

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA -CEMA-**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Comparación de los parámetros físico-químicos del agua, en dos sistemas intensivos de producción de camarón marino *Penaeus vannamei* en la finca camaronera San José, Retalhuleu, Guatemala (Ciclo 1, 2014).**

**Presentado por:**

**T. A. LUIS FELIPE PAZ RIVERA**

**Para otorgarle el título de  
LICENCIADO EN ACUICULTURA**

**Guatemala, mayo de 2018**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA -CEMA-**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Comparación de los parámetros físico-químicos del agua, en dos sistemas intensivos de producción de camarón marino *Penaeus vannamei* en la finca camaronera San José, Retalhuleu, Guatemala (Ciclo 1, 2014).**

**Presentado por:**

**T. A. LUIS FELIPE PAZ RIVERA**

**Asesor: M. Sc. Aldo Vinicio Leiva Cerezo**

**Para otorgarle el título de  
LICENCIADO EN ACUICULTURA**

**Guatemala, mayo de 2018**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA -CEMA-**

**Consejo Directivo**

<b>Presidente</b>	M. Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
<b>Secretaria</b>	M. Sc. Kathy Iturbide Dormond
<b>Representante Docentes</b>	M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
<b>Representante del Colegio de Médicos Veterinarios, Zootecnistas y Acuicultores</b>	M. A. Olga Marina Sánchez Cardona Licda. Liliana Maricruz Maldonado Noriega
<b>Representantes Estudiantiles</b>	T. A. María Alejandra Paz Velásquez T. A. Marcos Estuardo Ponciano Núñez

El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario **Luis Felipe Paz Rivera**, titulado "Comparación de los parámetros físico-químicos del agua, en dos sistemas intensivos de producción de camarón marino *Penaeus vannamei* en la finca camaronera San José, Retalhuleu, Guatemala (Ciclo I, 2014)", da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**



M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle



Guatemala, mayo 2018

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA–, después de conocer el dictamen del asesor Lic. Aldo Vinicio Leiva Cerezo, al trabajo de graduación del estudiante universitario **Luis Felipe Paz Rivera**, titulado “Comparación de los parámetros físico-químicos del agua, en dos sistemas intensivos de producción de camarón marino *Penaeus vannamei* en la finca camaronera San José, Retalhuleu, Guatemala (Ciclo 1,2014)”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Luis Francisco Franco Cabre



Guatemala, mayo 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad San Carlos de Guatemala por abrirme las puertas a la educación superior y darme las herramientas necesarias para superarme académicamente.

A los profesores y trabajadores administrativos del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, por ser un pilar importante en la formación de sus estudiantes y acompañarnos desde el inicio de nuestra carrera como profesionales.

A la empresa Camaronera San José, por el apoyo durante el EPS.

A todos los trabajadores de fincas de producción acuícola, por ser la fuerza bruta que apoya y genera alimento de calidad. Ya que pocas veces es reconocido su esfuerzo, sacrificio, desvelo, mala alimentación, trabajo bajo la lluvia, soportando frío, sol y largas jornadas de trabajo. Gracias por enseñarme que no tengo límites.

## DEDICATORIA

- A DIOS: Por darme la fuerza intangible en cada paso que doy en mi vida.
- A MIS PADRES Por darme todo lo que tienen sin límites, su apoyo, amor, paciencia y guiarme en el camino de mi vida.
- A MIS HERMANAS Por ser el regalo más valioso que me dieron mis padres.
- A Leonel Carrillo, Carolina Marroquín,  
Luis Franco y Vinicio Leiva. Por su amistad, apoyo, consejos, paciencia y conocimientos transmitidos durante este tiempo.
- A mi novia Liliana Maldonado Por su tiempo, dedicación y esfuerzo para lograr que finalizara esta tesis. Muchas gracias, TE AMO LINDA.
- A MIS AMIGOS DE LA PROMOCION  
CEMA 2008-2009. Por los recuerdos, horas de estudio y viajes que compartimos.
- A toda aquella persona que aún no se ha encontrado en la vida. Que nunca es demasiado tarde para empezar un nuevo camino y comenzar a hacer lo que realmente te hace feliz. Y que los 2 días más importantes en tu vida, fue el día en que naciste y será el día en que descubres para qué naciste. No estás deprimido, estás distraído.

## RESUMEN

En Guatemala a pesar de la limitación en cuanto a extensión territorial, los productores de camarón marino en la costa sur se han tecnificado de una manera exponencial, incrementando la producción a través de sistemas intensivos e híper intensivos.

Durante los últimos 10 años, los productores de camarón marino en Guatemala, progresivamente han recubierto sus estanques con liner o geomembranas. El objetivo de disminuir la utilización de estanques con fondo de tierra es controlar la permeabilidad del agua, darles un manejo más adecuado a los fondos y con ello mejorar la calidad del agua que se maneja.

La importancia de esta investigación radica en que los parámetros deben ser óptimos durante todo el ciclo de producción evitando así puntos críticos que generen estrés a los organismos, de lo contrario, el cultivo en su totalidad, enfrenta un alto riesgo de ser afectado por brotes de enfermedades y mortalidades.

La investigación permitió comparar el comportamiento de los parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad, nitritos, nitratos, amonio, fosfatos, y transparencia) y biológicos (fitoplancton) en 2 sistemas de la Finca San José S.A. del sector Jovel. En un sistema intensivo en 5 estanques rústicos de tierra y 5 estanques revestidos con liner. A través de muestreos semanales se determinó la calidad de agua, lo cual apoyó en la toma de decisiones a lo largo del ciclo para beneficio del cultivo y reducción de pérdidas económicas.

Los parámetros físico-químicos se encontraron dentro de los rangos aceptables para el cultivo de camarón marino *P. vannamei*, teniendo algunas variaciones entre los dos sistemas de cultivo en época lluviosa debido a la influencia del agua dulce.

En relación al fitoplancton en la Finca San José, el grupo que presentó mayor abundancia en los estanques revestidos con liner fueron las clorofitas y la de mayor presencia en los tanques de tierra fueron las diatomeas y los dinoflagelados.



## ABSTRACT

In Guatemala despite the limitation in terms of territorial extension, the marine shrimp producers on the south coast have become technically exponential, increasing production through intensive and hyper-intensive systems.

During the last 10 years, the producers of marine shrimp in Guatemala have progressively coated their ponds with liner or geomembranes. The objective of reducing the use of ground-bottom ponds is to control the permeability of the water, to give them a more adequate management of the bottoms and thereby improve the quality of the water that is handled.

The importance of this research lies in the fact that the parameters must be optimal throughout the production cycle, avoiding critical points that generate stress for the organisms, otherwise, the crop as a whole faces a high risk of being affected by outbreaks of diseases and mortalities.

The investigation allowed comparing the behavior of the physical-chemical parameters (temperature, dissolved oxygen, pH, salinity, nitrites, nitrates, ammonium, phosphates, and transparency) and biological (phytoplankton) in 2 systems of the San José S.A. of the Jovel sector. In an intensive system in 5 rustic land ponds and 5 ponds lined with liner. Through weekly sampling the water quality was determined, which supported in the decision making along the cycle for crop benefit and reduction of economic losses.

The physico-chemical parameters were found in acceptable ranges for the cultivation of marine shrimp *P. vannamei*, having some variations between the two cultivation systems in the rainy season due to the influence of fresh water.

In relation to the phytoplankton in the San José farm, the group that showed the greatest abundance in the liner-lined ponds were the chlorophytes and the one with the greatest presence in the land tanks were diatoms and dinoflagellates.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	3
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	4
3.1 Marco referencial	4
3.1.1 Manejo de la calidad de agua	4
3.1.2 La acuicultura en Guatemala	5
3.2 Marco conceptual	6
3.2.1 Camarones peneidos	6
3.2.2 Cultivo de camarón	7
3.2.3 Alimentación del camarón blanco <i>L. vannamei</i>	9
3.2.4 Productividad primaria	11
3.2.5 Microalgas	11
3.2.6 Factores que inciden en la producción de camarón	14
<b>4. OBJETIVOS</b>	23
4.1 Objetivo general.	23
4.2 Objetivo específico.	23
<b>5. METODOLOGÍA</b>	24
5.1 Ubicación geográfica.	24
5.2 Variables	26
5.3 Diseño	27
5.3.1 Tipo de diseño	27
5.3.2 Descripción del muestreo	28
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	30
6.1 Parámetros físico químicos y biológicos en el cultivo de camarón	30
6.1.1 Temperatura	30
6.1.2 Oxígeno disuelto	31
6.1.3 Potencial de hidrogeno	32
6.1.4 Salinidad	33
6.1.5 Transparencia	34

6.1.6 Amonio	35
6.1.7 Nitrito	36
6.1.8 Nitrato	37
6.1.9 Ortofosfato	38
6.2 Fitoplancton	39
<b>7. CONCLUSIONES</b>	42
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	44
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b>	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No. 1</b>	Cadena alimenticia en un estanque	10
<b>Figura No. 2</b>	Variación de la productividad en función de la radiación solar	13
<b>Figura No. 3</b>	Principal efecto de limitación para las microalgas	13
<b>Figura No. 4</b>	Estratificación termal en un estanque relativamente profundo	16
<b>Figura No. 5</b>	Saturación de OD respecto a la temperatura	17
<b>Figura No. 6</b>	Mapa de Guatemala, ubicación de la zona de estudio	25
<b>Figura No. 7</b>	Finca Camaronera San José. Sector Jovel y Acapolón	26
<b>Figura No. 8</b>	Muestras de calidad de agua debidamente etiquetadas	29
<b>Figura No. 9</b>	Microscopio para observar el conteo de microalgas	29
<b>Figura No. 10</b>	Promedios semanales de la temperatura en ambos sectores en horas de la mañana (a.m.) y la noche (p.m.)	30
<b>Figura No. 11</b>	Promedios semanales de la concentración de oxígeno disuelto en ambos sectores durante el ciclo de cultivo	32
<b>Figura No. 12</b>	Promedios mensuales del pH durante el día en ambos sectores durante el ciclo de cultivo	33
<b>Figura No. 13</b>	Promedios mensuales de la salinidad en ambos sectores durante el ciclo de cultivo	34
<b>Figura No. 14</b>	Promedios mensuales de la transparencia en ambos sectores durante el ciclo de cultivo	35
<b>Figura No. 15</b>	Promedios mensuales de amonio en ambos sectores durante el ciclo de cultivo	36
<b>Figura No. 16</b>	Promedios mensuales del nitrito en ambos sectores durante el periodo de cultivo	37
<b>Figura No. 17</b>	Promedios mensuales de nitratos en ambos sectores durante el periodo de cultivo	38
<b>Figura No. 18</b>	Promedios mensuales de ortofosfatos en ambos sectores durante el período de cultivo	39

<b>Figura No. 19</b>	Abundancia promedio del fitoplancton en los estanques recubiertos con liner durante el período de cultivo	40
<b>Figura No. 20</b>	Abundancia promedio del fitoplancton en estanques de tierra durante el período de cultivo	41

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla No. 1</b>	Comparativo entre las variables de los diferentes tipos de cultivo de camarón blanco en Guatemala	8
<b>Tabla No. 2</b>	Rangos de calidad de agua recomendados para cultivo de camarón	12
<b>Tabla No. 3</b>	Formas y concentraciones de parámetros fisicoquímicos óptimos para el cultivo de <i>P. vannamei</i>	15
<b>Tabla No. 4</b>	Efecto del oxígeno disuelto en un tanque	18
<b>Tabla No. 5</b>	Influencia del pH en el camarón	19
<b>Tabla No. 6</b>	Rangos óptimos y tolerancia de salinidad para <i>P. vannamei</i>	20
<b>Tabla No. 7</b>	Relación entre la visibilidad del Disco de Secchi y la proliferación del fitoplancton	20.
<b>Tabla No. 8</b>	Variables biológicas y ambientales evaluadas en cada piscina de cultivo para muestreo	27

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la camaronicultura a nivel mundial, se ha visto incrementada debido a la sobreexplotación de las poblaciones naturales, la falta de ordenamiento pesquero y la destrucción del ecosistema marino, teniendo como consecuencia la disminución de las poblaciones naturales (Auró y Ocampo, 2006).

En la última década la camaronicultura en Guatemala ha tomado mayor auge y tecnificación, a pesar de verse limitada en extensión territorial en comparación con otros países de la región Latinoamericana, factor que ha generado que los productores se vuelvan altamente tecnificados y produzcan en sistemas intensivos e hiper intensivos. Teniendo como objetivo satisfacer el mercado nacional e internacional, el cual es altamente remunerado por la demanda y baja oferta de camarón marino procedente de la pesca.

Aunque enfrentan diariamente riesgos como: disminución en el oxígeno disuelto durante la madrugada, alta concentración de microalgas no deseadas, ya que algunas pueden ser tóxicas o producir daños y obstrucción en branquias, alta concentración de parámetros tóxicos de nitritos, nitratos, amonio y fosfatos, que pueden incrementar los riesgos de mortalidad asociadas a bajas concentraciones de oxígeno.

Por lo que es de gran importancia el monitoreo de los parámetros físico-químicos en los sistemas de cultivo para la correcta toma de decisiones preventivas en el manejo; llevando registro de los muestreos, control, análisis para reducir la incertidumbre, evitar pérdidas económicas por mortalidad y ayudar en la toma de decisiones y medidas correctivas.

La finca San José S. A. es una finca productora de camarón marino *Penaeus vannamei*. Ésta se encuentra ubicada en el Km. 218 en la costa sur, 2da calle sur del Parcelamiento El Rosario del municipio de Champerico, departamento de Retalhuleu. Cuenta con 35 estanques que tienen un total de 37.37 Ha de espejo de agua, destinadas para sistemas intensivos de producción. Desde su creación en el año de 1986 la producción se ha realizado en estanques de tierra, pero en el año 2013 se inició el proceso de revestir con liner de manera escalonada iniciando con 6.

En promedio, más del 90% del camarón producido en la finca es para exportación en tallas comerciales de 15 a 20 gr, durante ciclos de 3 a 4 meses; con densidades promedio de cultivo de 100 a 150 org/m<sup>2</sup>.

Debido al aumento de la densidad en los estanques, también han aumentado las desventajas de poder mantener un ambiente adecuado de la calidad de agua, por lo que es importante tener un monitoreo más constante de los parámetros físico-químicos y biológicos en el sistema.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las fincas productoras de camarón marino es necesario el control de los parámetros físico-químicos y biológicos durante todo el ciclo de cultivo, para que la calidad de agua sea óptima para el camarón. Generalmente, la principal fuente de agua de las unidades de producción son los esteros, los cuales son además fuente de uso público, descarga de aguas negras y acarrear efluentes de la industria cañera, pesticidas y escorrentía de aguas arriba. Éstos, al ser la fuente principal deben monitorearse constantemente, pues al interactuar con los organismos en un sistema con incremento de la carga de alimentación y acumulación de materia orgánica, la calidad de agua se ve alterada. Esta condición aumenta la disparidad de tallas y las posibles mortalidades por el creciente riesgo de brotes de enfermedades.

Con el afán de mantener sistemas más controlados, las fincas han incorporado liner a sus estanques. Esto mejora la rentabilidad pues no requiere un proceso de seco sanitario, facilitando el manejo por limpieza y sanitización y reduce la materia orgánica. Todo ello impacta en la generación de amonio y en los cambios directos en los parámetros de calidad de agua.

Los parámetros de calidad del agua monitoreados *in situ* son: T°, OD, transparencia y salinidad, durante todo el día. Los parámetros físico-químicos de pH, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> y biológicos son monitoreados eventualmente, lo cual repercute en el ciclo en un alto coste de producción, menor porcentaje de sobrevivencia y una constante degradación de los fondos.

Las altas densidades de producción incrementan el consumo de alimento, haciendo necesaria la implementación de un sistema de aireación con base a la densidad de camarones/m<sup>2</sup> (sistemas intensivos). En estos sistemas es necesario tener un mayor control de los parámetros de calidad de agua para evitar el riesgo de pérdidas económicas.

La presente investigación permitió comparar el comportamiento de los parámetros físico-químicos y biológicos en 2 sistemas intensivos de producción de camarón marino, 1 sistema de estanques rústicos con fondo de tierra y el otro de estanques recubiertos por liner.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Marco referencial**

La camaronicultura es la actividad de cultivo de camarones bajo condiciones de cautiverio, con fines de producción, comercialización e industrialización por medio de la tecnología. Esta ha adquirido importancia a nivel mundial, llegando a niveles de producción mayor que la pesca extractiva, que se ha estancado por los altos costos de las faenas de pesca y reducción de las poblaciones naturales de camarón silvestre, por carecer de un correcto plan de pesca sostenible a nivel mundial. El consumo de camarones se ha expandido con la demanda de los países industrializados. El mantenimiento de parámetros favorables de calidad de agua, es un aspecto esencial en el cultivo de camarón debido al riesgo por bajas concentración de oxígeno disuelto (Bicenty, 2008).

Uno de los factores determinantes en el éxito de una empresa de producción acuícola es el componente de calidad de agua con la que se trabaja, base de la producción de los organismos de manera eficiente (Hernández, 2012).

Los sistemas de cultivo intensivo utilizan agua salobre, bombeos directos del mar y en algunos casos agua de pozo con baja salinidad que están ubicados cerca de las costas (Cifuentes, Torres, y Frías, 1997).

##### **3.1.1 Manejo de la calidad de agua**

La calidad de agua del estanque es un punto crítico en el proceso de producción y debe ser controlada en los parámetros físicos, químicos y biológicos. Éstos deben ser adecuados y mantenidos dentro de rangos aceptables para el buen desarrollo del camarón. En caso contrario, la población de cultivo podría presentar un bajo crecimiento semanal, representado en los muestreos de alimentación, brotes de enfermedades, eventuales mortalidades en la madrugada y bajo porcentaje de sobrevivencia al momento de la cosecha final (Cuéllar, Lara, Morales, De García y Suarez, 2010).

Los estanques de cultivo de camarón son cuerpos de agua dinámicos en los cuales interactúan factores físico-químicos como pH, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto. De igual manera participan nutrientes orgánicos e inorgánicos afectando a las poblaciones microbianas propias del estanque, base para una buena producción y protección de la calidad ambiental. La granja acuícola debe contar con un plan para el monitoreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos de los estanques, en el cual se definan los procedimientos a seguir; estableciendo puntos específicos para la medición de los parámetros y manuales de procedimientos con el fin de mantener condiciones de muestreo, para no afectar los datos obtenidos. Las muestras que van a ser sometidas a pruebas de laboratorio, deben ser manejadas adecuadamente hasta el momento de su análisis (Cuéllar, Lara, Morales, De García y Suarez, 2010).

El deterioro de la calidad del agua puede afectar severamente la salud de los camarones al punto de poner en riesgo la población entera. De ahí la necesidad de implementar un sistema de monitoreo diario de los parámetros físicos y químicos de agua, que permitan anticipar y corregir el desarrollo de condiciones adversas de calidad de agua, con el fin de restablecer las condiciones óptimas en el sistema de cultivo (Cifuentes, Torres, y Frías, 1997).

### 3.1.2 La acuicultura en Guatemala

La acuicultura es una actividad relativamente nueva en Guatemala. Tuvo sus inicios en el año 1954, con programas de fomento de piscicultura rural con la colaboración de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. La visión que se tenía para el desarrollo fue de orden de seguridad alimentaria. Emulando el éxito en otras latitudes, se inició con la introducción de la tilapia *Oreochromis sp.* como un pez de fácil cultivo y de alto valor nutricional. Los esfuerzos se concentraron en áreas rurales donde existía un supuesto potencial debido al abundante recurso hídrico (Tay, 2014).

Durante la década de 1970, con iniciativa privada, se inicia de forma experimental el cultivo de camarón marino *Penaeus sp.* siendo la primera granja camaronera registrada oficialmente en 1981. Las condiciones climáticas del país (principalmente temperaturas con variaciones muy pequeñas a lo largo del año) favorecían el rápido crecimiento de los organismos, con la

posibilidad de obtener hasta cuatro ciclos de cultivo en un año; ubicando las granjas camaroneras en lugares acordes a las condiciones ambientales semejantes de los organismos. Además, de contar con ventajas tales como tierras que hasta el momento se consideraban sin importancia económica, pero siendo aptas para la camaronicultura, semilla silvestre abundante de buena calidad a bajos precios durante todo el año y un buen mercado internacional; propiciaron que entre 1985 y 1990 se observara un incremento del 207% del área construida para el cultivo de camarón (Marroquín, 2000).

Fue también durante el principio de los años noventa cuando las prácticas de cultivo se mejoraron intensificando los sistemas de siembra hasta alcanzar en algunos casos densidades de 100 camarones por metro cuadrado y en la mayoría de cultivos sobrevivencias arriba del 80%. Entre 1990 a 1993 se presentaron las primeras dificultades para el sector camaronero. Que se debieron a deficiencias tecnológicas y la falta de oportunidades de financiamiento para proyectos acuícolas. Las dificultades fueron superadas por medio de una mayor tecnificación de los cultivos y mejoras en el manejo técnico de los estanques (Marroquín, 2000).

Durante los últimos 30 años el sector acuícola en Guatemala se ha tecnificado para lograr la sostenibilidad y generar un producto de mejor calidad. Según Vides (2018), en el 2017 se incrementó un 24% en comparación al año anterior un ingreso de divisas por camarones, tilapia, atún, dorado y alimentos balanceados. La industria camaronera apunta a el crecimiento de los pequeños productores, los cuales se están agremiando y conforma alrededor de 100 empresas (Vides, 2018).

## **3.2 Marco conceptual**

### **3.2.1 Camarones peneidos**

Los camarones son crustáceos del orden de los decápodos, viven tanto en aguas dulces como saladas, así como en regiones templadas y tropicales. Suelen ser transparentes, de color rosado o castaño. Los peneidos se reproducen todo el año por lo que cada mes pueden encontrarse individuos de diferentes estadios que atraviesan diferentes etapas de su ciclo de vida (Espinoza, 2014).

Se encuentran en zonas intertropicales y subtropicales. Viven la mayor parte del tiempo en zonas influenciadas por deltas, estuarios o lagunas; sobre fondos generalmente fangosos, fango-arenosos o arenosos, ricos en materia orgánica. Son omnívoros que ingieren materia orgánica variada, como camarones que se encuentran en estadios de muda. Bajo condiciones de altas densidades, moribundos o en estado de descomposición y materia vegetal. Aprovechando la proteína proveniente de otros artrópodos y bacterias que colonizan los sedimentos (Fernández, 2011).

### 3.2.2 Cultivo de camarón

Existen diferentes sistemas de producción para el cultivo de camarón blanco (Tabla No. 1). Estos dependen básicamente de las variables que incluyen: densidad de siembra, alimento natural, alimento balanceado e implementación de sistemas de aireación mecánica o de inyección (Tay, 2014).

Las técnicas para el cultivo se pueden dividir en cuatro sistemas: extensivos, semi-intensivos, intensivos e hiper-intensivos, donde las densidades de siembra van de baja a media, alta y extremadamente alta (Food and Agriculture Organization [FAO], 2006).

**Tabla No. 1** Comparativo entre las variables de los diferentes tipos de cultivo de camarón blanco en Guatemala.

Tipo de cultivo	Densidad de siembra camarones/m <sup>2</sup>	Bombeo	Alimentación	Aireación Mecánica	Sobrevivencia	Rendimiento Lb/Ha	Incidencia enfermedades
<b>Extensivo</b>	3 a 5	Baja dependencia	Baja dependencia	No dependencia	90-100	1,500- 2,000	Baja
<b>Semi-intensivo</b>	6 a 30	Alta dependencia	Media dependencia	Media dependencia	80-95	5,000-8,000	Baja
<b>Intensivo</b>	31 a 150	Baja dependencia	Alta dependencia	Alta dependencia	60-85	12,000-18,000	Alta

**Fuente:** Tay, 2014.

- Sistema Extensivo

Este tipo de cultivo está definido, básicamente, por la cantidad de organismos que se siembran por metro cuadrado. Ha sido uno de los más practicados desde el inicio de la camaronicultura. La densidad de siembra varía dependiendo del país, pero de manera general se puede decir que es de 3-5 camarones/m<sup>2</sup>. Este cultivo requiere de poco cuidado pues se estimula la producción de fitoplancton como fuente de oxígeno y alimento natural, por medio de fertilización. Este cultivo ya no es practicado en Guatemala, pero si se practica en otros países de la región centroamericana como Honduras y Nicaragua (Tay, 2014).

- Sistema Semi-Intensivo

Este sistema de siembra puede ser de 6-30 camarones/m<sup>2</sup>. Dependen de alimentos balanceados y no necesita de aireación mecánica. El oxígeno en estos cultivos es manejado por medio de la estimulación de fitoplancton y recambios periódicos de agua en los estanques de cultivo. Es utilizado principalmente por productores de mediana escala en Guatemala (Tay, 2014).

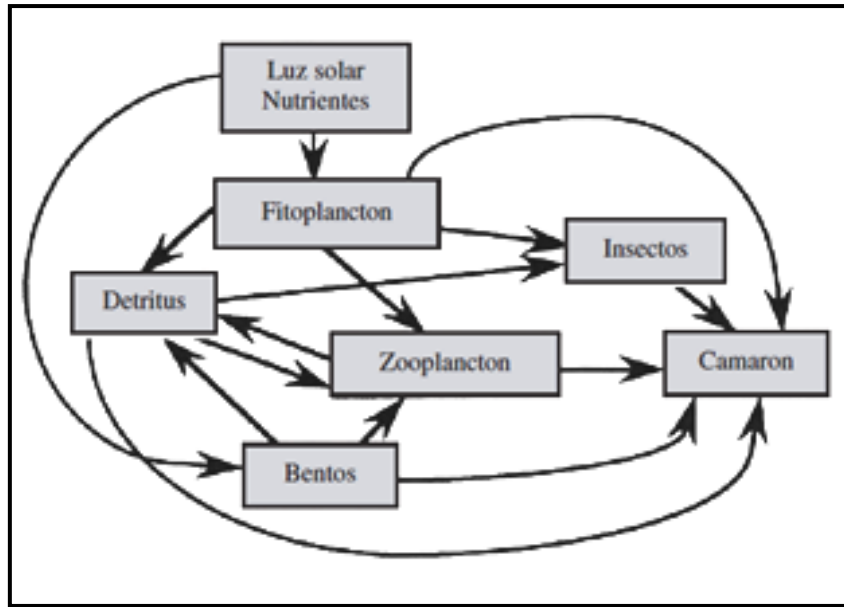
- Sistema Intensivo e Híper-intensivo

Esta clase de cultivo es el más practicado en Guatemala, con densidades de siembras de 31-150 organismos/m<sup>2</sup>, generalmente en áreas pequeñas de 0.5 a 1Ha. En promedio la densidad más utilizada es de 65 organismos/m<sup>2</sup>. Dependiendo del grado de inversión económica, depende en su totalidad de alimento balanceado de alta calidad proteica, aireación mecánica durante el desarrollo del cultivo, aplicación de bacterias y melaza para la degradación de materia orgánica y recambios constantes por reposición de agua debido a los sifoneos de los lodos en fondos. Por las altas densidades, el oxígeno es el factor limitante de toda producción acuícola (Tay, 2014).

En estos sistemas se suele utilizar la recirculación y un limitado o nulo porcentaje de recambio de agua. Las densidades de siembra son altas, acompañadas de aireación mecánica; a diferencia de los sistemas tradicionales de cultivo de camarón. Estos sistemas dependen de la comunidad microbiana para la reutilización de nutrientes, que se acumulan por la degradación del alimento y deshechos (Limsuwan, 2005).

### 3.2.3 Alimentación del camarón blanco *P. vannamei*

El manejo del estanque se ve reflejado en el aumento del crecimiento semanal de los camarones, la conversión alimenticia y el tiempo hasta la talla de cosecha. Estos son factores de importancia económica por los costos en la producción, raciones de alimento balanceado, gastos de energía eléctrica por uso de aireación y otros gastos que implica la producción. La red trófica en un estanque inicia con los productores primarios, microorganismos suspendidos en la columna de agua. Éstos le otorgan cierto grado de coloración al agua que puede variar en tonalidades de color: verde, roja o café, dependiendo del género y especie dominante de microalgas siendo las diatomeas, el género deseado en cultivos de camarón (Figura No.1) (Boyd, s. f.).



**Figura No. 1.** Cadena alimenticia en un estanque (Boyd, s.f.)

Cuando se incrementa la concentración de fitoplancton, se refleja en un aumento de las poblaciones de otros organismos que sirven de alimento en la cadena trófica. Usualmente se añaden fertilizantes inorgánicos para incrementar las fuentes naturales, acompañado de alimento balanceado para incrementar la producción (Boyd, s.f.).

- Alimentación en cultivo intensivo

Galindo y cols., (2009); Jaime y cols., (2009); Fraga y cols., (2010) mencionan que el costo del alimento artificial representa del 30 al 40% del total de los costos. El manejo adecuado del alimento, una buena práctica de alimentación y la dosificación apropiada brindan un máximo rendimiento, menores costos de producción y una práctica amigable al ambiente (Amaral y cols., 2003; Seiffer y Andreatta, 2004 en: Fraga y Jaime, 2011).

En sistemas intensivos, la alimentación parte estrictamente del abastecimiento de piensos formulados específicamente para camarón, los cuales garantizan la rentabilidad de la producción. Las prácticas para brindar el alimento al estanque han evolucionado, desde dosificación al boleo, empleo de comederos testigo o distribución en forma de “L” a los costados del estanque (Bador, 1998).



El alimento balanceado utilizado para camarón marino a lo largo de todo el ciclo de cultivo está ligado directamente al porcentaje de proteína cruda, la cual va de 30 a 35%. Éste se brinda según el peso en gramos en que el organismo se encuentre y el porcentaje dictado según tablas de alimentación brindadas por las casas maquiladoras del alimento (Bador, 1998).

#### 3.2.4 Productividad primaria

Es el proceso biológico mediante el cual se sintetizan compuestos orgánicos ricos en energía utilizando el CO<sub>2</sub>, agua y otros nutrientes. Los principales productores primarios son las macroalgas, microalgas, cianobacterias y dinoflagelados; presentes en la columna vertical acuática que conforman el primer nivel trófico alimentario, y el más abundante, compuesto por organismos microscópicos (Gómez, 2015).

De acuerdo a Gómez (2015), los factores que modulan la productividad primaria de forma general son:

- Disponibilidad de nutrientes (concentración y fuente de origen)
- Calidad, orientación espacial, intensidad de horas luz
- Temperatura
- Salinidad
- pH
- Disponibilidad de oxígeno y dióxido de carbono

#### 3.2.5 Microalgas

Son indicadores de condiciones ambientales según su concentración en el medio. Son un grupo heterogéneo de organismos microscópicos fotosintéticos. Su tamaño varía desde menos de 1 µm hasta varios milímetros. Se consideran los principales productores primarios en muchos sistemas acuáticos conformando la parte fundamental en la cadena trófica. Su estudio se inició a principios de los años 1,800 con el desarrollo del microscopio y su componente más estudiado es el fitoplancton (Universidad de la República de Uruguay, 2015).

No todas las microalgas son adecuadas y deseables en un estanque de cultivo de camarón. Las diatomeas son consideradas las más deseables por influir en la cadena trófica, alimentación y producción de oxígeno. Las cianofitas y dinoflagelados son consideradas especies indeseables por ser tóxicas para los organismos cultivados, otras dan olores y sabores indeseables a los tejidos de peces o camarones cultivados (Córdova, Torres, y Porchas, 2004).

Al ser el primer eslabón de la cadena alimenticia en el ambiente acuático, son utilizadas como biocombustibles, fertilizantes, alimento animal y medicamentos. Las microalgas se clasifican según su auto o heterotroficidad (Tabla No. 2).

**Tabla No. 2** Clasificación de microalgas

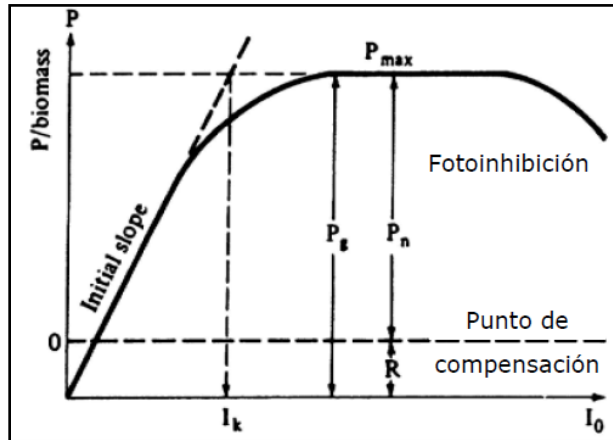
<b>Procariotas</b>	<b>Eucariotas</b>
División Cyanophyta (cianobacterias)	División Chlorophyta (clorofitas)
División Prochlorophyta (proclorofitas)	División Euglenophyta (euglenofitas)
	División Dynophyta (dinoflagelados)
	División Cryptophyta (criptofitas)
	División Heterokontophyta (diatomeas, crisofitas, xantofitas y otras).
	División Prymnesiophyta y Raphidophyta

**Fuente:** Universidad de la República de Uruguay, 2015

Factores condicionantes de la calidad de agua

- Luz

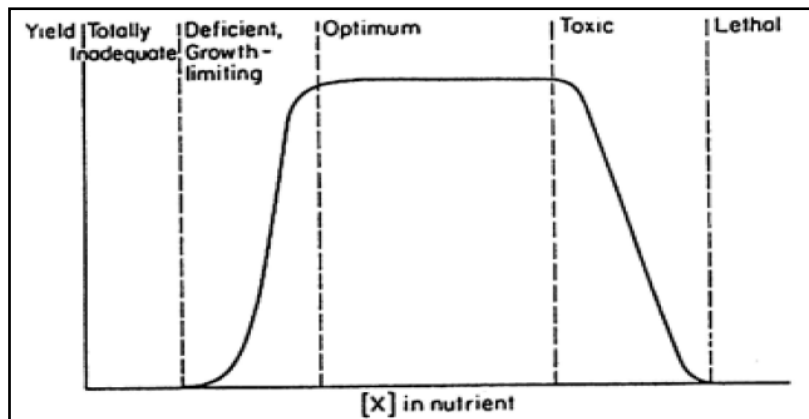
La composición espectral sufre cambios con la profundidad del agua debido a diferencias en los coeficientes de absorción y difracción (fenómeno por el cual se produce una desviación de los rayos luminosos cuando pasan por un cuerpo opaco o por una abertura de diámetro menor o igual que la longitud de onda) en comparación con el aire y la superficie. La productividad está estrechamente relacionada a la radiación solar (Figura No. 2) (Universidad de la República de Uruguay, 2015).



**Figura No. 2** Variación de la productividad en función de la radiación solar  
 Tomado de: Universidad de la República de Uruguay, 2015

- Nutrientes

La disponibilidad de nutrientes en el agua puede limitar, saturar o inhibir el crecimiento de las microalgas. Son los principales factores que afectan la calidad del agua en la acuicultura. Dentro de sus principales limitaciones está la disminución en los pigmentos fotosintéticos, aumento de compuestos de reserva de carbono y disminución de las proteínas. El carbono, fósforo, nitrógeno y sílice (para uso de las diatomeas) pueden ser limitantes en aguas naturales (Figura No. 3) (Universidad de la República de Uruguay, 2015).



**Figura No. 3** Principal efecto de limitación para las microalgas  
 Tomado de: Universidad de la República de Uruguay, 2015

Floraciones de fitoplancton: éstas se producen por una excesiva carga de nutrientes. Al morir las microalgas forman materia orgánica, la cual es descompuesta por bacterias que aprovechan las bajas concentraciones de oxígeno (Boyd, 1989).

Las causas de que el agua se contamine son por el aumento de los nutrientes (P y N), aumento de la temperatura, alteración de la cadena trófica y disminución en la salinidad. Las consecuencias de la contaminación son: disminución del oxígeno (anoxia), transparencia, producción de toxinas y disminución de la biodiversidad (Universidad de la República de Uruguay, 2015).

### 3.2.6 Factores que indican en la producción de camarón

- Rangos de calidad de agua en el cultivo de camarón

Los parámetros físico-químicos analizados en la acuicultura, tienen límites permisibles mínimos y máximos que se deben tomar en cuenta para mantener un control en cualquier cultivo. Los camarones requieren de una concentración adecuada de iones para satisfacer sus necesidades de ósmosis, pero no tienen estrictos requerimientos de iones individuales. La concentración de estos parámetros para el camarón es un factor crítico en su crecimiento, reproducción, supervivencia y tolerancia a las enfermedades (Tabla No. 3).

- **Tabla No. 3** Formas y concentraciones de parámetros fisicoquímicos óptimos para el cultivo de *P. vannamei*

Elemento	Forma en agua	Concentración objetivo
Temperatura	T°	28 – 32 °C
Oxígeno	Oxígeno molecular (O <sub>2</sub> )	5-15 mg/L
Salinidad		0ppt-35ppt
Hidrógeno	H <sup>+</sup> [-log (H <sup>+</sup> ) – pH]	pH 7-8.5
Nitrógeno	Nitrógeno molecular (N <sub>2</sub> )	Saturación o menor
	Amonio ionizado (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0.2 – 2 mg/L
	Amonio no ionizado (NH <sub>3</sub> )	<0.1 mg/L
	Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0.2 – 10 mg/L
	Nitrito (NO <sub>2</sub> )	<0.23 mg/L
Sulfuro	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	500 -3,000 mg/L
	Sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S)	No detectable
Carbono	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1 – 10 mg/L
Calcio	Ion de calcio (Ca <sup>2+</sup> )	100 – 500 mg/L
Magnesio	Ion de magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	100 – 1,500 mg/L
Sodio	Sodio (Na <sup>+</sup> )	2,000 – 11,000 mg/L
Potasio	Ion de Potasio (K <sup>+</sup> )	100 – 400 mg/L
Bicarbonato	Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	75 – 300 mg/L
Carbonato	Carbonato ionizado (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	0 – 20 mg/L
Cloro	Ion Cloro (Cl <sup>-</sup> )	2,000 – 20,000 mg/L
Fósforo	Ion Fosfato (HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	0.005 – 0.2 mg/L
Silicio	Silicato (H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ), (HSiO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	2 – 20 mg/L

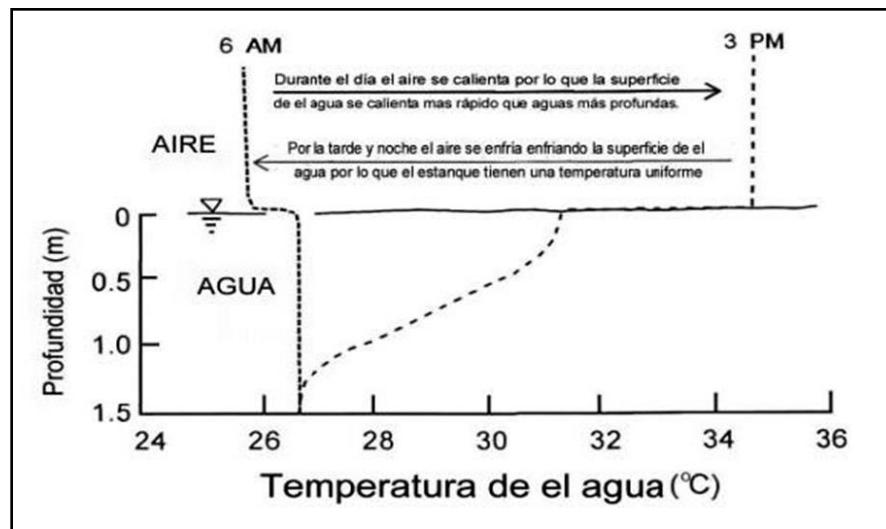
**Fuente:** Boyd, s.f.

Cada especie necesita de parámetros óptimos para su desarrollo, por lo cual es de importancia conocer los requerimientos para un correcto manejo. El agua es el medio en el que se desarrollan durante todo su ciclo de vida por lo que es necesario conocer y registrar el comportamiento de los parámetros, a fin de contar con la información necesaria para la prevención de enfermedades, control y toma de decisiones respecto a fertilizaciones, recambios o cosechas (Reguera, Moreira, Méndez. 2011).

- Temperatura

Determina el desarrollo de diversos procesos, de forma que un aumento de la misma modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La actividad biológica se duplica aproximadamente cada diez grados (efecto del Q10). Un ejemplo de ello en el camarón es que su crecimiento es dos veces más rápido, y consume el doble de oxígeno a 30°C que a 20°C, por lo que el requerimiento de oxígeno disuelto es más crítico a temperaturas mayormente cálidas. Por ello los factores ambientales, en particular las variables de calidad del agua, son más críticos conforme aumenta la temperatura (Boyd, s. f.).

El rango óptimo de temperatura a lo largo del año para que el camarón pueda desarrollarse adecuadamente es de 25-32 °C, característico de las aguas tropicales. En el trópico generalmente se obtienen tres ciclos de cultivo al año; en áreas subtropicales se obtiene de uno a dos ciclos. La estratificación térmica tiene a menudo un patrón diario. Durante el día la temperatura del agua aumenta formando una capa cálida en la superficie. Durante la noche ésta disminuye mientras que la del fondo conserva la temperatura. Por ello las capas se mezclan manteniendo una temperatura uniforme (Figura No.4) (Boyd, s. f.).

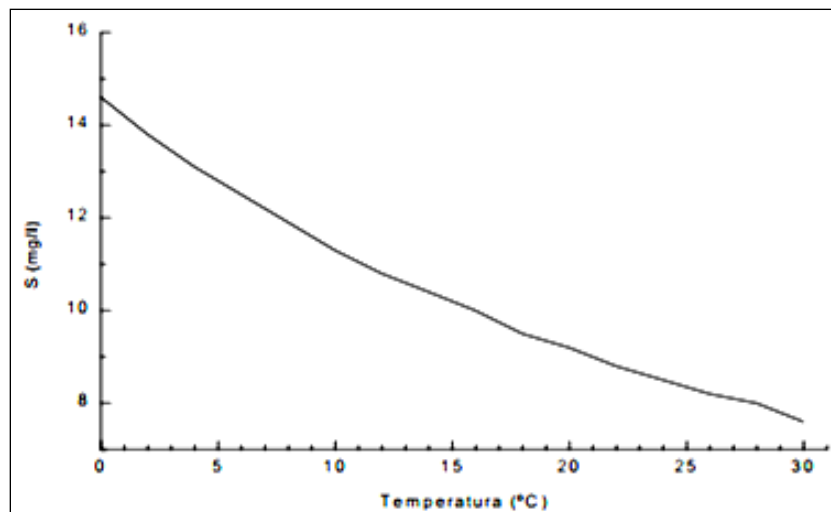


**Figura No. 4** Estratificación termal en un estanque relativamente profundo (Boyd, s. f.).

- Oxígeno disuelto (OD)

Es un parámetro de vital importancia dentro del ecosistema acuícola, siendo la variable más crítica en la calidad de agua de un estanque. Si la concentración no es óptima durante todo el cultivo, la vulnerabilidad de tener pérdidas económicas es mayor. La solubilidad del oxígeno en el agua está ligada a la temperatura, a mayor temperatura menos oxígeno disuelto. Por otra parte, si el agua está contaminada con una alta carga de materia orgánica, se incrementa la concentración de microorganismos y el oxígeno disuelto tiende a disminuir. La saturación también desciende a medida que incrementa la salinidad. Cuando la salinidad es alta el agua retiene menos oxígeno disuelto que con bajas concentraciones. Las bajas concentraciones de oxígeno, prolongados durante el ciclo de cultivo disminuyen la tasa de crecimiento, aumentan la conversión alimenticia, provocan inapetencia y letargia (Martínez, 2008).

La concentración de oxígeno disuelto es un parámetro indicativo de la calidad de agua que se determina *in situ* mediante un electrodo de membrana, expresándolo en mg/L. Se relaciona con la temperatura del agua, por lo que si ésta disminuye o aumenta lo afecta directamente. La concentración máxima de OD en el intervalo normal de temperaturas es de aproximadamente 9 mg/L. Valores de menos de 3 mg/L, suelen considerarse un riesgo para el cultivo (Figura No. 5).



**Figura No. 5** Saturación de OD respecto a la temperatura (Jiménez, y Barba, 2000)

Los efectos de condiciones bajas de oxígeno disuelto, se manifiestan en crecimientos lentos y una mayor susceptibilidad a enfermedades (Tabla No.4). En estanques con descensos crónicos por largos períodos de tiempo se ve reducido el consumo de alimentos balanceados y aumento en el índice de conversión alimenticia, comparado con un estanque que presenta niveles estables a lo largo del cultivo (Boyd, s. f.).

**Tabla No. 4** Efecto del oxígeno disuelto en un estanque

<b>Concentración de oxígeno disuelto</b>	<b>Efecto</b>
Menor de 1 - 2 mg/L	Letal si la exposición dura más que unas horas.
2-5 mg/L	Crecimiento lento si la baja de oxígeno disuelto se prolonga.
5 mg/L saturación	Mejor condición para crecimiento adecuado.
Sobresaturación	Puede ser dañino si las condiciones existen por todo el estanque.

**Fuente:** Boyd, 2014.

Es importante hacer las mediciones de OD a las 6:00 horas y 13:00 horas para conocer el valor máximo y mínimo durante el día. Durante la noche y madrugada es de vital importancia la medición y registro de los parámetros para evitar pérdidas por falta de oxígeno. En los estanques, el oxígeno disuelto proviene del agua de recambio, la fotosíntesis, aireación mecánica y en menor grado el que se disuelve de la superficie con la atmósfera. Las menores concentraciones de oxígeno se observan durante la madrugada y las mayores a la última hora del día. Se consideran rangos normales de concentración entre 4 y 9 ppm. Se debe evitar no solo una baja concentración, sino también valores superiores a 10 ppm, ya que esto indicaría una excesiva concentración de fitoplancton que puede producir una baja drástica de oxígeno durante la noche y madrugada (FAO, 1988).

- Influencia del pH en el camarón

El pH del cultivo está influenciado por varios factores como la concentración de fitoplancton y la actividad fotosintética, que tienen un efecto directo en el aumento de pH; debido a que el



fitoplancton hace uso del CO<sub>2</sub> disponible en el agua y disminuye sus concentraciones. El CO<sub>2</sub> es el responsable de la acidez, debido a que con el agua forma el ácido carbónico; por lo tanto, su disminución produce una baja en la acidez y un aumento en el pH (Martínez, 2008).

Un aumento mayor a 9 unidades de pH ocasiona que el amoníaco ionizado que no es tóxico pase a la forma de amonio no ionizado, el cual es tóxico para el camarón a concentraciones relativamente bajas. La degradación de materia orgánica debido a la actividad microbiana produce metabolitos ácidos como ácido sulfhídrico, metano y amonio que contribuyen a la disminuir el pH. Valores muy bajos ocasionan problemas en branquias, lo cual interfiere con la respiración; y en la hemolinfa afectando la actividad enzimática (Martínez, 2008).

Cada especie necesita un rango determinado de pH que permita un crecimiento óptimo (Tabla No. 5).

**Tabla No. 5** Influencia del pH en el camarón

<b>Efecto</b>	<b>pH</b>
Punto de acidez letal	4
No reproducción	4.1 – 5
Crecimiento lento	4.1 – 5.9
Mejor crecimiento	6 – 9
Crecimiento lento	9.1 – 11
Punto letal de alcalinidad	11.1 - >

**Fuente:** Martínez, 2008.

- Salinidad

Es la concentración total de 7 iones disueltos, cuyo valor promedio de concentración en el agua de mar es: sodio (10,500 mg/L), magnesio (1,450 mg/L), calcio (400 mg/L), potasio (370 mg/L), cloruro (19,000 mg/L), sulfato (2,700 mg/L) y bicarbonato (142 mg/L). En promedio el agua de mar tiene una salinidad de 34.5 ppm; el agua salobre de los esteros puede variar su según las lluvias y escorrentías, disminuyendo o aumentando durante la época de sequías (Tabla No. 6). Los estuarios con acceso limitado al mar tienen mayor salinidad durante la temporada de sequía

ya que los iones se concentran por la evaporación, y disminuyen conforme se aleja de la boca del estuario; y estratifican de acuerdo a la profundidad que presente el estuario (Jiménez, y Barba, 2000).

**Tabla No. 6** Rangos óptimos y de tolerancia a salinidad para *P. vannamei*

Rango óptimos	Rango de tolerancia
10 – 30 ppt	0.1 – 50 ppt

Fuente: Morla, s. f.

- Luz

Es uno de los factores que pueden ser limitantes para el crecimiento de fitoplancton en el medio natural y pueden tener variantes como la profundidad, turbidez y corrientes (Tabla No. 7). En lugares donde la luz, temperatura y concentraciones de nutrientes no son limitantes y las proporciones son óptimas entre ellos, son los factores que determinan la dominancia de los grupos taxonómicos de fitoplancton (Páez, 2008).

**Tabla No. 7** Relación entre la visibilidad del Disco de Secchi y la proliferación del fitoplancton

Lectura del Disco de Secchi (cm)	Comentarios
Menor de 25 cm	Estanque con demasiado sedimento, se debe a problemas por partículas suspendidas del suelo.
25-30 cm	Si es por partículas de suelo suspendidas se considera excesivo.
30-45 cm	Si es por fitoplancton, el estanque está en buenas condiciones.
45-60 cm	Baja concentración de fitoplancton, se vuelve escaso.
Mayor de 60 cm	El agua es demasiado clara, la productividad es inadecuada y pueden crecer plantas acuáticas.

Fuente: Boyd, s. f.

- Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )

Su presencia en el agua es el resultado de los desechos de la alimentación. Son tóxicos en concentraciones mayores a los límites permisibles para el cultivo de camarón; en aguas bien oxigenadas la concentración no suele superar 0.1mg/L. En la cadena del ciclo del nitrógeno el nitrito se encuentra en un estado de oxidación intermedio entre el amoníaco y el nitrato; que en concentraciones elevadas reacciona dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas que son tóxicos en animales, y cancerígenas para los humanos (Hernández, 2012).

Valores por encima de 1.0 mg/L representan un riesgo para el desarrollo de la vida acuática y del ecosistema; en condiciones controladas los niveles se pueden incrementar debido a la alta concentración de organismos, alimento balanceado, agua disponible que es bombeada de los canales de abastecimiento, industrias, escurrientías y aguas residuales domésticas (Vilaseca, 2006).

- Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )

Son la especie nitrogenada de mayor interés ya que constituyen uno de los nutrientes esenciales para el desarrollo de los organismos autótrofos fotosintéticos, siendo la forma química de mejor absorción pese a que en esta especie el nitrógeno está muy oxidado y debe ser reducido hasta el estado de oxidación del grupo amino. Concentraciones elevadas promueven el desarrollo, mantenimiento y proliferación de fitoplancton, algas bentónicas y macrófitas, que contribuyen con la eutrofización dentro del ecosistema acuático. Esta proliferación conlleva a su muerte y descomposición completando así el ciclo de crecimiento, disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto, y elevando la carga de materia orgánica en degradación dentro del cultivo. Las muertes masivas de algas durante la madrugada y primeras horas del día son el resultado por la eutrofización (Hernández, 2012).

- Ortofosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ )

El fósforo se presenta en aguas naturales y residuales casi exclusivamente bajo la forma de fosfatos. Generalmente es el nutriente limitante para la productividad fitoplanctónica en los estanques acuícolas. Los suelos del fondo del estanque absorben fuertemente el fósforo y debido a su insolubilidad, el fósforo sujeto al suelo tiene poca disponibilidad para el fitoplancton que vive libremente en el agua del estanque y no está en contacto directo con el suelo. Por lo que la disponibilidad de fósforo del suelo del estanque para el fitoplancton, depende del intercambio de fósforo entre el suelo y el agua del estanque (Ramírez, 2014).

- Amonio ( $\text{NH}_4^+$ )

El amonio ionizado ( $\text{NH}_4^+$ ) y el amoníaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) se encuentran altamente relacionados por el equilibrio químico ( $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ) que dependen del pH y la temperatura del agua. A medida que estos valores aumentan la concentración de  $\text{NH}_3$  también aumenta y disminuye la concentración de  $\text{NH}_4^+$ . El amonio no ionizado es muy tóxico, mientras que el amónico ionizado es apreciablemente mucho menos tóxico. La acción tóxica de  $\text{NH}_3$  puede causar: destrucción del epitelio branquial; estimulación de la glucólisis y supresión del ciclo de Krebs; inhibición de la producción de ATP y reducción de sus niveles; alteración de la actividad osmorreguladora y disrupción del sistema inmunológico (Boyd, s. f.).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

- Comparar los parámetros físico-químicos y biológicos del agua de 2 sistemas intensivos de cultivo de camarón marino *P. vannamei*, uno en estanques con fondo de tierra y otro en estanques recubiertos con liner.

### 4.2 Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de los parámetros físico-químicos del agua en sistemas intensivos de producción de *P. vannamei* en estanques con fondo de tierra y en estanques recubiertos con liner.
- Determinar el efecto de liner en la calidad de agua de un sistema intensivo de cultivo de camarón marino durante un ciclo de cultivo.
- Analizar la presencia y cantidad de fitoplancton en un sistema intensivo de camarón marino en estanques con fondo de tierra y estanques recubiertos con liner.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Ubicación geográfica

La finca camaronera San José S. A., se encuentra ubicada en el municipio de Champerico, departamento de Retalhuleu. El terreno, desde 1986, ha sido utilizado como una finca productora de camarón blanco *Penaeus vannamei* en sistema intensivo y extensivo, anteriormente llamada camaronera JOVEL S.A.

Está localizada en el área rural a 4 km de distancia del municipio de Champerico en el kilómetro 218, en la 2da calle sur del Parcelamiento El Rosario, municipio de Champerico, departamento de Retalhuleu. Colinda al norte con caserío Jovel, al sur con Océano Pacífico, al este con la finca San Patricio y al oeste con Camarones del Sur S.A. (CAMARSA) (Vargas, 2005).

El sector Jovel posee 37 Ha., con 35 estanques rústicos de tierra rectangulares y 7 estanques recubiertos con liner. Todos con una dimensión promedio de 0.6 a 2 Ha. Utiliza sistemas de aireación de paleta de 16 Hp/Ha, utilizado motores con capacidad de 2Hp.; un total de 8 motores/Ha. La producción de camarón es específicamente en sistemas intensivos (120 camarones/m<sup>2</sup>). El promedio de peso a la cosecha de 16 g en un tiempo aproximado de 3.5 meses.

La finca San José se localiza a 39 Km de distancia de la ciudad de Retalhuleu y a 226 Km de la Ciudad de Guatemala (Figura No.7). Esta se divide en dos sectores, siendo Jovel el más uniforme en cuanto dimensiones de estanques.

Los estanques de tierra siempre llevaban una preparación previa al llenado, aplicando 300 lb/Ha de cal al boleado de manera uniforme, y posteriormente un secado durante 15 días. Finalmente se ara y retira los excedentes de materia orgánica.

El departamento de Retalhuleu se encuentra situado en la región VI o región Sur Occidental. Su cabecera departamental es Retalhuleu. Está a 239.39 metros sobre el nivel del mar, y a una

distancia de 190 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala. Cuenta con una extensión territorial de 1856 kilómetros cuadrados, con los siguientes límites departamentales: al Norte con Quetzaltenango, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con Suchitepéquez; y al Oeste San Marcos y Quetzaltenango. Se ubica en la latitud  $14^{\circ} 32' 07''$  y longitud  $91^{\circ} 40' 42''$ . Su clima es generalmente cálido, aunque el departamento posee una variedad de climas debido a su topografía. Su suelo es naturalmente fértil, inmejorable para toda clase de cultivos (Culturapeteneraymas, 2011).

El municipio de Champerico es uno de los nueve municipios del departamento de Retalhuleu. Se encuentra situado en la región VI-Sur occidente con una extensión territorial de 416 km<sup>2</sup>. Limita al norte con el departamento de Quetzaltenango, al sur con el Océano Pacífico, al este con Suchitepéquez y al oeste con San Marcos y Quetzaltenango. Las coordenadas geográficas del municipio son latitud  $14^{\circ}17'31''$ , longitud  $91^{\circ}54'47''$  (Figura No. 6).



**Figura No. 6** Mapa de Guatemala, ubicación de la zona de estudio (Trabajo de campo, 2014)



**Figura No. 7** Finca Camaronera San José. Sector Jovel y Sector Acapulón (Google Maps, 2014)

## 5.2 Variables

Se muestrearon 10 estanques (5 de fondo de tierra y 5 revestidos con liner) del sector Jovel, a los cuales se le evaluaron las variables de temperatura, oxígeno, pH, salinidad, nitritos, nitratos, amonio, fosfatos, transparencia y fitoplancton, durante el primer ciclo de cultivo, de marzo a junio del 2014 (16 semanas en temporada seca) (Tabla No. 8).



**Tabla No. 8** Variables biológicas y ambientales evaluadas  
en cada estanque de cultivo para muestreo

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medición</b>	<b>Método</b>
Temperatura ( <i>in situ</i> )	°C	Diaria	Sonda multiparámetros YSI550a
Oxígeno ( <i>in situ</i> )	mg/L	Diaria	Sonda multiparámetros YSI550a
Potencial de hidrógeno (pH) en agua ( <i>in situ</i> )	Unidades de pH	Semanal	Sonda multiparámetros YSI550a
Salinidad ( <i>in situ</i> )	g/L	Diaria	Sonda multiparámetros YSI550a
Transparencia ( <i>in situ</i> )	cm	Semanal	Disco de sechi
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	Semanal	Spectroquant NOVA 60
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/L	Semanal	Spectroquant NOVA 60
Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup>	mg/L	Semanal	Spectroquant NOVA 60
Nitritos(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	Semanal	Spectroquant NOVA 60
Fitoplancton (diatomeas, clorofitas, cianofitas y dinoflagelados)	cel/mL	Semanal	Microscopio

**Fuente:** Trabajo de campo, 2014.

### 5.3 Diseño

#### 5.3.1 Tipo de diseño

Se realizó un muestreo dirigido a 10 estanques en el sector Jovel, divididos en dos sistema, el primero con estanques de fondo de tierra, y el segundo con estanques revestidos de liner; para determinar el comportamiento de los parámetros físico-químicos y biológicos en un sistema intensivo. Todos los tanques contaron con las mismas dimensiones de 0.9 a 1 Ha., densidad de siembra de 120 camarones/m<sup>2</sup>, sistemas de aireación de paleta de 16 Hp/Ha, alimentación inicialmente al boleó y a la cuarta semana con 50 bandejas de PVC/Ha. El horario de

alimentación de 4 veces por día era igual en todos los estanques, así como el mismo abastecimiento de agua (estero Jovel).

### 5.3.2 Descripción del muestreo

La metodología consistió en realizar muestreos diarios para las variables *in situ* y las demás una vez a la semana, iniciando la toma de muestra a las 8 de la mañana, con el propósito de evitar que la temperatura influyera en la toma de parámetros. La temperatura, pH, oxígeno y salinidad fueron medidos *in situ* con una sonda multiparamétrica YSI550a.

La toma de muestras se realizó en la salida de agua de los estanques, con la ayuda de un tubo de PVC y una válvula anti retorno de agua (válvula check), para tomar la muestra a media columna de agua.

Las muestras se colocaron en frascos plásticos de 500 ml, se rotularon (número de muestra, nombre de la persona que colectó la muestra, fecha de muestreo, número de estanque, sector, observaciones adicionales) y se sellaron para evitar pérdidas al momento del transporte.

Ya colectadas las muestras se introdujeron en hieleras con hielo para conservarlas. Se llevaron al laboratorio de control de calidad de la finca para realizar los análisis de los parámetros físico químicos: nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y fitoplancton.

Las muestras en el laboratorio fueron analizadas con el equipo Spectroquant NOVA 60 de Merck, con sus respectivos kits de análisis para nitritos (11776), nitratos (14942), amonio (114752) y fosfatos (114543). Éstas muestras fueron examinadas con el equipo apropiado (pipetas, cubetas, bandas medidoras de pH, tubos de ensayo con sus respectivos tapones, gradillas, bata, guates, lentes de seguridad).



**Figura No. 8** Muestras de calidad de agua debidamente etiquetadas (Trabajo de campo, 2014)

Para el conteo de microalgas, se utilizó la cámara de Sedgewick Rafter, el proceso consistió en depositar una gota en la ranura para llenar el espacio equivalente a 1 ml y cubrir con el cubre objetos. Luego se procedió al conteo de 20 celdas utilizando el microscopio con el objetivo 20X para realizar la evaluación a las muestras de microalgas y determinar la abundancia (células/ml) de diatomeas, clorofitas, cianofitas y dinoflagelados.



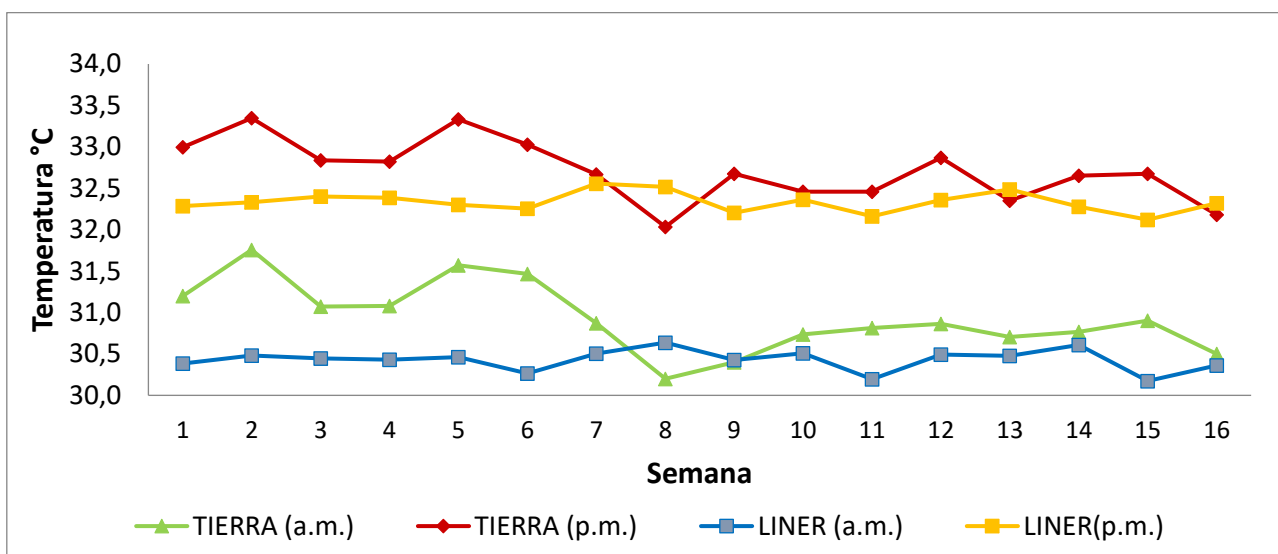
**Figura No. 9** Microscopio para observar el conteo de microalgas (Trabajo de campo, 2014)

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Parámetros físico químicos y biológicos en el cultivo de camarón

#### 6.1.1 Temperatura

Las especies de camarón marino de aguas cálidas crecen mejor a temperaturas entre 25-32°C. Estos rangos de temperatura a lo largo del año son característicos de las aguas costeras (Boyd, s.f.). Para los estanques revestidos de liner se presentó una temperatura mínima promedio semanal de 30.4 °C y una máxima de 32.6 °C; mientras que en los estanques de tierra se obtuvo un promedio mínimo de 30.2 °C y un máximo de 32.9 °C (Figura No.10).



**Figura No. 10** Promedios semanales de la temperatura en ambos sectores en horas de la mañana (a.m.) y la noche (p.m.) (Trabajo de campo, 2014)

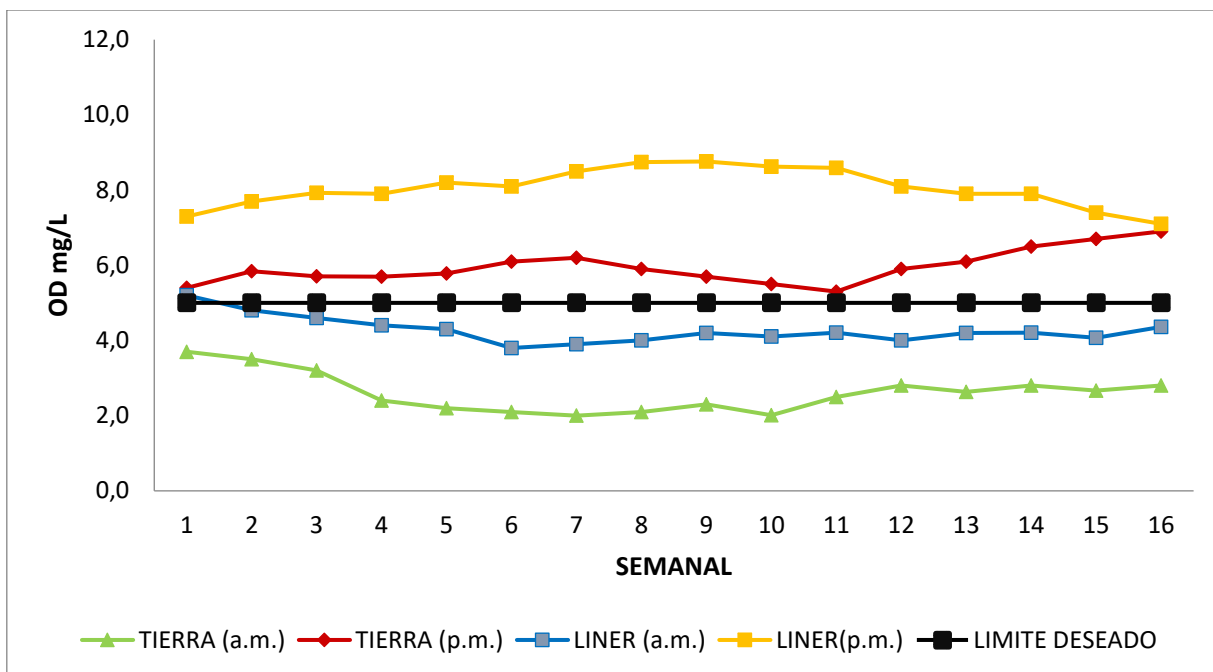
Es de importancia registrar las variaciones durante las horas del día ya que la que la temperatura cambia mucho del día a la noche, por esta razón se debe de medir dos veces por día, una vez en la mañana y una vez en la tarde para que las temperaturas no lleguen a sus rangos extremos (<20 - >40 °C) y de esta forma tener control de las variaciones que puedan generar estrés en el camarón y ser posibles detonantes ante enfermedades.

Se observa que la temperatura promedio mensual para ambos tipos de estanques disminuye de mayo a junio, lo que se debe al inicio de la época lluviosa. Las temperaturas más altas en marzo se deben a la época de verano.

### 6.1.2 Oxígeno disuelto

Es de gran importancia en el cultivo de camarón, ya que puede poner en riesgo la pérdida total en un estanque si éstos valores descienden de 2 a <1.5 mg/L. Las bajas de OD generan estrés, volviendo a los camarones susceptibles a enfermedades que se encuentran en el medio acuático. Existen otros factores ligados al OD como la productividad primaria, estadios de muda, consumo de alimento y recambios de agua (Boyd,s.f.).

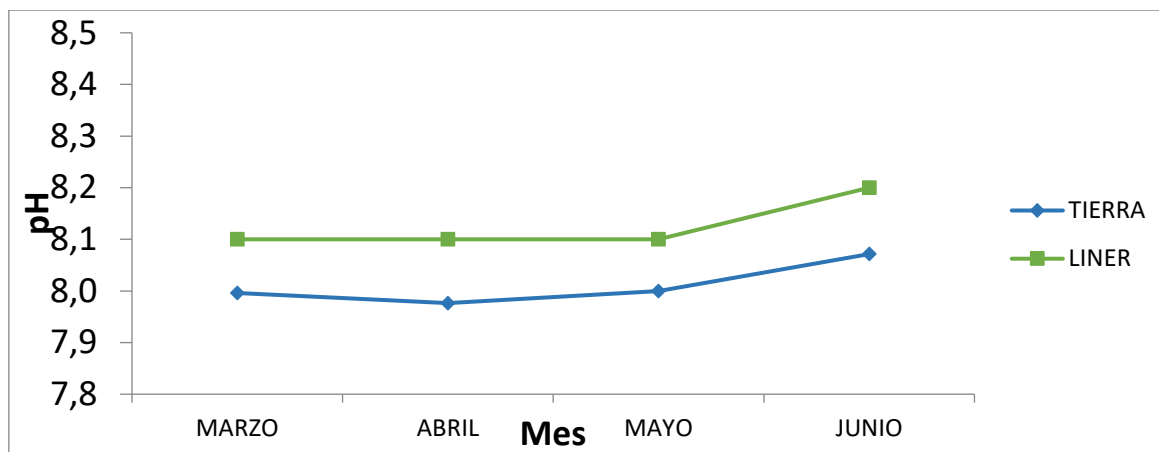
Los 2 sistemas presentaron valores distintos de OD. En los estanques recubiertos de liner las variaciones durante la mañana y la noche fueron más estables, manteniéndose levemente bajo el límite deseado, pero sin ser una baja de oxígeno significativa. En comparación los estanques de tierra presentaron una menor concentración de oxígeno durante las horas de la madrugada, éstas se ven reflejadas en los resultados de las 7:00 a.m. Esto se pudo deber a una baja concentración de microalgas dentro de la columna de agua, mayor retención de materia orgánica y un mayor consumo de oxígeno para la degradación de nutrientes del ciclo de cultivo anterior (Figura No.11).



**Figura No. 11** Promedios semanales de la concentración de oxígeno disuelto en ambos sectores durante el ciclo de cultivo (Trabajo de campo, 2014)

### 6.1.3 Potencial de hidrógeno

Los valores promedios del pH fueron tomados en la mañana a las 7:00 a.m., presentaron leves variaciones al final del ciclo del cultivo, conforme aumentaba la carga de nutrientes y el crecimiento de los camarones. Se mantuvo dentro del rango óptimo para el cultivo (Figura No. 12).



**Figura No. 12** Promedios mensuales del pH durante el día en ambos sectores durante el ciclo de cultivo (Trabajo de campo, 2014)

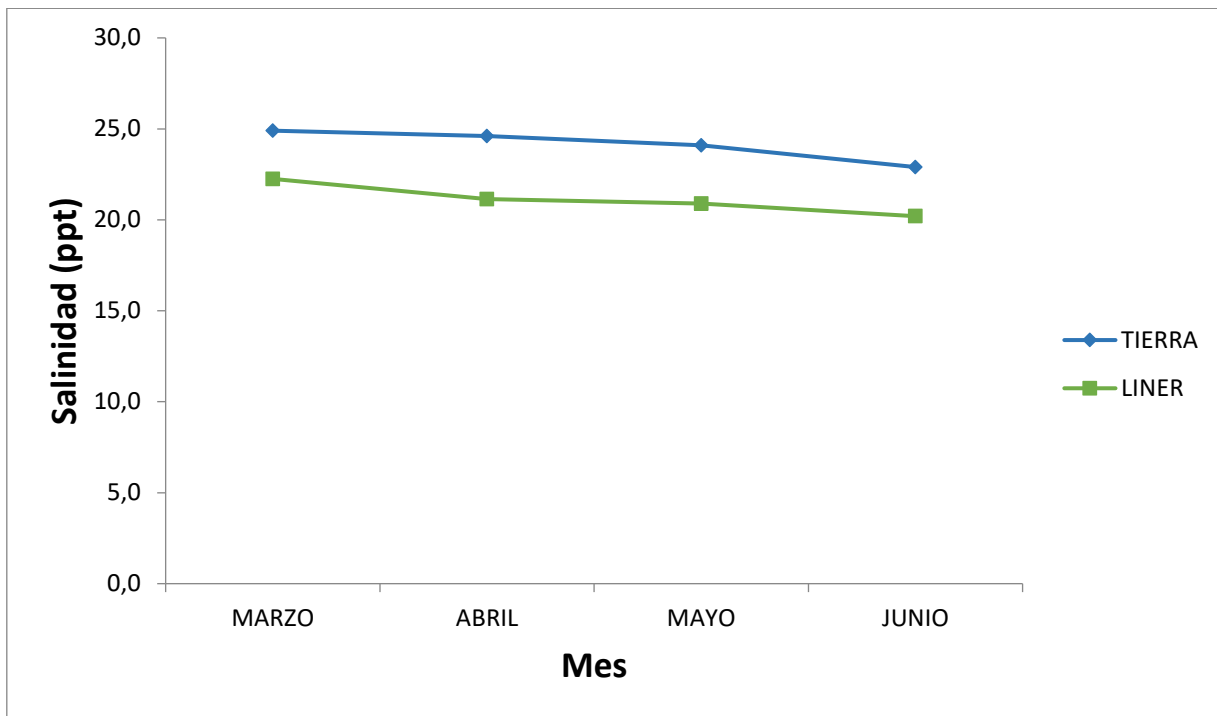
Los estanques de agua salobre generalmente tienen un pH de 7 y 8 durante la mañana, pero en la tarde ascienden de 8 a 9 (Martínez, 2008). Los valores de pH medidos en el agua de ambos sistemas, no presentaron diferencias significativas a lo largo del ciclo del cultivo. Se presentó un mínimo de 8.1 y un máximo de 8.2 unidades por la mañana para los estanques de liner y en los de tierra se presentó un mínimo de 8.0 y un máximo de 8.2. Estos valores se encuentran en un rango aceptable según los valores empleados para la producción de camarón que van de 7.5-8.5 de valor de pH.

#### 6.1.4 Salinidad

El camarón blanco *P. vannamei* y *P. monodon* así como otras especies de penaeidos, pueden ser cultivados exitosamente en estanques costeros con salinidad entre 1 y 40 ppt. A salinidades superiores a 5 ppt la producción mejora. Los camaroneros usualmente son cultivados a salinidades entre 20 y 25ppt (Boyd,s.f.).

Los valores presentados en los 2 sistemas de cultivo, demuestran que existe un descenso de la salinidad con forme ingresa la época lluviosa (mayo y junio). No existe una diferencia significativa entre los estanques recubiertos con liner y los de fondo de tierra, por que no se realizaron recambios y el abastecimiento de los mismo fue de la misma fuente (estero Jovel).

El descenso registrado de 2 ppm en promedio de los dos sistemas fue por el ingreso de agua dulce de lluvia y salada de los estanques (Figura No.13).

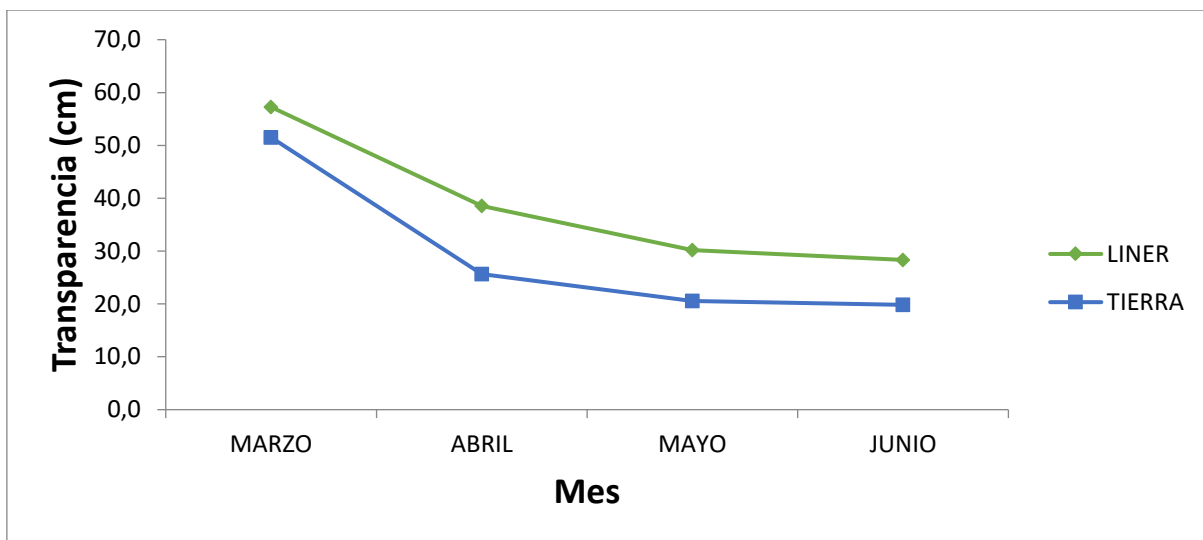


**Figura No. 13** Promedios mensuales de la salinidad en ambos sectores durante el ciclo de cultivo (Trabajo de campo, 2014)

#### 6.1.5 Transparencia

El comportamiento en ambos sectores fue similar, ya que al inicio del cultivo la carga de materia orgánica y nutrientes en el medio era baja (Tabla No. 6). Conforme transcurrieron los meses de cultivo, el alimento balanceado y las excretas de los camarones aportaron mayor cantidad de nutrientes y materia en suspensión al medio, lo cual redujo la transparencia (turbidez en el agua) y aumentó la carga en el medio (Figura No.14).





**Figura No. 14** Promedios mensuales de la transparencia en ambos sectores durante el ciclo de cultivo (Trabajo de campo, 2014)

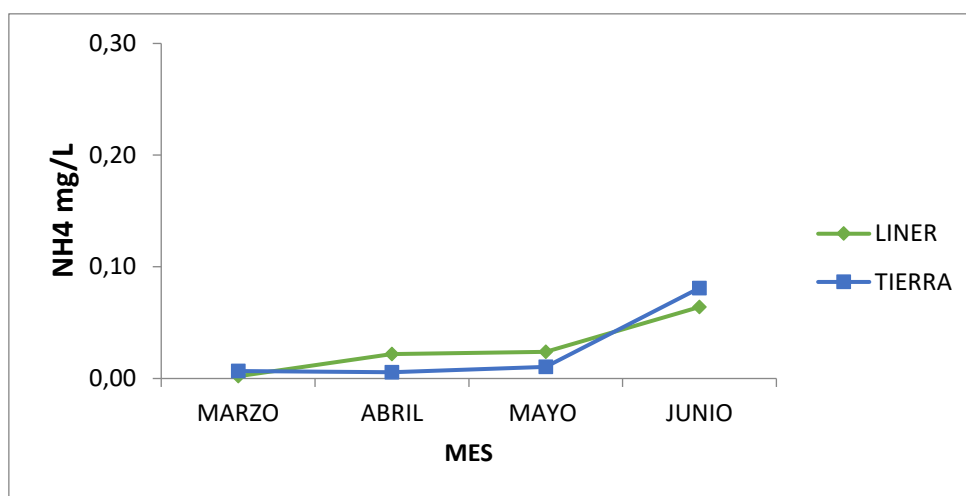
La transparencia del agua está reflejada por la carga de los estanques, la alimentación y el bajo o nulo recambio de agua. Cuando la transparencia es menor a 25 cm, es indicador de excesiva turbidez. En este punto se pueden presentar problemas de oxígeno y como consecuencia ocasionar que la productividad sea alta.

Para el mes de marzo en el sector de los estanques de tierra, la transparencia según el Disco de Secchi (50 cm) fue escaso; para el sector de los estanques recubiertos por liner los rangos óptimos se presentaron en el mes de abril. En los meses de mayo a junio para el sector de tierra la turbidez llegó a ser excesiva. En abril el fitoplancton se presentó escaso (45-60 cm).

#### 6.1.6 Amonio

El amonio al igual que el nitrato es una fuente principal de nitrógeno para las microalgas que conforman la productividad primaria. Las concentraciones de amonio fueron bajas, con una mínima en promedio de 0.02 y una máxima en promedio de 0.08 (Figura No. 15).

Las bacterias que descomponen el alimento no consumido liberan amonio, por lo que el incremento de alimento en el agua, producirá una mayor concentración de amonio, lo cual puede llegar a niveles tóxicos (Boyd, s.f.).

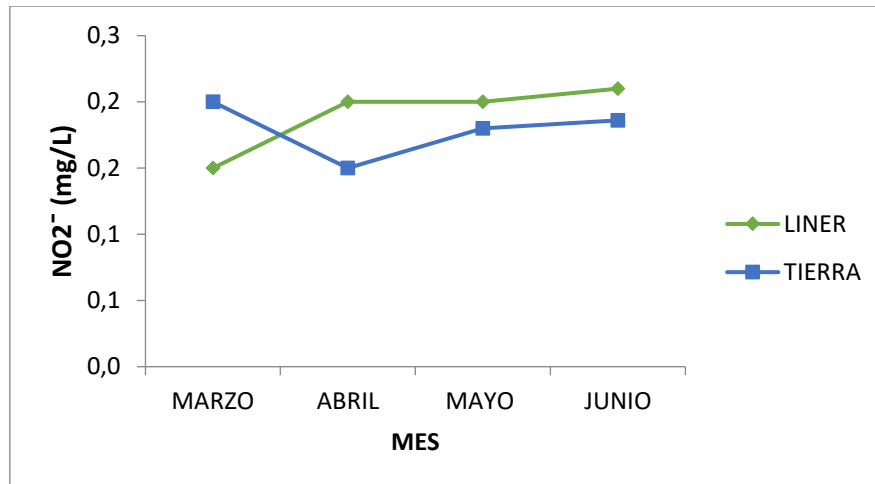


**Figura No. 15** Promedios mensuales de amonio para ambos sectores durante el periodo de cultivo (Trabajo de campo, 2014)

#### 6.1.7 Nitrito

El proceso de nitrificación actúa por la descomposición del amonio convirtiéndolo en nitrito, el cual es tóxico. Posteriormente se convierte en nitrato, gracias a las bacterias *Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp. La mayor parte de nitrógeno que ingresa a un sistema de estanques de cultivo intensivo de camarón se debe al alimento, que al ser digerido por los camarones y mediante los procesos metabólicos es convertido en biomasa, y parte es excretado hacia el ambiente acuático. La excreción de compuestos nitrogenados, mediante la oxidación es convertida a nitrito.

En el mes de junio se presentó un valor superior al valor permitido de 1.96 mg/L (rango máximo permisible de 1 mg/L) en el sector de tanques recubiertos con liner debido al alimento y los procesos metabólicos que realizan los camarones, los meses anteriores el nitrito se encontraba dentro del rango permitido y aceptable para la especie (Figura No. 16).

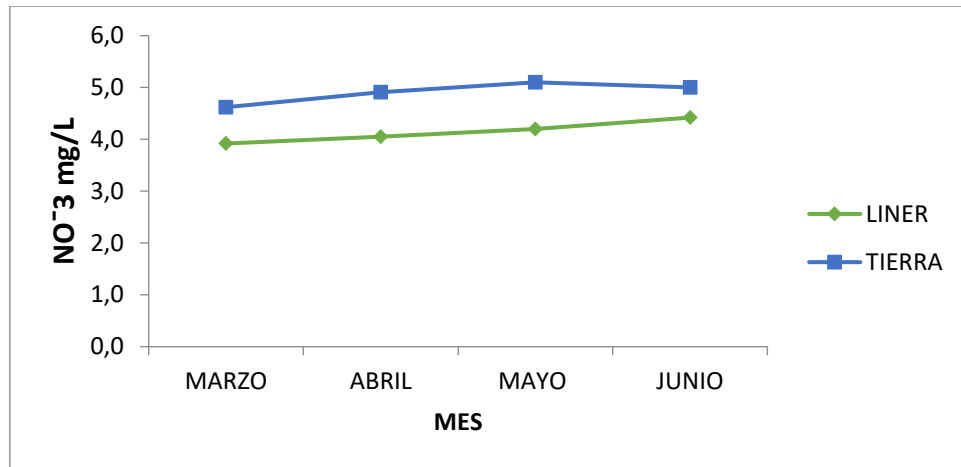


**Figura No. 16** Promedio mensual del nitrito en ambos sectores durante el periodo de cultivo (Trabajo de campo, 2014)

#### 6.1.8 Nitrito

Durante el ciclo de cultivo los valores de nitrito para ambos sistemas mantuvieron una tendencia similar y mostraron diferencias entre sistemas de 1 mg/L aproximadamente. Además de ello, estuvieron dentro del rango aceptable para el cultivo de camarón marino, que va de 0.2-10 mg/L (Boyd, s.f.). Los estanques de liner presentaron una mínima de 3.9 mg/L y máxima de 4.2 mg/L y para los estanques de tierra una mínima de 4.6 mg/L y máxima de 5.0.

El crecimiento de poblaciones de bacterias que se encuentran en el ambiente conocidas como nitrobacter, por medio de oxidación y degradación aprovechan el aumento de una mayor carga de alimentación, materia orgánica en descomposición, restos de algas y bacterias muertas, exoesqueletos por mudas y excretas (Figura No. 15).

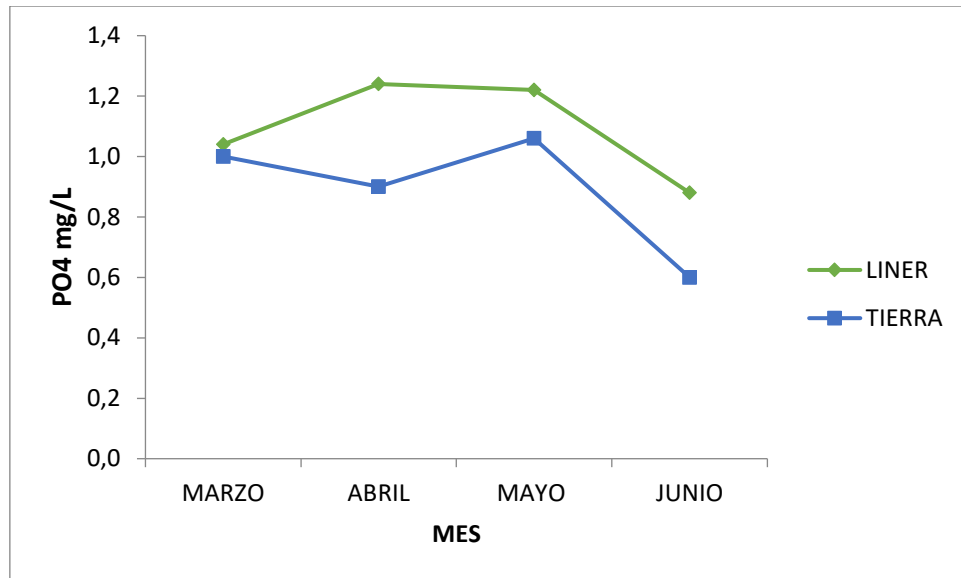


**Figura No. 17** Promedios mensuales de nitratos en ambos sectores durante el ciclo de cultivo (Trabajo de campo, 2014)

#### 6.1.9 Ortofosfatos

El agua que se bombea proviene del estero y por efecto de la escorrentía en la zona de descarga transporta fósforo en forma de fosfato inorgánico disuelto y materia orgánica. Las principales fuentes de fósforo en el cultivo de camarón son los alimentos balanceados y fertilizantes que se aplican según las condiciones de calidad del agua para incrementar el crecimiento de microalgas benéficas al cultivo (Boyd, s.f.).

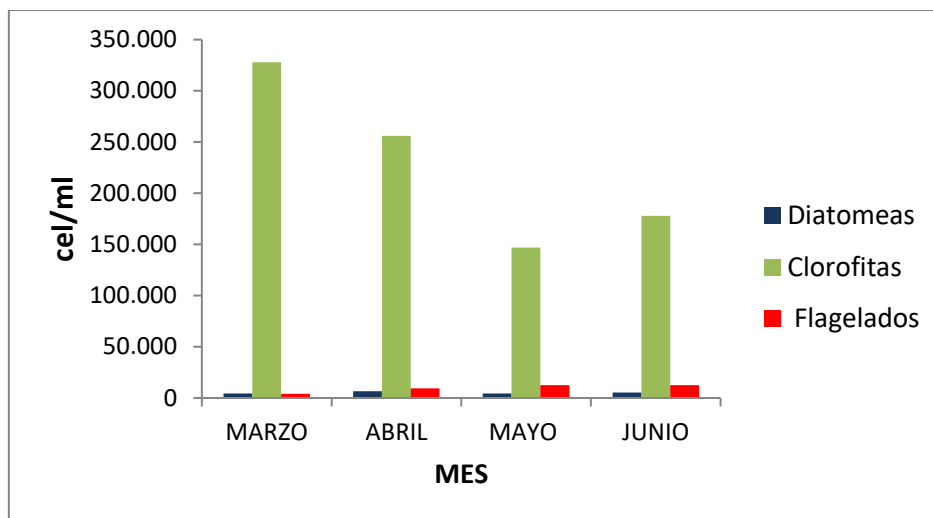
Al inicio del cultivo los valores promedio de fosfatos fueron de 1 a 1.2 mg/L. Durante el transcurso del ciclo éstos disminuyeron por el descenso del fitoplancton, lo que llevó al bajo intercambio de fósforo entre el suelo y el agua del estanque.



**Figura No. 18** Promedios mensuales de ortofosfatos en ambos sectores durante el periodo de cultivo (Trabajo de campo, 2014).

## 6.2 Fitoplancton

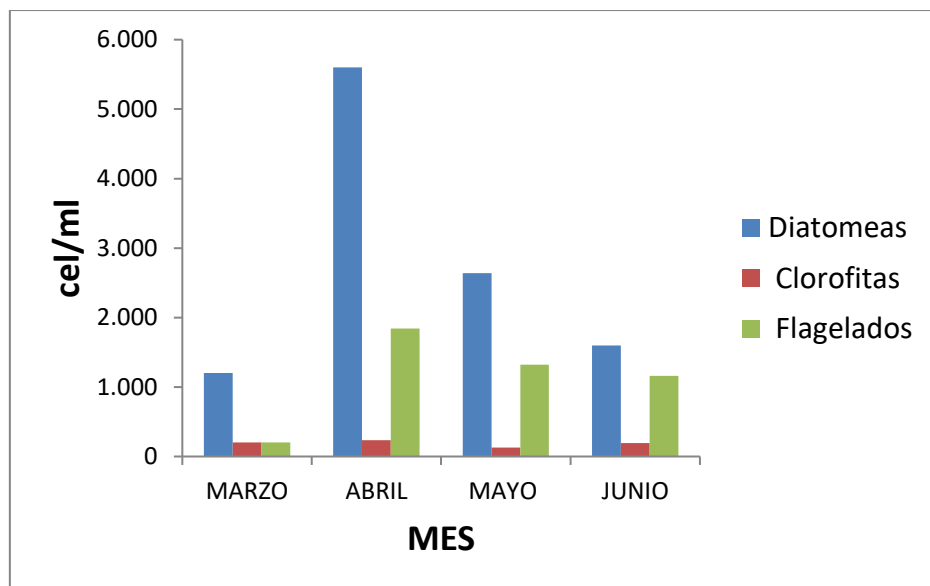
El fitoplancton constituye la base de la cadena trófica, su crecimiento y abundancia se debe a la penetración de luz solar, temperatura, salinidad y los nutrientes disponibles en el medio, el cual se ve influenciado por la fertilización mediante compuestos inorgánicos (Martínez, Torres, y Porchas, 2004) (Figura No. 19).



**Figura No. 19** Abundancia promedio del fitoplancton en los tanques recubiertos con liner durante el periodo de cultivo (Trabajo de campo 2014)

Durante el período de cultivo se presentó un mayor número de clorofitas durante todos los meses, seguido por los dinoflagelados y diatomeas. En un sistema intensivo la dominancia de microalgas no es de importancia como en un sistema semi-intensivo, en el cual la productividad primaria complementa la alimentación del cultivo. En general las clorofitas disminuyeron y los flagelados aumentaron durante el cultivo.

Es necesario conocer y controlar la presencia de dinoflagelados en los estanques, con el objetivo de evitar posibles florecimientos algales indeseados o tóxicos (Figura No. 20).



**Figura No. 20** Abundancia promedio del fitoplancton en estanques de tierra durante el periodo de cultivo (Trabajo de campo 2014)

Para el sector de los tanques de tierra el grupo de microalgas de mayor abundancia fueron las diatomeas, en segundo lugar, los flagelados y en menor proporción las clorofitas. La importancia del fitoplancton en sistemas de cultivo de camarón se debe a que pueden hacer uso de ellas como fuente de energía, además del alimento balanceado que es suministrado.

En grandes cantidades y dependiendo de las especies de dinoflagelados en las piscinas pueden provocar crecimientos algales nocivos que provocan la muerte de los camarones por asfixia y laceraciones en branquias; es por ello la importancia de tener bajas concentraciones de dinoflagelados en los sistemas de cultivo.

Además, son competidores de oxígeno, por lo que durante las horas de la noche consumen considerablemente el oxígeno del medio, lo cual provoca una reducción considerable del mismo. Los estanques de liner tuvieron en general un aumento de microalgas en comparación a los estanques de tierra.

## 7. CONCLUSIONES

1. Los parámetros físico químicos y químicos evaluados durante el primer ciclo del año 2014 se encuentran dentro de los rangos permisibles para el cultivo de camarón marino *P. vannamei*.
2. No existe una diferencia considerable entre los rangos obtenidos de los parámetros físico químicos entre los estanques recubiertos por liner y los de tierra, puesto que el agua provenía de la misma fuente, las densidades de siembra eran las mismas, al igual que la alimentación y aireación mecánica.
3. Dentro de los parámetros que rigen el óptimo desarrollo del cultivo del camarón marino, están la temperatura y el oxígeno, los cuales tienen una diferencia mínima pero marcada entre los dos sistemas. El sistema de estanques con liner mantiene la temperatura y concentración de oxígeno más estables, evitando cambios bruscos que generan problemas de estrés.
4. Las variaciones mínimas en los dos sistemas tanto en parámetros físicos como químicos se dan entre el mes de mayo y junio por el cambio de época, debido a la influencia de agua dulce de lluvia y las escorrentías.
5. Los nutrientes muestran una homogeneidad en ambos sistemas de cultivo, los rangos más bajos los presentaron los estanques recubiertos con liner, esto debido a la facilidad de sustracción de la materia orgánica mediante sifoneo, procesos de oxidación y evaporación del agua.
6. El cultivo en estanques de tierra mostró la presencia de dinoflagelados en el medio debido al aumento de la cantidad de materia orgánica proveniente de alimentos no consumidos en el fondo y excretas en descomposición; mientras que los estanques recubiertos con liner presentaron una mayor cantidad de clorofitas.



7. Las concentraciones de microalgas para estanques de tierra y liner no fueron una limitante para el crecimiento y manejo del cultivo, pues éstos dependen directamente del alimento balanceado por ser un cultivo intensivo.

## **8. RECOMENDACIONES**

1. Analizar los factores físico químicos y biológicos de la Finca Camaronera San José durante la época lluviosa, por las diferentes concentraciones de nutrientes que puedan presentarse en el sistema de cultivo.
2. Realizar un estudio donde se comparen estanques de tierra y recubiertos con liner bajo un sistema intensivo en los dos sectores (Jovel y Acapolon) de la finca, para tener una referencia de cual presenta mejores condiciones y rendimientos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Alexis Hernández, A., y Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49, 17.
2. Auge, M. (2004). *Hidrogeología ambiental*. Buenos Aires: Servicio Geológico Minero Argentino [SEGEMAR].
3. Auró, A., y Ocampo, L. (2006). *Libro del camarón*. México: Laboratorio Avimex.
4. Bador, R.F. (1998). Uso de charolas de alimentación para el cultivo de camarón en Sudamérica. pp 540-549.
5. Bicentry, J. (2008). *Producción de camarones* [en línea]. Recuperado agosto 15, 2014, de <http://camaronesexpo.blogspot.com/2008/02/produccion-de-camarones.html>
6. Boyd, C. E. (s. f.). *Consideraciones sobre la calidad de agua y del suelo en cultivos de camarón* [en línea]. Recuperado agosto 15, 2014, de <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>
7. Boyd C.E. 1989. Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming. Departmental Series N° 2, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama, EE.UU.
8. Balance de nitrógeno y fósforo en... (PDF Download Available). Available from: [https://www.researchgate.net/publication/41020130\\_Balance\\_de\\_nitrogeno\\_y\\_fosforo\\_en\\_estanques\\_de\\_produccion\\_de\\_camaron\\_en\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/41020130_Balance_de_nitrogeno_y_fosforo_en_estanques_de_produccion_de_camaron_en_Ecuador) [accessed May 08 2018].
9. Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos [CIDEA]. (2006). *Buenas prácticas de manejo en el cultivo de camarón* [en línea]. Recuperado julio 15, 2014, de <http://www.crc.uri.edu/download/Buenos-Practicas-de-Manejo-en-el-Cultivo-del-Camaron.pdf>
10. Cifuentes Lemus, J. L., Torres-García, P., y Frías M., M. (1997). *El océano y sus recursos* [en línea]. Recuperado julio 15, 2014, de [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/090/html/sec\\_9.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/090/html/sec_9.html)
11. Cuéllar-Anjel, J., Lara, C., Morales, V., De Gracia, A., y García Suárez, O. (2010). *Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei**. Panamá: Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA] de la



Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano [OSPESCA].

12. Culturapeteneraymas. (2011). *Ubicación y localización geográfica: Departamento de Retalhuleu* [en línea]. Recuperado agosto 12, 2014, de <https://culturapeteneraymas.wordpress.com/?s=Retalhuleu>
13. Espinoza, J. (2014). *Reproducción de camarones: Folleto* [en línea]. Recuperado marzo 18, 2014, de <http://es.scribd.com/doc/232048062/Reproduccion-de-Camarones-Folleto#scribd>
14. Fernández, M. (2011). *Informe final de investigación* [en línea]. Recuperado marzo 15, 2014, de [http://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigacion/Julio\\_2011/IF\\_MARILUZ\\_FERNANDEZ\\_FIPA/CAP%20VIII.PDF](http://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Julio_2011/IF_MARILUZ_FERNANDEZ_FIPA/CAP%20VIII.PDF)
15. Food and Agriculture Organization [FAO]. (2006). *Programas de información de especies acuáticas* [en línea]. Recuperado abril 20, 2014, de [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus\\_vannamei/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/es)
16. FAO. (1988). *Manual para la cría de camarones peneidos* [en línea]. Recuperado abril 20, 2014, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB466S/AB466S04.htm>
17. Fraga, I; Jaime, B. (2011). Estrategias para optimizar el manejo del alimento en el engorde del camarón blanco del Caribe *Litopenaeus schmitti*. *AcuaTIC*. n° 35, p. 20-34 [en línea]. Recuperado noviembre 12, 2017, de <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4381/Manejo%20alimento%20camar%C3%B3n%20IFraga%20y%20BjaimeOceandocs.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
18. Gómez Luna, L. M. (2015). *Microalgas: aspectos ecológicos y biotecnológicos* [en línea]. Recuperado abril 15, 2015, de [http://www.researchgate.net/publication/268424391\\_MICROALGAS\\_ASPECTOS\\_ECOLGICOS\\_Y\\_BIOTECNOLGICOS](http://www.researchgate.net/publication/268424391_MICROALGAS_ASPECTOS_ECOLGICOS_Y_BIOTECNOLGICOS)
19. Google Maps. (2014). *Finca camaronera San José. Sector Jovel y Acapolón* [en línea]. Recuperado abril 20, 2015, de <https://www.google.es/maps/@14.2660923,-91.868899,2937m/data=!3m1!1e3>



20. Hernández, P. (2012). *Calidad de las fuentes de agua de la estación Experimental Monterrico, Taxisco, Santa Rosa*. Tesis Lic. Acuicultura. Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
21. Jiménez, A., y Barba, A. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de las aguas* [en línea]. Recuperado mayo 20, 2014, de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
22. Limsuwan, C. (2005). *Cultivo intensivo del camarón Blanco*. Perú: Nicovita.
23. Marroquín, C. (2000). *La acuicultura en Guatemala* [en línea]. *Revista AquaTIC*, 2000 (9). Recuperado septiembre 12, 2014, de <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=80>
24. Martínez Astudillo, F. A. (2008). *Parámetros importantes a controlar en un sistema de cultivo de peces* [en línea]. Recuperado julio 18, 2014, de <https://industriadepiscicultura.wikispaces.com/file/view/PISCICULTURA+PARAMETROS+IMPORTANTES.pps>
25. Martínez, F. (2008). *Oxígeno en estanques de camarón* [en línea]. Recuperado mayo 20, 2014, de <http://www.balnova.com/oxigeno-en-estanques-de-camaron/>
26. Martínez, L., Torres, A., y Porchas, M. (2004). *Manejo de la productividad natural en el cultivo del camarón* [en línea]. Recuperado junio 16, 2014, de [http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/VII/archivos/32LuisMartinez.pdf](http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VII/archivos/32LuisMartinez.pdf)
27. Morla, F. M. (s. f.). *Metodología de cultivo comercial de camarón en Ecuador / Especies: Penaeus (Litopenaeus) vannamei. P. stylirostris* [en línea]. Recuperado junio 5, 2014, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8888/1/Clase02.pdf>
28. Páez Osuna, F. (2008). *Catálogo de microalgas de las lagunas costeras de Sinaloa*. Universidad Nacional Autónoma de México.
29. Ramírez, V. 2014. (2014). *Elaboración de un manual de procedimientos operativos para el cultivo intensivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei*. Tesis Maestro en Gestión de la Calidad con Especialización en Inocuidad de Alimentos. Guatemala: USAC.
30. Reguera, B., Alonso, R., Moreira, A., y Méndez, S. (2011). *Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas: COI de UNESCO y OIEA*. Estados Unidos: COI.



31. Tay, C. (2014). *La camaronicultura en la costa Sur de Guatemala, contexto, avance 2005-2012 y su perspectiva de expansión futura*. Tesis Maestro en Ciencias. Guatemala: USAC.
32. Universidad de la República de Uruguay. (2015). *Microalgas* [en línea]. Recuperado junio 25, 2014, de [http://limno.fcien.edu.uy/pdf/teorico\\_microalgas.pdf](http://limno.fcien.edu.uy/pdf/teorico_microalgas.pdf)
33. Vargas. M. (2005). TRABAJO DE GRADUACIÓN INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EN EL MUNICIPIO DE CHAMPERICO, DEPTO. DE RETALHULEU: EMPRESA JOVEL S.A. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.
34. Vides, A. (12 de marzo de 2018). Acuicultura en Guatemala Caso de Éxito en la Región. AGEXPORT HOY [en línea]. Recuperado marzo 22, 2018, de <http://agexporthoy.export.com.gt/sectores-de-exportacion/sector-de-acuicultura-y-pesca/acuicultura-guatemala-caso-exito-la-region/>
35. Vilaseca Vallve, M. M. (2006). Uso sostenible del agua en Europa [en línea]. Recuperado marzo 01, 2014, de [http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall\\_01.php?numapartat=&&id=18](http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=&&id=18)

