a la conversión del alimento balanceado suplementado, aún y cuando se encuentre en condiciones de agua dulce fuera del ambiente óptimo para su cultivo, considerando que esta especie es netamente marino-estuariana.

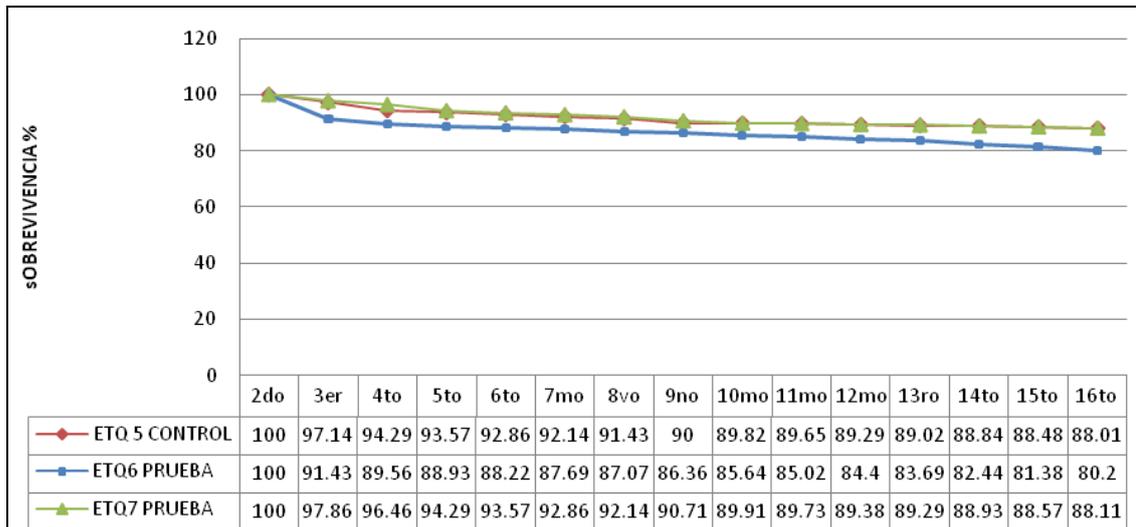


Figura No. 25: Gráfica comparativa de sobrevivencias entre Pruebas y Control

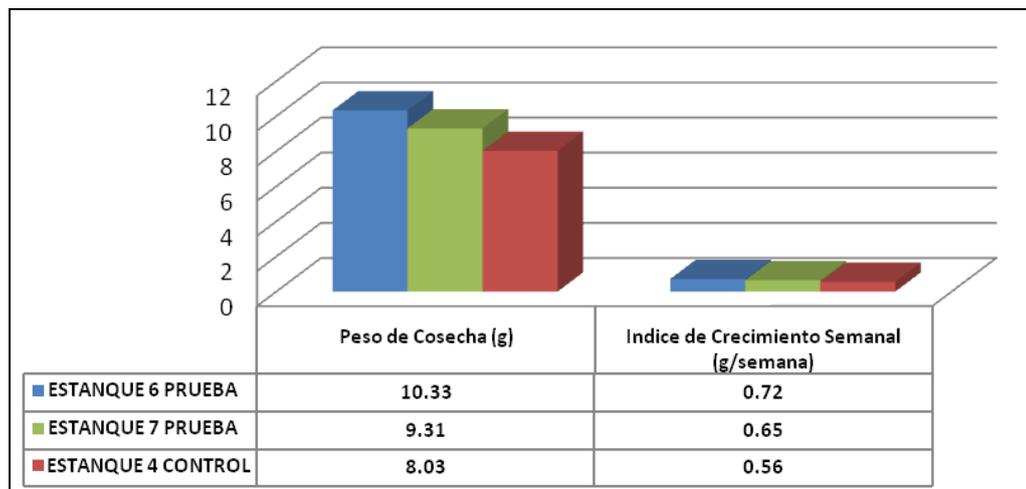


Figura No. 26: Resultados variables o indicadores productivos de Pruebas versus Control.

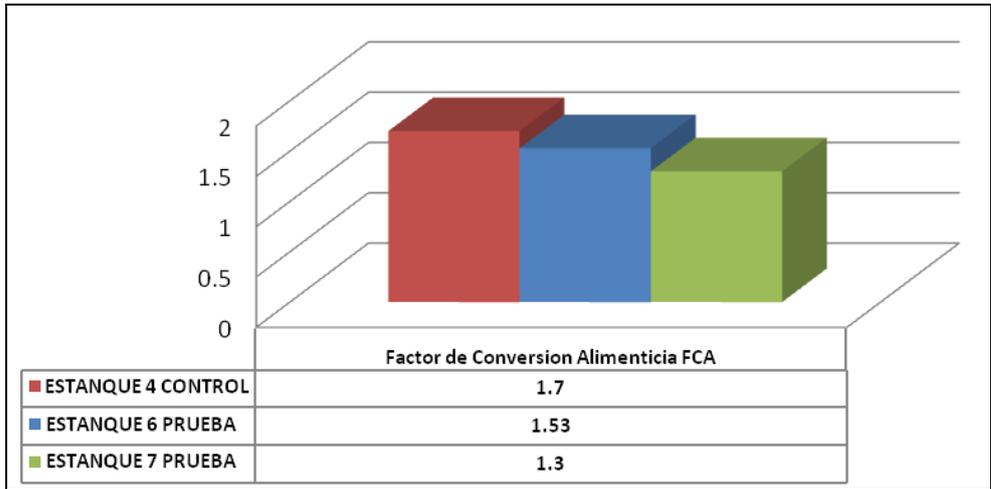


Figura No. 27: Resultados Factor de Conversión Alimenticia (FCA) de Pruebas versus Control.

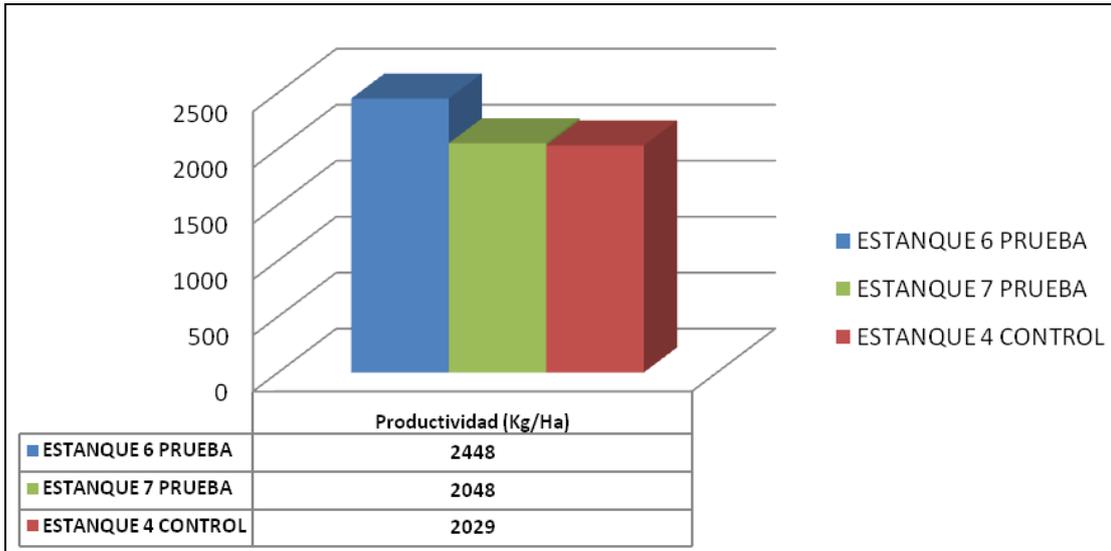


Figura No. 28: Resultados de rendimiento kg/Ha, Prueba versus Control.

**Cuadro No. 9:** Variables o indicadores productivos resumen general datos productivos de la investigación

Descripción	PRUEBA 1	PRUEBA 2	CONTROL 1	VALORES PROMEDIO PRUEBAS
<b>No. Piscina</b>	<b>Estanque 6</b>	<b>Estanque 7</b>	<b>Estanque 5</b>	
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	1,250m <sup>2</sup>	1,250	1,750	1,250
<b>Salinidad (ppt)</b>	0-2	0-2	10-20	0-2
<b>Densidad (c/m<sup>2</sup>)</b>	25	25	25	25
<b>Origen Camarón</b>	Lab. Candelaria	Lab. Candelaria	Lab. Candelaria	
<b>Tipo de Siembra</b>	Directa	Directa	Directa	
<b>Tipo de Fondo</b>	Plástico	Plástico	Plástico	
<b>Fecha de Siembra</b>	24-Mayo-2011	24-Mayo-2011	21-Mayo-2011	
<b>Fecha Final de Evaluación</b>	01-Sept-2011	01-Sep-2011	01-Sep-2011	
<b>Desempeño</b>				
<b>Días de Cultivo</b>	100	100	100	100
<b>Cantidad Cosechada (kg)</b>	305.99	256.01	355.0	281
<b>Talla de Cosecha (g)</b>	10.33	9.31	8.03	9.82
<b>Índice de crecimiento/semana</b>	0.72	0.65	0.56	0.685
<b>Cantidad de Alimento (kg)</b>	468.63	334.14	605.18	401.38
<b>Factor de Conversión Alimenticia –FCA-</b>	1.53	1.30	1.70	1.41
<b>Sobrevivencia (%)</b>	80.2	88..11	88.01	84.20
<b>Productividad (Kg/ha)</b>	2,448	2,048	2,029	2,248

Los bajos valores en el Factor de Conversión Alimenticia tienen una incidencia directa en la rentabilidad de este cultivo, considerando que el costo del alimento es el rubro más alto dentro de los costos variables de la producción.

Lo más importante en el análisis económico de esta prueba según el resultado de rentabilidad es que puede aprovecharse la capacidad instalada de ciertas piscinas construidas para el cultivo de tilapia y que han dejado de utilizarse, para ahora realizar proyectos de cultivo de camarón con agua de pozo, siempre y cuando exista una fuente de agua y se lleve el control técnico y sistémico de los costos y requerimientos del sistema.

## IX. CONCLUSIONES

La hipótesis planteada previo a la ejecución de esta investigación es válida, ya que se pudo comprobar que biológica y técnicamente es posible cultivar camarón marino *Litopenaeus vannamei*, en agua dulce o de baja salinidad.

Además se puede concluir que:

1. El nivel de dureza mayor de 150 mg/L como  $\text{CaCO}_3$  (Carbonato de Calcio); los niveles de alcalinidad mayores de 120 mg/L y los valores del Potasio superiores a 10 mg/L, son factores limitantes que determinan la capacidad de cultivar con éxito para esta modalidad de cultivo en agua dulce.
2. Las post-larvas de camarón pueden sobrevivir directamente la transferencia desde 30 ppt de salinidad hasta 10 ppt, sin mortalidad aparente.
3. Cuando se intenta bajar un amplio rango de salinidad de 30 ppt hasta 5 ppt, se presentan mortalidades que pueden llegar hasta 20%.
4. Las postlarvas no pueden sobrevivir directamente a la transferencia de 30 ppt a aproximadamente 0 ppt de salinidad. Todo este cambio brusco de salinidad debe realizarse a través de un proceso lento de aclimatación para lograr que las postlarvas sobrevivan.
5. Los indicadores productivos cuantitativos medibles como sobrevivencia, talla de cosecha, índice de crecimiento semanal, factor de conversión alimenticia y productividad, superaron de forma significativa los resultados reportados para los controles y también a estudios previos realizados en esta línea de investigación.

Finalmente, se puede decir que los resultados obtenidos en la Estación Experimental de Monterico en el municipio de Taxisco, departamento de Santa Rosa, demuestran la factibilidad del cultivo del camarón marino *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de baja salinidad y con agua de pozo, logrando crecimientos y supervivencias comparables con registros comerciales de producción convencionales en agua salina o salobre.

Estos cultivos en agua dulce están condicionados por numerosas variables pero en particular se requieren fuentes de aguas con adecuados perfiles iónicos y un manejo correcto de las técnicas de aclimatación de las postlarvas. Al definir las condiciones para el establecimiento de este tipo de cultivo alternativo se puede sentar las bases para obtener la diversificación de la producción acuícola en el país. Además permite la ocupación de terrenos no aptos para otras actividades acuícolas por pequeños y/o medianos productores de camarón en la región, lo

que lo convierte en una nueva alternativa de producción para los productores potenciales de las áreas alejadas de las zonas marino costeras de Guatemala.

## X. RECOMENDACIONES

Realizar cultivos en agua dulce de 0,5 – 2,0 ppt de salinidad siempre y cuando exista el perfil iónico adecuado para el cultivo de camarón, como lo indica el cuadro No. 4, que incluye perfiles iónicos óptimos en el agua, basados en análisis completos de sales disueltas y análisis de metales pesados.

Cuidar de la relación Nitrógeno – Fósforo en agua dulce para evitar un florecimiento excesivo de algas Cianofitas y cuya relación debería ser mayor de 2.5 a 1 y no mayor de 7 a 1.

Realizar propuestas de manejo bajo un sistema de producción orgánica que permitan mantener la vida útil de los proyectos acuícolas alejadas de las áreas costeras en el largo plazo.

Las futuras líneas de investigación en este tema deberán incluir lineamientos de requerimientos nutricionales y ambientales del *Litopenaeus vannamei*, en agua dulce.

## XI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Balbi, F.; Rosas, J.; Velasquez, A.; Cabrera, T., Maneiro, C. Acimatación de postlarvas de diferentes edades y criaderos del camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) a baja salinidad. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 40 (2): 109-115. 2005.
- [2] Bardach, J.E.; Ryther J.W. y Mc Lamey W.O. The farming and husbandry of freshwater and marine organisms. 5 pp. 1972.
- [3] Boyd., C.E.; Thunjai, T.; Boonyaratpalin, M. Dissolved salts in water for inland low-salinity shrimp culture. *Global Aquacult. Advocate* 5 (3): 40-45. 2002.
- [4] Chávez Negrete Luis Fernando. Tesis de Grado "Estudios preliminares sobre la osmolaridad de la hemolinfa en el camarón marino *Penaeus vannamei*, 1989. pp: 37-44
- [5] Cobo, M.L.; Heise, C.; Santacruz, J. Effect of transport and acclimation on the survival of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *World Aquaculture* 2003. World Aquaculture Society. Salvador, Bahia. 05/19-23. Brasil. 858 pp. 2003.
- [6] Davis, D. A.; J. P.; McGraw, W.J.; Rouse, D. B. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity water. *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola.* Cancún, Quintana Roo. 3-06/09. México 73-90 pp.
- [7] Jory, D. How good are your postlarvae? *Aquacult. Mag.* 26 (5): 69-73. 2000.
- [8] Laramore, S.; Laramore, C.R. Scarpa, J. Effect of low salinity on growth and survival of postlarva and juvenile *Litopenaeus vannamei*. *J. World. Acuacult. Soc.* 32 (4): 385-392. 2001.
- [9] Lester, L.; Pnate, J. Penaeid temperature and salinity responses. In: *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Development in Aquaculture and Fisheries Science.* Fast A. and L. Lester (Eds). Elsevier Publishers, USA, Pp 515-534. 1992.
- [10] Linsley Ray. *Ingeniería de los recursos hidráulicos.* Tercera Edición en ingles, 1984. pp: 101-145.
- [11] Lira JR., G.P.; Amaral, R.; Moura, V.F.; Rocha., I.; Correia, E.S. Performance evaluation of *Litopenaeus vannamei* marine Shrimp in intensive and semi-intensive farming systems. *World Aquacult.* 2003. World Aquaculture Society. Salvador, Bahía. 5/19-23. Brasil 423-424 pp. 2003.
- [12] Marcillo, F. Cultivo de camarón tierra adentro en Ecuador. *Panorama Acuic.* 7 (1): 52 – 55. 2001.

- [13] Molina P., C.; Martínez C., L.R.; Quadros S., W. Alimentación suplementaria y manejo de la alimentación natural. En: Estado Actual y Perspectivas de la Nutrición de los Camarones Peneidos Cultivados en Iberoamérica. Programa CYTED. Universidad Autónoma de México. México, D.F. Pp 231-275. 2006
- [14] Núñez, A.J.P.; Velásquez L., C. Low-salinity, inland Shrimp culture in Brazil and Ecuador: economic, diseases issues move farms away from coasts. *Aquacult. Adv.* 4 (3): 62-64. 2001.
- [15] Rosas, C.; Ocampo, L.; Ganiola G, S. Effect of salinity on survival, growth and oxygen consumption of postlarvae (PI10-PI21) of *Litopenaeus setiferus*. *J. of Crust. Biol.* 19: 244-251. 1999.
- [16] Scarpa, J.; Allen S.E.; Vaughan, D.E. Freshwater Culture of the Marine Shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture America*, 1999. pp: 99-169
- [17] Tamayo, A., M. Camarón blanco en agua dulce: una nueva opción. Pp. 206-212 in: II Symposium Internacional de Acuicultura. Mazatlán, Sinaloa, México. 1998.
- [18] Zhu, C.; Dong, S.F.; Wang, F.; Huang, G. 2004. Effects of Na/K ratio in seawater on growth and energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 234: 485-496.

## XII. ANEXOS

### Anexo No. 1: Plano de la Estación Experimental Monterrico

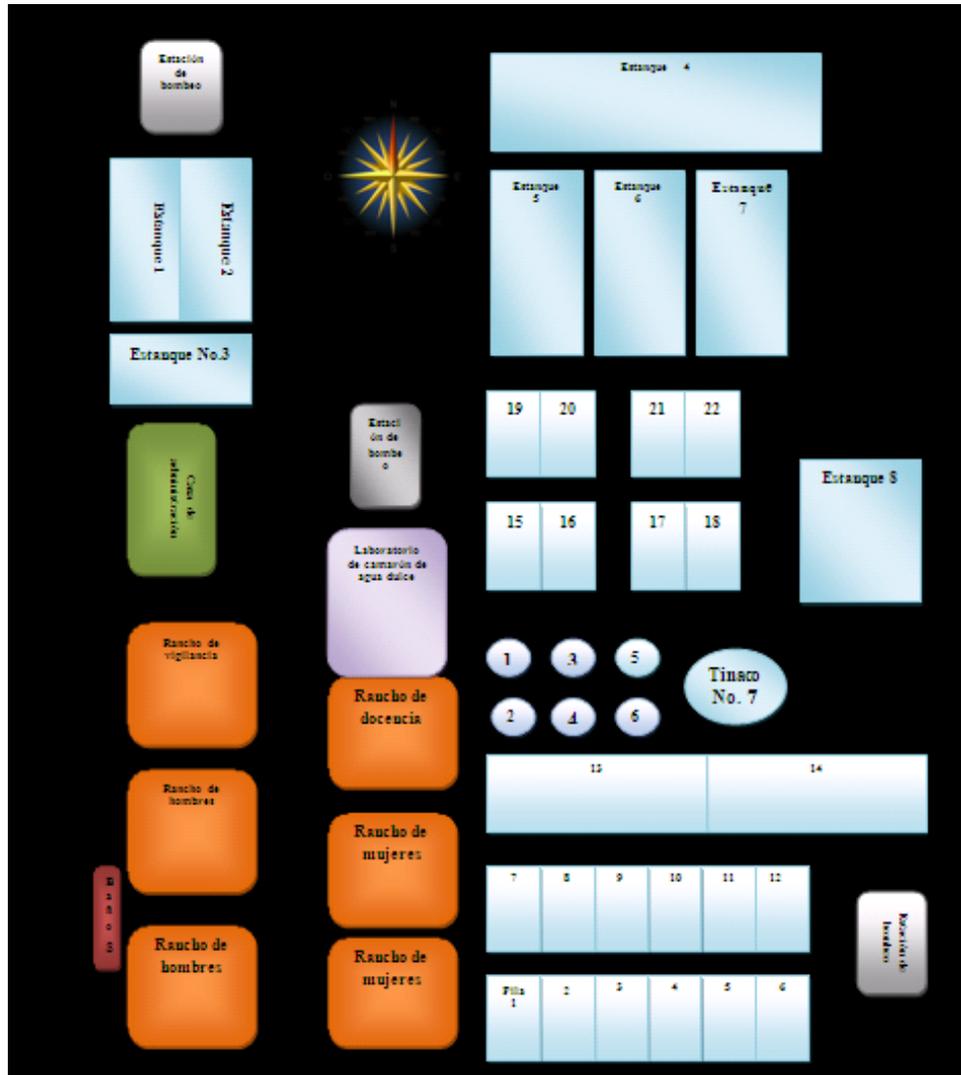


Figura No. 1: Estación Experimental Monterrico.

## **Anexo No. 2: Procedimientos operativos**

### **PROCEDIMIENTO OPERATIVO 01- INDICADORES DE CALIDAD DE POSTLARVAS**

#### **Descripción del procedimiento:**

El técnico responsable de la estación deberá:

1. Acudir al laboratorio que proveerá la postlarva para verificar la calidad de los organismos que recibirá.
2. Solicitar información respecto a las bitácoras de los tanques de cultivo larvario.
3. Solicitar copia de los certificados sanitarios de los reproductores y de las postlarvas, para tener conocimiento del origen de los reproductores.
4. Realizar pruebas de estrés en el laboratorio.
5. Conocer la calidad de agua utilizada por el laboratorio.
6. Durante la preparación del equipo de transporte, se recomienda que el técnico de la estación participe al menos como observador.
7. Se utilizaran solamente postlarvas libre de agentes patógenos, cuyos análisis provengan de laboratorios certificados por la autoridad competente en el área acuícola.

A continuación se presenta en la siguiente tabla los indicadores y criterios para evaluar la calidad de las postlarvas.

**Cuadro No. 1:** Criterios para evaluación de calidad de postlarvas.

<b>CRITERIOS</b>	<b>INACEPTABLE O CONDICIONADA</b>	<b>ACEPTABLE</b>	<b>RECOMENDABLE</b>
<i>BIOLÓGICOS</i>			
Edad	Menor de 12 días (< PI12)	12 días ( PI 12 a mayor)	12 – 20 días
Peso	< 3 mg	3 – 3,5 mg	3,5 mg
Dispersión de tallas	< 8 mm y > a 15%	8 mm y 15%	8 mm y < 15%
Desarrollo Branquial	< 4 lamelas	4 – 5 lamelas completas	5 lamelas completas
Ciego del intestino	Ausencia	Presencia	Presencia
<i>COMPORTAMIENTO</i>			
Actividad	Inactivas, nado lento e irregular	Activas en agua sin movimiento	Nado rápido a contracorriente
Estado del Intestino	Vacio	Lleno	Muy Lleno
Estado del Musculo	Opaco, blanquecino, hialino	Traslucido o cristalino	Traslucido o Cristalino
Limpieza de Apéndices	Sucias	Limpias	Limpias
Protozoarios -	Epibiontes Gregarinas	Sin	Sin
Excoriaciones	Con	Sin	Sin
Virus	Con	Sin	Sin
Necrosis	Con	Sin	Sin
Tolerancia a cambios de salinidad y temperatura Prueba de estrés	Menor 85%	85 – 90%	90 – 100%

## PROCEDIMIENTO OPERATIVO 02 - PREPARACION DE ESTANQUES

### Objeto:

Con este protocolo de preparación de estanques y canales reservorios se persigue iniciar un nuevo ciclo productivo que garantice el éxito del mismo a través de medidas y acciones que promuevan un medio de cultivo limpio y sano para los camarones objeto de cultivo.

### Estanques y canal reservorio

1. Secado de los estanques y canal reservorio por un periodo no menor de 25 días.
2. Eliminación de áreas húmedas, charcos o acumulaciones de agua en áreas determinadas, a través de la evacuación total del agua y el caso que no fuese posible, aplicación de Hipoclorito de calcio a una concentración de 600 ppm.

3. Cierre total de sistemas de abastecimiento de agua (canales o tuberías) y apertura total de compuertas de salida para facilitar el secado.
4. Eliminación de organismos vivos y muertos dentro de los estanques (camarón, jaibas, peces, balanos, caracoles u otros), los cuales deberán ser enviados a los rellenos sanitarios predefinidos.
5. Limpieza, desinfección y reparación de mallas y estructuras de filtración en la entrada y salida de los estanques y también el canal reservorio.
6. Repintar las escalas de niveles de profundidades promedio de los estanques y el número de identificación de cada uno de los estanques.
7. Redefinición del área real de cultivo de cada estanque, para usos múltiples: área real de estanques, densidad precisa de siembra, instalación de comederos, indicadores de consumo, aireadores, etc.).
8. Reparación, desinfección y limpieza de tablas de compuertas, marcos de filtración y filtros de bolso.
9. Nivelación de fondos en caso fuese necesario para evitar la formación de lagunas que podrían dificultar la cosecha al fin del ciclo de cultivo.
10. Reparación de plástico cobertor de fondos.
11. Redefinición de los canales internos de cosecha.
12. Aplicación de desinfectantes sobre plástico cobertor, para lo cual podrá aplicarse Cloro a 600 ppm o Amonio Cuaternario a 1000 ppm, utilizando una fumigadora de mochila.

### **Sistemas de bombeo**

13. Verificar el buen funcionamiento de motores y bombas.
14. Mantenimiento general del área de bombeo (área húmeda y área seca – mantenimiento de tipo mecánico, pintura, etc.).

### **Fertilización**

#### Tasas de Aplicación

La fertilización de las piscinas o estanques se realizará después de corroborar que no hay Cloro residual en el agua de cultivo y para esta actividad se tomará en

cuenta la siguiente tabla de fertilización que determina el tipo y cantidad de fertilizante a utilizar.

**Cuadro No. 2:** Tasas de fertilización.

Fertilizante	Dosis
Fertilake	14 Kg/Ha
Silicalake	4 Kg/Ha
MAP	2 Kg/Ha

En el caso de no disponer de Fertilake como fuente de nitrógeno podrá utilizarse como sustituto Urea a una tasa de fertilización de 7 Kg/ha.

La tasa de fertilización podrá ser ajustada de acuerdo a los requerimientos específicos de cada piscina incrementando la tasa recomendada o dividiendo la cantidad en varias aplicaciones.

Aplicación de fertilizantes.

La aplicación de los fertilizantes se hará disolviéndolos en un recipiente con agua del estanque y aplicándolos al boleó en forma líquida. Se recomienda su aplicación en horas de la mañana entre 9 y 11 AM. Los fertilizantes nunca podrán adicionarse a las piscinas en forma sólida sin diluir.

- a) Encendido de aireadores para homogenización de fertilizantes  
Inmediatamente después de la aplicación de los fertilizantes se deberá encender los aireadores de toda la piscina durante 1 hora para permitir una buena homogenización y/o distribución de este producto.
- b) Medición de parámetros físicos y químicos del agua previo a siembra  
El departamento de control de calidad también será responsable de hacer una medición de variables químicas del agua tan pronto el tratamiento con cloro haya finalizado o 3 días previos a la siembra de la piscina, para determinar si las condiciones son aptas realizar la siembra. Además, deberá hacer un recuento de la disponibilidad de alimento vivo en el estanque objeto de siembra determinando la cantidad de fito y zooplancton presente en el agua de cultivo el cual determinará si el programa de fertilización ha respondido o si es necesario re fertilizar.
- c) Medición de valores de Turbidez

Al momento de aplicar los fertilizantes a la piscina, se deberá hacer una lectura de la turbidez con el disco secchi, el cual servirá como valor de referencia para evaluar la efectividad de la fertilización, posteriormente se deberá hacer la lectura de turbidez a las 9 horas y 15 horas durante los

siguientes días de la fertilización. Los valores óptimos para siembra son entre 0.35 y 0.45 metros. El record de turbidez después de llenado y previo la siembra se llevará también en un formato específico.

La autorización de la siembra en piscinas con valores mayores de 0.50 metros de turbidez será dada únicamente por el departamento de producción que justifique dicha acción

### **Conceptos básicos**

1. Existen fertilizantes inorgánicos poco solubles por lo que su aplicación se recomienda hacerla diluyendo el producto para luego aplicarlo sobre el espejo de agua distribuyendo de la mejor manera y cuando se disponga de aireadores (eléctricos o mecánicos) estos deberán arrancarse por lo menos durante 1 hora para garantizar una buena distribución y homogenización de estos productos.
2. Cuando la aplicación de los fertilizantes se hace con el apoyo de lanchas, hay que desinfectar el equipo antes de pasar a otro estanque.
3. La transparencia del agua no debe ser mayor de 50 centímetros, esto permitiría la penetración de luz solar al fondo del estanque, provocando una posible proliferación de macro algas y estrés en los camarones.
4. No se recomienda el uso de Urea en general y cuando no se disponga de otra fuente de Nitrógeno podrá utilizarse con mucho cuidado porque favorece el crecimiento de cianofitas y nunca deberá utilizarse cuando se tenga incidencia de Vibriosis en los camarones.

### **Insumos**

- ✓ Bombas de Achique /en caso de acumulaciones de agua.
- ✓ Cloro en polvo – Hipoclorito de calcio
- ✓ Cal – Carbonato de Calcio  $\text{CaCO}_3$
- ✓ Tablas para el cierre de compuertas.
- ✓ Fertilizantes inorgánicos

## **PROCEDIMIENTO OPERATIVO 03 - PROTOCOLO DE SIEMBRA**

### **Siembra directa**

La aclimatación es el paso previo a la siembra, este es de suma importancia ya que un gran porcentaje de la supervivencia final depende de una correcta aclimatación tanto en temperatura como en salinidad y pH del agua.

En el laboratorio la postlarva es empacada en condiciones especiales que permiten lograr la mayor supervivencia en el transporte y cuando esta postlarva llega a la Estación Experimental de Monterico, es necesario igualar los parámetros de temperatura, salinidad y pH entre otros a las piscinas lo que se conoce comúnmente como aclimatación, para luego depositarla las postlarvas en las piscinas de engorde, a lo que se denomina como “siembra”.

## **Principales parámetros a tomar en cuenta en la siembra directa**

### **A. Oxígeno Disuelto (DO)**

El oxígeno disuelto en el agua es un parámetro de vital importancia para la sobrevivencia de las postlarvas durante el transporte, aclimatación y siembra. También es necesario llevar un monitoreo del comportamiento del oxígeno previo y durante la siembra. Durante el transporte de la postlarva en bolsas, estas vienen saturadas de oxígeno y cuando se transporta en tanques se debe asegurar el abastecimiento constante de oxígeno por medio de cargas o botellas de oxígeno. Para la aclimatación se utilizan cargas de oxígeno y en las piscinas ya no es necesario suplir del mismo, ya que las mismas disponen de oxígeno como producto de la fotosíntesis del fitoplancton y aireación suplementaria a través de aireadores mecánicos.

### **B. Temperatura**

Generalmente las postlarvas son empacadas a temperaturas menores a las registradas por los estanques para siembra, por lo que se hace necesario igualar dichas temperaturas. Esto se logra mediante el proceso de aclimatación y la experiencia indica que se debe subir un grado de temperatura al agua de las postlarvas cada 15 o 20 minutos. Esto se logra mediante la incorporación periódica de agua de la piscina a los termos o tanques de aclimatación.

### **C. Salinidad**

La aclimatación de las postlarvas debe ser gradual ya que esto implica una adaptación de las presiones osmóticas de los dos medios, el interno de la postlarva y el externo del agua. Regularmente, en el laboratorio, varios días u horas antes de los empaques, se aclimata la postlarva a la salinidad aproximada de la piscina. Si existiera diferencia mayor a un grado de salinidad, se debe aclimatar de acuerdo al rango en el cual se desea aclimatar considerando para ello la Tabla 1 de aclimatación, aunque en términos generales se debe aclimatar un grado de salinidad cada  $\frac{1}{2}$  hora o 45 minutos hasta llegar a igualar las concentraciones entre el agua de envío de las postlarvas y el agua de la piscina o estanque.

**Cuadro No. 3: Guía de aclimatación**

Rango de Salinidad	Tiempo Recomendado/ppt
32 -25	0,5 horas
25 - 20	1,0 hora
20 – 15	1,5 hora
15 – 10	2,0 horas
10 – 5	4,0 horas
5 - 1	12,0 horas

#### **D. pH y otros parámetros químicos**

Se asume que durante la aclimatación por temperatura o salinidad se auto-aclimatan los otros parámetros químicos de la piscina o estanque pero por regla general no podrá darse un viraje en los valores de pH mayores de 0.5 unidades cada 45 minutos.

#### **Sistema de organización y asignación de tareas durante la siembra**

Para crear una organización del equipo técnico y responsable en la recepción y aclimatación de postlarvas durante la siembra se requiere contar con elementos de apoyo y acciones entre los que destacan:

- A. Coordinador General:** Es necesaria la asignación de un coordinador general, el cual deberá apoyar el proceso junto con los supervisores a cargo de cada estación de siembra.
- B. Supervisor:** Al supervisor se le asignara el personal de apoyo de cada estación o puesto de siembra, el cual constara de 3 a 4 personas, dependiendo de la cantidad de postlarva a aclimatar. También el supervisor por estación designado será el responsable del equipo de siembra, aclimatación y monitoreo de su estación.
- C. Personal de Control de Calidad:** Un día antes de la recepción el personal de control de calidad supervisara junto con el coordinador general la instalación del equipo se siembra. Este equipo se describe en la Tabla 2 de Equipo de Siembra.

**Cuadro No. 4:** Materiales y equipo necesario para la siembra directa

DESCRIPCION	CANTIDAD	USO
Tanques de 800 – 1000 litros	1 Tanque 800 litros/400,000 Pls	Tanque para aclimatación a orilla de estanque
Manguera flexible de 2" x 10 metros	1 Manguera/Estación de siembra	Para siembra de postlarva por medio de sifón por gravedad
Renovador o achicador	1/Tanque de aclimatación	Para bajar niveles a los tanques de aclimatación
Manguera de 1" x 6 metros	1/Cada 2 renovadores	Manguera del renovador o achicador
Bomba sumergible con manguera de 1"x12 metros	1/Estación de siembra	Para bombear agua de la piscina a los tanques de aclimatación
Cubetas plásticas de 15 litros	De 4 a 6/Estación de siembra	Sustitutos de la bomba sumergible
Cargas o botellas de oxígeno	2/Estación de siembra	Proveer oxígeno durante la aclimatación
Manómetros	1/ Piscina	Salida de oxígeno de botellas
Manguera de ¼" x 5 metros transparente	1/Manómetro	Transporte de oxígeno del manómetro a el distribuidor de oxígeno a los tanque de aclimatación
Piedras de distribución de oxígeno con mangueras de 3/16" x 5 metros	1/Tanque de Aclimatación	Distribuir oxígeno en los termos de aclimatación
Distribuidores de oxígeno de 6 salidas	1/Para cada 5 tanques de aclimatación	Distribuir oxígeno de la botella de oxígeno hace los tanques de aclimatación
Llave de cangrejo	1/Estación de siembra	Cambiar manómetro
Extensión eléctrica con 5 bombillos y un tomacorriente	1/Estación de siembra	Proveer energía durante la aclimatación
Beaker de vidrio de 250 ml	1/Estación de siembra	Observar condiciones de las postlarvas
Chayo, Guangocha o quecha grande	1/Estación de siembra	Manejo de postlarvas
Chayo, Guangocha o quecha pequeña	1/Estación de siembra	Toma de muestras
Oxigenómetro	1/Estación de siembra	Monitorear oxígeno
Refractómetro	1/Estación de siembra	Monitorear salinidad
Termómetro	1/Estación de siembra	Monitorear temperatura
Abrazaderas de ½"	5/Estación de siembra	Asegurar mangueras de oxígeno
Abrazadera de 1"	5/Estación de siembra	Asegurar mangueras de oxígeno
Bolsos o tambos de sobrevivencia	6/Piscina o estanque	Evaluar sobrevivencia post-siembra

## PROCEDIMIENTO OPERATIVO 04 - RUTINA DE ALIMENTACION

### Objeto y Alcance

El objeto del presente procedimiento operacional es asegurar la buena y correcta aplicación y manejo del alimento durante el ciclo de cultivo.

### Directrices/Responsabilidades

El área de producción será responsable de realizar la solicitud de alimento según sea requerido en cantidad y formato para los diferentes estadios en la etapa juvenil.

## Descripción del procedimiento

### a. Determinación de las cantidades suministradas diariamente

Para determinar la cantidad diaria de alimento a cada uno de los estanques en producción se utilizará una guía denominada tabla de alimentación en su última versión la cual se utilizará sin ser modificada hasta el día 21, cuando se realiza el primer muestreo de crecimiento y se instalan los indicadores de consumo. A partir de esta etapa de cultivo, la cantidad de alimento podrá ser modificada considerando los siguientes principios:

- a) La cantidad de alimento diario, podrá modificarse según los resultados de consumo reportado por los alimentadores utilizando como herramienta los indicadores de consumo específicamente a través del porcentaje de residuos tomando como referencia la siguiente guía

**Cuadro No. 5:** Tabla de modificación de alimento.

ESTATUS	MEDICA CORRECTIVA	COMO HACERLO
Residuo = 0%	Incrementar	Reajuste a través de muestreos de población, peso real y tabla de alimentación
Residuo > o igual 25%	Disminuir	Formula: Cantidad de Alimento Aplicado (Kg Brutos) - % Residuo

- b) El segundo criterio que podría determinar la cantidad de alimento diario o su modificación será por los reportes de crecimiento en donde el crecimiento sea mayor o menor a lo que indica la tabla, en donde la cantidad de alimento gramo/camarón se ajustará al peso real y no el estimado, lo cual dejaría de considerar los días de cultivo.
- c) El otro criterio para determinar un incremento o disminución en la cantidad de alimento será a través de la observación del tracto digestivo de una muestra de camarón observada 1.5 horas posterior a la aplicación del alimento en donde se observará la proporción de llenura del tracto por medio del cual se podrá determinar si la misma se incrementa o disminuye.

## **Proporción de Alimento por aplicación**

La Proporción del total de alimento diario la puede determinar el supervisor de producción pero como guía se utilizara el siguiente criterio:

- a. Primera aplicación: 35%
- b. Segunda aplicación 25%
- c. Tercer aplicación: 40%

## **Recomendaciones generales a seguir en el proceso de alimentación**

1. Diseñar un programa de alimentación que muestre claramente la cantidad y periodicidad del alimento de acuerdo a la especie, temperatura del agua, fase de desarrollo y preferencias alimenticias del camarón durante los días de desarrollo del cultivo.
2. La alimentación deberá ser ajustada continuamente de acuerdo al crecimiento y biomasa estimada en función de los muestreos de poblaciones.
3. Las enfermedades virales no se cura, se previenen, por lo que deberá evitarse el uso de alimentos medicados con antibióticos con fines preventivos.
4. Cuando se utilicen antibióticos se deberá cumplir con los tiempos de retiro que especifique la normativa nacional o bien según los estudios y especificaciones que dicte el proveedor. Además, se deberán realizar aleatoriamente análisis de concentración y tipo de antibiótico en el camarón previo a la cosecha.
5. Se deberá tener estricto cuidado en el manejo de los alimentos, procurando que estos sean almacenados en bodegas que garanticen la integridad de los mismos, así mismo que eviten que sean contaminados con hongos (responsables de la producción de aflatoxinas) y también debe evitarse el ingreso de insecto. Se deberá tener especial cuidado en las fechas de elaboración, utilizando el criterio de “lo primero que ingresa a las bodegas, será lo primero que sale” “all in, all out”.
6. Los alimentos no se deben exponer por tiempos prolongados a la luz y/o calor del sol.
7. Los cambios de alimento de un formato o tamaño a otro deben realizarse en forma gradual.

8. No se debe dejar de alimentar un cultivo por periodos prolongados (no más de 2 días continuos).
9. El alimento deberá aplicarse de forma homogénea en el estanque y evitar aplicarlo en puntos muertos o con altos contenidos de sedimentos. Se recomienda aplicarlo al inicio y al final del ciclo de cultivo en mayor proporción en las orillas del estanque, considerando siempre una distancia prudencial de la borda.
10. Finalmente, deben utilizarse comederos o testigos de alimentación para hacer el ajuste de cada una de las raciones.

## **PROCEDIMIENTO OPERATIVO 05 – MONITOREOS DE SALUD DE LOS CAMARONES**

### **Observaciones macroscópicas – Signos Externos**

Para el monitoreo de salud de los camarones se deberá seguir el procedimiento que se detalla a continuación:

1. Cada semana se debe realizar un monitoreo de salud, el cual servirá para de problemas que podrían presentar los organismos en cultivo.
2. Para este monitoreo se realizaran 6 lances con atarraya en la compuerta de salida de cada estanque o en la orilla de este, y los organismos capturados son revisados, poniendo especial atención en los siguientes aspectos:
  - a. Actividad del organismo.
  - b. Estado de muda.
  - c. Branquias (necrosis, presencia o ausencia de suciedad).
  - d. Apariencia del intestino (lleno, medio, o vacío).
  - e. Consistencia física.
  - f. Estado físico de antenas (lisas, rugosas o rotas, color).
  - g. Apariencia de urópodos (presencia o ausencia de inflamación).
  - h. Exoesqueleto (presencia o ausencia de necrosis)
  - i. Hepatopáncreas (tamaño, consistencia y coloración).
  - j. Pigmentación

La mayoría de los signos antes señalados sirven para una evaluación presuntiva de algún problema de tipo bacteriano o viral en etapa inicial, los cuales son confirmados por medio de otros análisis de laboratorio (bacteriología, pruebas rápidas de campo, PCR, etc.).

## **Observaciones microscópicas (Signos Internos)**

Otro aspecto importante de la revisión semanal de los organismos, son las observaciones hechas al microscopio en las cuales se pone especial atención en los siguientes órganos:

### **1. Branquias**

Se cortan algunas secciones de las branquias y se montan en un porta-objetos y se observan al microscopio buscando:

- a. Epibiontes (Zoothamnium, Epistylis, Vorticela, etc.) y Hongos (Langenidium y Fusarium).
- b. Presencia de necrosis o algunas otras anormalidades.
- c. Materia orgánica presente.
- d. Microalgas bentónicas.
- e. Infiltración hemocítica.

### **2. Hepatopáncreas**

Se extrae este órgano para realizar observaciones al microscopio donde se evalúa:

- a. Morfología de túbulos (normales, estrangulados o deformes).
- b. Densidad de lípidos (abundantes, reducidos y/o escasos).
- c. Presencia de necrosis.
- d. Infiltración hemocítica.

### **3. Intestino**

El intestino es otro órgano importante para determinar el estado de salud en los camarones. La porción para observar al microscopio es el intestino medio, en donde deberá detectarse:

- a. Inflamaciones, causados por algas verde-azules.
- b. Incidencia de parásitos del tipo Gregarinas.
- c. Tipo y cantidad de alimento contenido.

### **4. Hemolinfa**

Con la extracción de hemolinfa se deberá determinar:

- a. Tiempo de coagulación
- b. Recuento total de hemocitos.

**NOTA:** En las revisiones en fresco deberá de hacerse uso de solución salina estéril (NaCl 2%) o bien solución salina inyectable 0.9% (la que se dispone en farmacias) lo que permitirá la observación adecuada de los parásitos, así como la dilución de la muestra a revisar.

### **Herramientas de Apoyo**

Para realizar todo el trabajo descrito anteriormente es necesario contar con un laboratorio de campo, equipado con material y equipo para realizar:

1. Análisis bacteriológicos de:
  - a. Agua
  - b. Fondo
2. Análisis bacteriológicos de organismos en:
  - a. Hemolinfa
  - b. Intestino
  - c. Hepatopáncreas
3. Uso de kits prácticos para la detección de infecciones virales:
  - a. Shrimple
  - b. I-screen
  - c. Pockit – PCR de campo

Toda esta serie de análisis se hacen minuciosamente cada semana o bien cada 15 días a todos los estanques, pero además periódicamente se envían a otros laboratorios, para análisis de histopatología y/o PCR Tiempo Real. Esto sirve para tener un punto comparativo y estandarizado en los criterios de interpretación de resultados al final de cada ciclo de cultivo.

### **PROCEDIMIENTO OPERATIVO 06 – MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD**

La bioseguridad se refiere al conjunto de medidas pro activas encaminadas a la prevención y o disminución del riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas bacterianas, virales o parasitarias, a poblaciones de animales limpios y sanos.

#### **Control de accesos**

Toda unidad acuícola productiva deberá contar con rodoluvios, pediluvios y arcos sanitarios específicos para cada sub-área, así como la creación de casetas sanitarias y un registro de ingresos.

Se recomienda solicitar a los proveedores de insumos asignen un solo transporte para cada sub-región, y en la medida de lo posible que estos vehículos no ingresen a las áreas productivas de la estación o finca, por lo que se deberá crear centros

de acopio a la entrada de la estación o ubicar las bodegas en esta área. No se debe permitir la introducción de vehículos particulares a la estación o finca.

### **Desinfección de vehículos**

La desinfección de vehículos deberá realizarse al ingreso de la estación o granja, utilizando desinfectantes de amplio espectro, como Cloro (600 ppm) o Amonio Cuaternario a (1000 ppm).

### **Medidas de seguridad e higiene**

- a. Evitar que existan animales domésticos sueltos en la estación o granja.
- b. Evitar al extremo utilizar equipo de otras granjas o fincas.
- c. Limpieza general de la estación o granja.
- d. Designar áreas específicas para la ubicación de contenedores de desechos peligrosos, productos químicos, combustibles. Esto con la finalidad de evitar la contaminación cruzada con alimentos y otros insumos.
- e. Designar áreas para el depósito temporal de desechos orgánicos y no-orgánicos.
- f. Se deberá contar con baños o letrinas ecológicas acondicionadas de acuerdo al tamaño de la estación o granja (1/cada 20 trabajadores).
- g. Deberá en la medida de lo posible incorporar programas de duchas y cambio de ropa para los trabajadores o por lo menos practicar de manera obligatoria, tomar una ducha después de tener contacto con las áreas internas de los estanques, agua de cultivo y organismos en cultivo.
- h. Se deberá prohibir la interacción de quipos de medición, lanchas, atarrayas, persona, etc., en las áreas comunes.

## **PROCEDIMIENTO OPERATIVO 07 - MONITOREO DE PARAMETROS AMBIENTALES Y DE CALIDAD DE AGUA**

El monitoreo permanente de parámetros ambientales y de calidad de agua son fundamentales para la detección de problemas en el desarrollo de un ciclo productivo el cual de forma directa determinara la salud y sobrevivencia de los camarones en cultivo. Como guía se presenta una tabla de parámetros que deberían evaluarse, los rangos óptimos y la frecuencia de medición.

**Cuadro No. 6:** Tabla de rangos de parámetros de calidad del agua.

<b>PARAMETRO</b>	<b>RANGO OPTIMO</b>	<b>FRECUENCIA DE MEDICION</b>
Temperatura (C <sup>o</sup> )	27 - 32	2 veces/día
Oxigeno Disuelto (mg/l)	4 - 10	2 veces/día
Dióxido de Carbono (mg/l)	< 20	2 veces/día
Salinidad (ppt)	10 - 15	2 veces/semana
pH	8,1 – 9,0	2 veces/día
Alcalinidad (mg/l)	100 - 140	1 vez/semana

Turbiedad (cm)	35 - 45	2 veces/día
Amonio Total (mg/l)	0,1 – 1,0	1 vez/semana
Amonio no-ionizado (mg/l)	< 0,1	1 vez/semana
Sulfuro de hidrogeno total (mg/l)	< 0,1	1 vez/semana
Sulfuro de hidrogeno no-ionizado (mg/l)	< 0,005	1 vez/semana
Nitritos ( N-NO <sub>2</sub> mg/l)	< 0,5	1 vez/semana
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> mg/l)	0,4 – 0,8	1 vez/semana
Nitrógeno total inorgánico Nitritos (mg/l)	0,5 – 2,0	1 vez/cada 15 días
Silicatos Nitritos (mg/l)	2,0 – 4.0	1 vez/cada 15 días
Fosforo reactivo (PO <sub>4</sub> mg/l)	0,1 – 0,3	1 vez/cada 15 días
Clorofila a (microgramos)	50 - 75	1 vez/cada 15 días
Sólidos totales en suspensión (mg/l)	50 - 150	1 vez/cada 15 días
Potencial Redox en el fondo (mV)	400 - 500	1 vez/cada 15 días

La temperatura y oxígeno disuelto deben medirse dos veces por día en la superficie y en el fondo de cada estanque para determinar si los estanques están estratificados. El oxígeno disuelto del fondo puede medirse doblando la porción terminal del cable del oxímetro en forma de U, amarrando el electrodo al cable por medio de una liga para que la membrana no esté en contacto con el fondo del estanque y se pueda tomar una medida de 12 a 14 cm del fondo uniformemente. Las lecturas deberán registrarse gráficamente para cada estanque.

El monitoreo del pH en el agua es recomendable realizarlo dos veces por día en agua, por la mañana y por la tarde y no deberá de fluctuar en más de 0,5 unidades de pH de la mañana hasta la tarde. La medición de pH en sedimento del estanque es recomendable realizarla cuando menos una vez por semana.

## **PROCEDIMIENTO OPERATIVO 08 – MANEJO Y ACTIVIDADES DE RUTINA**

### **Biometrías**

Estas deberán realizarse semanalmente, por la orilla del estanque desde los muelles (si se quiere evitar ingresar al estanque), también se pueden realizar en lancha a velocidades bajas para no estresar al camarón. Se deberá desinfectar todo el equipo al terminar el muestreo en cada estanque. Los animales muestreados no deberán regresar al estanque.

### **Muestréos poblacionales**

Estos deben realizarse en la madrugada o al anochecer tirando entre 6, 8 ó 10 lances de atarraya por hectárea.

En condiciones especiales que se requiera hacer un sondeo se deberá tirar de 2 a 3 atarrayas por hectárea, para evitar al máximo el estrés en el muestreo, de preferencia hacerlos únicamente cuando haya dudas acerca de la población existente.

## **Detección de enfermedades**

Todo el personal que labore en la estación o granja están obligados a reportar cualquier anomalía en el comportamiento normal de un estanque y deberá notificar de manera inmediata a su jefe inmediato y jefe de producción sobre cualquier tipo de mortalidad que note en un estanque. La respuesta deberá ser inmediata para la toma de muestras las cuales serán de tipo dirigido en compuertas de salida, área de influencia de aireadores y cualquier otro lugar que se considere necesario, con la finalidad de realizar análisis de campo, envío de muestras a laboratorios de referencia o cualquier otra medida de control que el jefe de producción considere.

## **PROCEDIMIENTO OPERATIVO 09 – COSECHA**

Los ciclos de cultivo deberán programarse al inicio del año y ajustados para evitar las épocas frías, según la experiencia en los diferentes lugares y deberá considerarse una fecha máxima o límite para concluir las cosechas proponiendo no excederse al 15 de diciembre de cada año o bien de acuerdo a los cambios climáticos que se presente.

Con la finalidad de establecer la calidad e inocuidad de los camarones cultivados, antes de ser cosechados, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

- Se debe contar con un buen abastecimiento de agua limpia, agua del estanque, de preferencia con presión.
- Hielo elaborado con agua dulce potable que siga los estándares de las normas oficiales establecidas por la autoridad competente.
- Contar con suficiente material para llevar a cabo la cosecha de manera adecuada (redes, trasmallos, recipientes, cubetas, mangueras, motobombas, etc.
- Todo material deber ser fácil de limpiar, es decir no debe de tener dobleces, esquinas pronunciadas, etc.
- Todo el material y los recipientes con los que tenga contacto el camarón deberán ser desinfectados apropiadamente.
- Los materiales tales como recipientes, cubetas, entre otros, no deben presentar orillas o superficies punzo cortantes que puedan dañar a los trabajadores y contaminar el producto.

- El personal con heridas en las manos, brazos y piernas, al igual que aquellos que padezcan alguna enfermedad infecto-contagiosa no podrán participar en actividades de cosecha.
- Cerca del lugar de la cosecha no debe haber materiales que puedan contaminar el producto, tales como residuos de diesel, aceite, gasolina, cal, basura, etc.
- La aplicación de meta bisulfito de sodio debe ser acorde con las concentraciones máximas permitidas y tomando las precauciones señaladas por el fabricante. El nivel de uso recomendado no debe exceder las 100 ppm en la granja (100 mg/Kg de camarón). Además, el nivel de sulfitos deberá monitorearse durante la recepción en la planta de proceso o centro de distribución.
- Deberá evitarse totalmente la presencia de animales domésticos en la estación o granja, la estancia de perros de vigilancia, vacunos, etc., debe estar controlada, durante el cultivo y especialmente durante las actividades de cosecha.
- Con el propósito de evitar contaminación cruzada entre dos centros de producción, estaciones o granjas, se recomienda que todos los productores soliciten a los operadores de camiones que acuden por equipo de cosecha, una boleta de sanitización que avale que este equipo y transporte ha sido desinfectado al salir de la planta de proceso.
- Se recomienda que la estación o granja cuente con sus propias taras, termos y equipo de cosecha en general y que el mismo sea desinfectado antes y después de cada cosecha.
- Se recomienda también el establecimiento de estaciones de cosecha que eviten que los camiones que transportan la cosecha pasen al interior de la estación o granja, ya que estos pueden contaminar otros estanques al derramar agua del hielo derretido. Esta agua puede contaminarse con desechos de camarones de granjas con problemas de enfermedades.
- El camarón cosechado debe ser lavado antes de colocarse en los contenedores donde se sacrifica el camarón por termo-shock. Luego el camarón debe ser pesado y colocado en cajas de cosecha y se enhiela el producto. Otra opción es que después de sacrificarlo por termo shock, el camarón sea pesado y se coloque en termos de 350 Kg en donde se enhiela.

### Anexo No. 3: Resultados de análisis para perfil iónico del agua

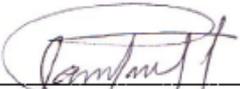


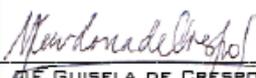
#### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

CLIENTE: USAC-CEMA	DIRECCIÓN: CIUDAD
NÚMERO DE MUESTRA: 22911	TIPO DE ENVASE Y VOLUMEN DE MUESTRA: PLÁSTICO, 1 LITRO
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: MUESTRA 1.4, AGUA DE POZO	PUNTO DE MUESTREO: POZO
FECHA Y HORA DE CAPTACIÓN: 18-05-11; 11:00 HORAS	RESPONSABLE DE CAPTACIÓN: CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 19-05-11; 12:40 HORAS	FECHA DEL REPORTE: 25-05-11
RESPONSABLE: LICDA. ESTRELLA MARROQUÍN	

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
MANGANESO, MN	MG/L	0.120	0.05	0.5	<sup>2</sup> HWAH 8034
SODIO, NA	MG/L	452	-	-	FOTOMETRÍA DE LLAMA
SILICIO, SiO <sub>2</sub>	MG/L	49	-	-	HWAH 8185
DUREZA TOTAL, CaCO <sub>3</sub>	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	393	100.0	500.0	<sup>1</sup> SMEWW 2340 C
CALCIO, CA	MG/L	37	75.0	150.0	SMEWW 3500 CA D
MAGNESIO, MG	MG/L	73	50.0	100.0	SMEWW 3500 MG E
POTASIO, K	MG/L	21	-	-	HWAH 8049
ALCALINIDAD POR BICARBONATOS (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	176	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD TOTAL	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	176	-	-	HWAH 8204
ZINC, ZN	MG/L	<0.04	3.0	70.0	HWAH 8009

1 = STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21<sup>ST</sup> EDITION, 2005, USA.  
 2 = HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK  
 MG/L = MILIGRAMOS POR LITRO (PPM)  
 LÍMITES MÁXIMO ACEPTABLE Y MÁXIMO PERMISIBLE DE ACUERDO CON LA NORMA GUATEMALTECA OGUANOR NSO 29 001 99 PARA AGUA POTABLE  
 < = MENOR DE  
 - = NO ESPECIFICADO EN LA NORMA

  
 QF JAVIER CRESPO SANTOS  
 COLEGIADO 624

  
 QF GUISELA DE CRESPO  
 COLEGIADO 702

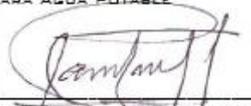
NOTAS:  
<sup>1</sup>LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ANALIZADA.  
<sup>2</sup>ESTE INFORME SÓLO PUEDE SER REPRODUCCION EN SU FORMA TOTAL Y CON APROBACIÓN DEL LABORATORIO.<sup>2</sup>

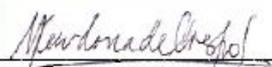
### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

CLIENTE: USAC-CEMA	DIRECCIÓN: CIUDAD
NÚMERO DE MUESTRA: 23011	TIPO DE ENVASE Y VOLUMEN DE MUESTRA: PLÁSTICO, 1 LITRO
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: MUESTRA 1.67, AGUA DE POZO	PUNTO DE MUESTREO: POZO
FECHA Y HORA DE CAPTACIÓN: 18-05-11; 11:00 HORAS	RESPONSABLE DE CAPTACIÓN: CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 19-05-11; 12:40 HORAS	FECHA DEL REPORTE: 25-05-11
RESPONSABLE: LICDA. ESTRELLA MARROQUÍN	

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
MANGANESO, MN	MG/L	0.033	0.05	0.5	<sup>2</sup> HWAH 8034
SODIO, NA	MG/L	581	-	-	FOTOMETRÍA DE LLAMA
SILICIO, SiO <sub>2</sub>	MG/L	43	-	-	HWAH 8185
DUREZA TOTAL, CaCO <sub>3</sub>	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	462	100.0	500.0	<sup>1</sup> SMEWW 2340 C
CALCIO, CA	MG/L	31	75.0	150.0	SMEWW 3500 CA D
MAGNESIO, MG	MG/L	93	50.0	100.0	SMEWW 3500 MG E
POTASIO, K	MG/L	26	-	-	HWAH 8049
ALCALINIDAD POR BICARBONATOS (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	156	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD TOTAL	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	156	-	-	HWAH 8204
ZINC, ZN	MG/L	<0.04	3.0	70.0	HWAH 8009

1 = STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21<sup>ST</sup> EDITION, 2005, USA.  
 2 = HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK  
 MG/L = MILIGRAMOS POR LITRO (PPM)  
 LÍMITES MÁXIMO ACEPTABLE Y MÁXIMO PERMISIBLE DE ACUERDO CON LA NORMA GUATEMALTECA COGUANOR NGO 29 001 99 PARA AGUA POTABLE.  
 < = MENOR DE  
 - = NO ESPECIFICADO EN LA NORMA

  
 QF JAVIER CRESPO SANTOS  
 COLEGIADO 624

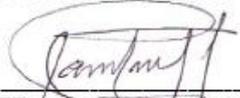
  
 QF GUISELA DE CRESPO  
 COLEGIADO 702

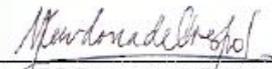
### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

CLIENTE: USAC-CEMA	DIRECCIÓN: CIUDAD
NÚMERO DE MUESTRA: 23111	TIPO DE ENVASE Y VOLUMEN DE MUESTRA: PLÁSTICO, 1 LITRO
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: MUESTRA 3, AGUA DE MAR	PUNTO DE MUESTREO: MAR
FECHA Y HORA DE CAPTACIÓN: 18-05-11; 11:00 HORAS	RESPONSABLE DE CAPTACIÓN: CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 19-05-11; 12:40 HORAS	FECHA DEL REPORTE: 25-05-11
RESPONSABLE: LIDDA. ESTRELLA MARROQUÍN	

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
MANGANESO, MN	MG/L	0.17	0.05	0.5	<sup>2</sup> HWAH 8034
SODIO, NA	MG/L	6,300	-	-	FOTOMETRÍA DE LLAMA
SILICIO, SiO <sub>2</sub>	MG/L	25	-	-	HWAH 8185
DUREZA TOTAL, CaCO <sub>3</sub>	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	5,360	100.0	500.0	<sup>1</sup> SMWW 2340 C
CALCIO, CA	MG/L	376	75.0	150.0	SMWW 3500 CA D
MAGNESIO, MG	MG/L	1,073	50.0	100.0	SMWW 3500 MG E
POTASIO, K	MG/L	74	-	-	HWAH 8049
ALCALINIDAD POR BICARBONATOS (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	128	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD TOTAL	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	128	-	-	HWAH 8204
ZINC, ZN	MG/L	<0.04	3.0	70.0	HWAH 8009

1 = STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21<sup>ST</sup> EDITION, 2005, USA.  
 2 = HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK  
 MG/L = MILIGRAMOS POR LITRO (PPM)  
 LÍMITES MÁXIMO ACEPTABLE Y MÁXIMO PERMISIBLE DE AQUELLO CON LA NORMA GUATEMALTECA OGUANOR  
 NSO 29 001 99 PARA AGUA POTABLE  
 < = MENOR DE  
 - = NO ESPECIFICADO EN LA NORMA

  
 QF JAVIER DRESPO SANTOS  
 COLEGIADO 624

  
 QF GUISELA DE DRESPO  
 COLEGIADO 702

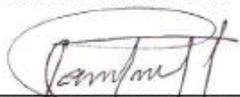
NOTAS:  
<sup>1</sup>LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ANALIZADA.  
<sup>2</sup>ESTE INFORME SÓLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU FORMA TOTAL Y CON APROBACIÓN DEL

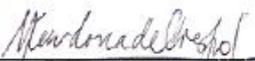
### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

CLIENTE: USAC-CEMA	DIRECCIÓN: CIUDAD
NÚMERO DE MUESTRA: 32411	TIPO DE ENVASE Y VOLUMEN DE MUESTRA: PLÁSTICO, 2 LITROS
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: AGUA DE MAR, MUESTRA NO. 3	PUNTO DE MUESTREO: MAR
FECHA Y HORA DE CAPTACIÓN: 14-07-11; 12:20 HORAS	RESPONSABLE DE CAPTACIÓN: CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 15-07-11; 11:25 HORAS	FECHA DEL REPORTE: 21-07-11
RESPONSABLE: LICDA. ESTRELLA MARROQUÍN	

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
MANGANESO, MN	MG/L	0.275	0.05	0.5	<sup>2</sup> HWAH 8034
SODIO, NA	MG/L	5,880	-	-	FOTOMETRÍA DE LLAMA
SILICIO, SiO <sub>2</sub>	MG/L	24	-	-	HWAH 8185
DUREZA TOTAL, CaCO <sub>3</sub>	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	3,870	100.0	500.0	<sup>1</sup> SMEWW 2340 C
CALCIO, CA	MG/L	561	75.0	150.0	SMEWW 3500 CA D
MAGNESIO, MG	MG/L	600	50.0	100.0	SMEWW 3500 MG E
POTASIO, K	MG/L	240	-	-	HWAH 8049
ALCALINIDAD POR BICARBONATOS (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	118	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD TOTAL	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	118	-	-	HWAH 8204
ZINC, ZN	MG/L	0.26	3.0	70.0	HWAH 8009

1 = STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21<sup>ST</sup> EDITION, 2005, USA.  
 2 = HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK  
 MG/L = MILIGRAMOS POR LITRO (PPM)  
 LÍMITES MÁXIMO ACEPTABLE Y MÁXIMO PERMISIBLE DE ACUERDO CON LA NORMA GUATEMALTEGA COGUANOR NGD 29 001 99 PARA AGUA POTABLE  
 < = MENOR DE  
 - = NO ESPECIFICADO EN LA NORMA

  
 QF JAVIER CRESPO SANTOS  
 COLEGIADO 624

  
 QF GUISELA DE CRESPO  
 COLEGIADO 702

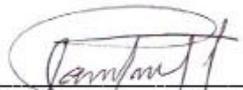
NOTAS:  
 \*LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ANALIZADA.\*  
 \*ESTE INFORME SÓLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU FORMA TOTAL Y CON APROBACIÓN DEL LABORATORIO.\*

### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

CLIENTE: USAC-CEMA	DIRECCIÓN: CIUDAD
NÚMERO DE MUESTRA: 32511	TIPO DE ENVASE Y VOLUMEN DE MUESTRA: PLÁSTICO, 2 LITROS
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: AGUA DE POZO, MUESTRA NO. 1.4	PUNTO DE MUESTREO: POZO
FECHA Y HORA DE CAPTACIÓN: 14-07-11; 12:20 HORAS	RESPONSABLE DE CAPTACIÓN: CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 15-07-11; 11:25 HORAS	FECHA DEL REPORTE: 21-07-11
RESPONSABLE: LICDA. ESTRELLA MARROQUÍN	

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
MANGANESO, MN	MG/L	0.091	0.05	0.5	<sup>2</sup> HWAH 8034
SODIO, NA	MG/L	319	-	-	FOTOMETRÍA DE LLAMA
SILICIO, SiO <sub>2</sub>	MG/L	48	-	-	HWAH 8185
DUREZA TOTAL, CaCO <sub>3</sub>	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	163	100.0	500.0	<sup>1</sup> SMEWW 2340 D
CALCIO, CA	MG/L	23	75.0	150.0	SMEWW 3500 CA D
MAGNESIO, MG	MG/L	25	50.0	100.0	SMEWW 3500 MG E
POTASIO, K	MG/L	18	-	-	HWAH 8049
ALCALINIDAD POR BICARBONATOS (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	183	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD TOTAL	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	183	-	-	HWAH 8204
ZINC, ZN	MG/L	<0.04	3.0	70.0	HWAH 8009

1 = STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21<sup>ST</sup> EDITION, 2005, USA.  
 2 = HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK  
 MG/L = MILIGRAMOS POR LITRO (PPM)  
 < = MENOR DE  
 - = NO ESPECIFICADO EN LA NORMA  
 LÍMITES MÁXIMO ACEPTABLE Y MÁXIMO PERMISIBLE DE ADEUDO CON LA NORMA GUATEMALTEGA COGUANOR NSO 29 001 99 PARA AGUA POTABLE

  
 QF JAVIER CRESPO SANTOS  
 COLEGIADO 624

  
 QF GUISELA DE CRESPO  
 COLEGIADO 702

**NOTAS:**

<sup>1</sup>LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ANALIZADA.<sup>2</sup>

<sup>3</sup>ESTE INFORME SÓLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU FORMA TOTAL Y CON APROBACIÓN DEL LABORATORIO.<sup>3</sup>

### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

CLIENTE: USAC-DEMA	DIRECCIÓN: CIUDAD
NÚMERO DE MUESTRA: 32611	TIPO DE ENVASE Y VOLUMEN DE MUESTRA: PLÁSTICO, 2 LITROS
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: AGUA DE POZO, MUESTRA NO. 1.67	PUNTO DE MUESTREO: POZO
FECHA Y HORA DE CAPTACIÓN: 14-07-11; 12:20 HORAS	RESPONSABLE DE CAPTACIÓN: CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 15-07-11; 11:25 HORAS	FECHA DEL REPORTE: 21-07-11
RESPONSABLE: LICDA. ESTRELLA MARROQUÍN	

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
MANGANESO, MN	MG/L	0.024	0.05	0.5	<sup>2</sup> HWAH 8034
SODIO, NA	MG/L	508	-	-	FOTOMETRÍA DE LLAMA
SILICIO, SiO <sub>2</sub>	MG/L	42	-	-	HWAH 8185
DUREZA TOTAL, CaCO <sub>3</sub>	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	248	100.0	500.0	<sup>1</sup> SMEWW 2340 C
CALCIO, CA	MG/L	23	75.0	150.0	SMEWW 3500 CA D
MAGNESIO, MG	MG/L	46	50.0	100.0	SMEWW 3500 MG E
POTASIO, K	MG/L	25	-	-	HWAH 8049
ALCALINIDAD POR BICARBONATOS (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	153	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD TOTAL	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	153	-	-	HWAH 8204
ZINC, ZN	MG/L	<0.04	3.0	70.0	HWAH 8009

1 = STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21<sup>ST</sup> EDITION, 2009, USA.  
 2 = HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK  
 MG/L = MILIGRAMOS POR LITRO (PPM)  
 LÍMITES MÁXIMO ACEPTABLE Y MÁXIMO PERMISIBLE DE ACUERDO CON LA NORMA GUATEMALTECA COGUANOR NGD 29 001 99 PARA AGUA POTABLE  
 < = MENOR DE  
 - = NO ESPECIFICADO EN LA NORMA

  
 QF JAVIER CRÉSPO SANTOS  
 COLEGIADO 624

  
 QF GUISELA DE CRÉSPO  
 COLEGIADO 702

**NOTAS:**

<sup>1</sup>LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ANALIZADA.<sup>1</sup>

<sup>2</sup>ESTE INFORME SÓLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU FORMA TOTAL Y CON APROBACIÓN DEL LABORATORIO.<sup>2</sup>