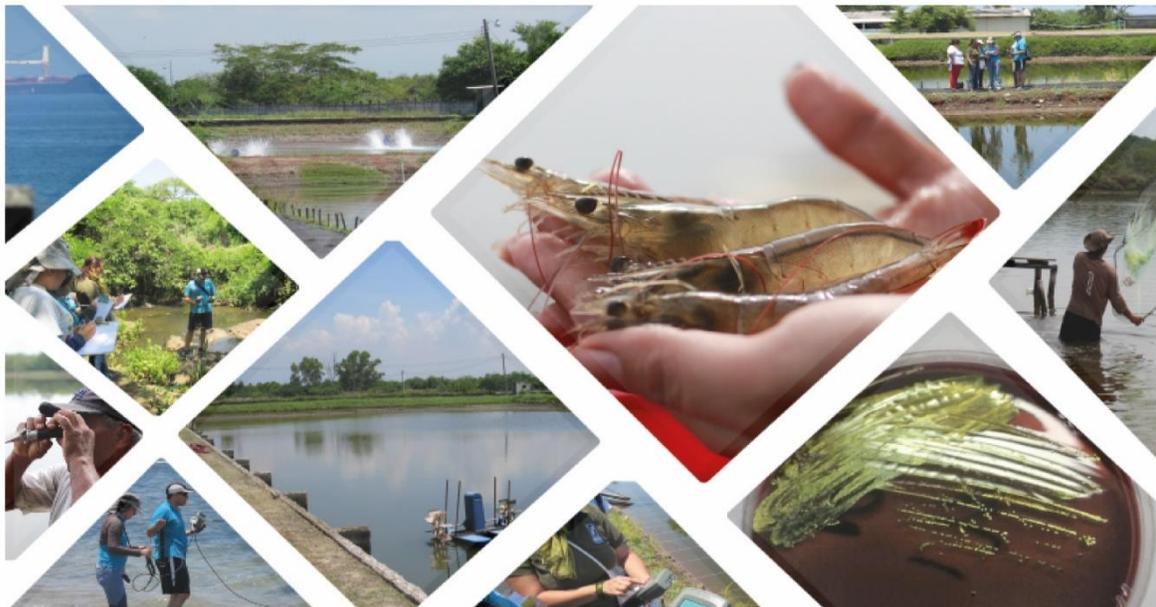


# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SANTA ANA DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN



## Caracterización de los cuerpos de agua que abastecen los sitios de cultivo de Camarón marino (*Penaeus vannamei*), en El Salvador



Oscar Alejandro Santos / Adán Alexis Acosta / Imelda Lizeth Vega de Aguilar /  
Mildred Amparo Sandoval / Jasmín Cárdenas España / Alberto Olivares Menay / Saúl Pacheco Reyes





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SANTA ANA  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN



Caracterización de los cuerpos de agua que  
abastecen los sitios de cultivo de Camarón  
marino (*Penaeus vannamei*), en El Salvador



Oscar Alejandro Santos / Adán Alexis Acosta / Imelda Lizeth Vega de Aguilar /  
Mildred Amparo Sandoval / Jasmin Cárdenas España / Alberto Olivares Menay / Saúl Pacheco Reyes



## Consejo Editorial.

Ing. M.Ed. Sergio Ernesto Carranza Vega, Rector; Dr. Guillermo Antonio Martínez Mendoza, Vicerrector; Lcda. M. Ed. Mónica Zoraida Luna de Acosta, Secretaria General; Lcda. Laura Margarita Montis de Lacayo, Administradora General y Financiera; Lcda. MSc. Yanira Campos de Huevo, Administradora Académica; Dra. M.Ed. Mercedes Morán de Medina, Decana de la Facultad de Ciencias de la Salud; Lcda. MSc. Aura Leonor García, Decana de la Facultad de Ciencias Sociales; Lcda. MSc. Aracely Aguirre, Jefa del Departamento de Proyección Social y Extensión Universitaria; Lcda. María Rocío Cubías, Coordinadora Editorial Universitaria.

## Ficha Bibliográfica

639.543

C373

SV

Caracterización de los cuerpos de agua que abastecen los sitios de Cultivo de Camarón marino (*Penaeus Vannamei*), en El Salvador / Oscar Alejandro Santos, Adán Alexis Acosta, Imelda Lizeth Vega de Aguilar, Mildred Amparo Sandoval, Jazmín Cárdenas España, Alberto Olivares Menay, Saul Pacheco Reyes. — 1ª ed. — Santa Ana, El Salv. : Editorial Universitaria UNASA, 2018. 82 p. : il. ; 27 cm.

**ISBN 978-99961-320-32**

1. Camarones – cultivos – El Salvador. 2. Camarones – enfermedades.  
I. Santos, Oscar Alejandro, 1986 – coaut. II Título.

1ª. Edición, 2018, publicada por Editorial Universitaria UNASA

ISBN: **978-99961-320-32**

© Universidad Autónoma de Santa Ana, UNASA

© Oscar Alejandro Santos

© Adán Alexis Acosta

© Imelda Lizeth Vega de Aguilar

© Mildred Amparo Sandoval

© Jasmín Cárdenas España

© Alberto Olivares Menay

© Saúl Pacheco Reyes

**Ilustrador: Leida Guadalupe Monterroza**

Universidad Autónoma de Santa Ana

Autopista Sur Poniente, Km 63½, Santa Ana

PBX: (503) 2440-0245 Fax: 2440-7438

Sitio Web: [www.unasa.edu.sv](http://www.unasa.edu.sv)

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS DE ESTA OBRA O CUALQUIERA DE SUS PARTES NO PUEDE SER REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE, POR NINGÚN SISTEMA, MÉTODO MECÁNICO O ELECTRÓNICO, SIN CONSENTIMIENTO DEL EDITOR.

Esta investigación del área de formación en Salud correspondiente al año 2017, fue realizada por la Universidad Autónoma de Santa Ana en conjunto con el Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA) y ejecutada con la experticia técnica de:

**Oscar Alejandro Santos**, Licenciado en Química y Farmacia, Especialista en Microbiología.

**Adán Alexis Acosta**, Licenciado en Laboratorio Clínico, Especialista en Biología Molecular.

**Imelda Lizeth Vega de Aguilar**, Licenciada en Química y Farmacia, Especialista en Farmacia Industrial.

**Mildred Amparo Sandoval**, Licenciada en Química y Farmacia, Especialista en Química Agrícola.

**Jazmín Cárdenas España**, Licenciada en Biología, Máster en Gestión Integral del Agua.

**Alberto Jerónimo Olivares Menay**, Biólogo Marino.

**Saúl Pacheco Reyes**, Licenciado en Biología, Máster en Recursos Pesqueros y Acuícolas.

## CONTENIDO

PRÓLOGO .....	i
I. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1 Cultivo de Camarón marino en El Salvador .....	1
1.2 Factores que determinan la calidad del agua .....	3
1.2.1 Factores fisicoquímicos.....	3
1.2.1.1 Temperatura .....	3
1.2.1.2 Salinidad .....	4
1.2.1.3 Potencial de Hidrógeno (pH).....	5
1.2.1.4 Turbidez .....	6
1.2.1.5 Sólidos suspendidos.....	7
1.2.1.6 Oxígeno Disuelto (OD) .....	7
1.2.1.7 Sustancias inorgánicas disueltas.....	9
1.2.1.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	11
1.2.2 Factores microbiológicos del agua .....	12
1.2.2.1 Bacterias coliformes .....	12
1.2.2.2 <i>Escherichia coli</i> .....	12
1.2.2.3 Bacterias del grupo <i>Vibrio</i> spp .....	13
II. OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	15
3.1 Tipo y diseño de Investigación .....	15
3.2 Muestreo .....	15

3.3 Recolección de las muestras para análisis fisicoquímico y microbiológico.....	18
3.4 Toma de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	19
3.5 Descripción de áreas de estudio.....	20
3.6 Confiabilidad en el manejo de los resultados.....	21
3.7 Análisis fisicoquímicos en muestras de agua de estanques y aguas abiertas.....	22
3.7.1 Temperatura.....	22
3.7.2 Salinidad.....	22
3.7.3 Oxígeno Disuelto (OD).....	22
3.7.4 pH.....	22
3.7.5 Determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103-105 °C.....	22
3.7.6 Determinación de sólidos sedimentables.....	23
3.7.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO <sub>5</sub> ).....	23
3.7.8 Determinación de fósforo total.....	23
3.7.9 Determinación de nitrato.....	24
3.7.10 Determinación de amonio.....	24
3.8 Análisis microbiológicos en muestras de agua de estanques y aguas abiertas.....	24
3.8.1 Prueba para la caracterización de coliformes fecales.....	24
3.8.2 Prueba confirmativa para coliformes fecales.....	25
3.8.3 Carga bacteriana de <i>Vibrio</i> spp.....	25
IV. RESULTADOS.....	26
4.1 Resultados de análisis fisicoquímico.....	26
4.1.1 Temperatura.....	26
4.1.2 Salinidad.....	28
4.1.3 Determinación de Oxígeno Disueltos (OD).....	30
4.1.4 pH.....	32

4.1.5 Resultado de la determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103-105 °C.....	34
4.1.6 Determinación de sólidos sedimentables .....	36
4.1.7 Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO <sub>5</sub> ) .....	38
4.1.8 Determinación de fósforo total .....	40
4.1.9 Determinación de nitratos .....	42
4.1.10 Determinación de amonio .....	44
4.2 Resultados análisis microbiológicos .....	46
4.2.1 Coliformes totales .....	46
4.2.2 Coliformes fecales .....	48
4.2.3 Determinación de <i>Escherichia coli</i> .....	49
4.2.4 Determinación de <i>Vibrio</i> spp.....	50
V. DISCUSIÓN.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. RECOMENDACIONES.....	61
VIII. REFERENCIAS.....	62
IX. GLOSARIO.....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Influencia del pH en el cultivo de camarón.....	6
Tabla 2 - Relación entre concentración y efecto del oxígeno disuelto en el camarón de cultivo.....	9
Tabla 3 - Sitios de muestreo de agua en los puntos de Los Cóbano.....	16
Tabla 4 - Sitio de muestreo de agua en los puntos de la Bahía de Jiquilisco y estanques.....	17
Tabla 5 - Valores permitidos para la calidad de agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el cultivo de camarón.....	20
Tabla 6 - Determinación de pH en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	33
Tabla 7 - Determinación de pH en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ).....	33
Tabla 8 - Determinación de pH en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC).....	34
Tabla 9 - Determinación del número más probable para coliformes totales de las muestras de agua en Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	47
Tabla 10 - Determinación del número más probable para coliformes totales de las muestras de agua del cuerpo y estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco.....	47
Tabla 11 - Determinación del número más probable para coliformes fecales en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	48
Tabla 12 - Determinación del número más probable para coliformes fecales en aguas del cuerpo y estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco.....	48
Tabla 13 - Determinación de <i>Escherichia coli</i> en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	49
Tabla 14 - Determinación de <i>Escherichia coli</i> en aguas del cuerpo y estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco.....	50
Tabla 15 - Determinación de <i>Vibrio</i> spp en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano.....	50

Tabla 16 - Determinación de <i>Vibrio</i> spp en aguas del cuerpo y estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco.....	51
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Puntos de muestreo realizado en estación de maricultura Los Cóbano.....	16
Figura 2 - Puntos de muestreo realizado en la zona de Bahía de Jiquilisco, Usulután, El Salvador.....	18
Figura 3 - Medición de parámetros fisicoquímicos <i>in situ</i> en bocatoma playa, Los Cóbano.....	19
Figura 4 - Toma de análisis <i>in situ</i> en estanques del Centro Maricultura Los Cóbano.....	21
Figura 5 - Toma de análisis fisicoquímico <i>in situ</i> en aguas en Bahía de Jiquilisco.....	21
Figura 6 - Determinación de temperatura de aguas en Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	26
Figura 7 - Determinación de temperatura en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ).....	27
Figura 8 - Determinación de temperatura de aguas en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC).....	28
Figura 9 - Determinación de salinidad de aguas en Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	29
Figura 10 - Determinación de salinidad en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ).....	29
Figura 11 - Determinación de salinidad en aguas de estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC).....	30
Figura 12 - Determinación de oxígeno disuelto (OD) en aguas de Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	31
Figura 13 - Resultados de la determinación de oxígeno disuelto (OD) en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ).....	31
Figura 14 - Determinación de oxígeno disuelto (OD) en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en la Bahía de Jiquilisco (ECC).....	32
Figura 15 - Determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103-105 °C de aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	35
Figura 16 - Determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103 - 105 °C de aguas en cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ).....	35

Figura 17 - Determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103 - 105 °C en agua en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC) .....	36
Figura 18 - Determinación sólidos sedimentables en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC) .....	37
Figura 19 - Determinación de sólidos sedimentables en agua del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ) .....	37
Figura 20 - Determinación de sólidos sedimentables en agua en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC).....	38
Figura 21 - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO <sub>5</sub> ) en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC) .....	39
Figura 22 - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO <sub>5</sub> ) en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ) .....	39
Figura 23 - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO <sub>5</sub> ) en agua de estanques de cooperativas camaroneras ubicados en Bahía de Jiquilisco (ECC) .....	40
Figura 24 - Determinación de fósforo total en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	41
Figura 25 - Determinación de fósforo total en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ).....	41
Figura 26 - Determinación de fósforo total en aguas de estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC).....	42
Figura 27 - Determinación de nitratos en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	43
Figura 28 - Determinación de nitrato en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ) .....	43
Figura 29 - Determinación de nitratos en agua de estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC).....	44
Figura 30 - Determinación de amonio en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC).....	45

Figura 31 - Determinación de amonio en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)	
.....	45
Figura 32 - Determinación de amonio en agua de estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC).....	46

## PRÓLOGO

**Mildred Amparo Sandoval**  
Jefe de Investigación

Esta investigación, surge desde el cumplimiento de la misión educativa humanista de la Universidad Autónoma de Santa Ana (UNASA). Estamos convencidos que la sociedad salvadoreña debe velar por la conservación de sus recursos hídricos, puesto que de la calidad del agua que dispone el Estado, dependen la salud pública y el saneamiento de los diferentes ecosistemas.

De ella también depende nuestro desarrollo económico y social como país, por tanto los esfuerzos desde la academia deben ir articulados con aquellos organismos estatales que trabajan por que el manejo del recurso sea sustentable, es así como UNASA se une nuevamente al Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA) para desarrollar investigación pertinente y relevante, esta vez determinando las características fisicoquímicas del agua donde se desarrolla la cría de larvas de camarón en El Salvador y aguas abiertas en puntos que sirven de efluentes para abastecer estanques de cultivo en la principal zona utilizada para la camaronicultura en el país.

Los hallazgos expuestos en esta obra ponen de manifiesto que aunque en la actualidad las aguas utilizadas son aptas para el cultivo de camarón, el agua con la que se inicia el cultivo en los puntos analizados, ya lleva una carga de materia orgánica importante que evidencia la necesidad de implementar medidas sanitarias y de ordenamiento territorial para garantizar la sostenibilidad y productividad de las granjas camaroneras, asimismo la ausencia de microorganismos perjudiciales tanto para la sobrevivencia del camarón como para la inocuidad alimentaria.

Esperamos que este documento sirva de utilidad para todos los interesados en el tema.

## I. MARCO CONCEPTUAL

### 1.1 Cultivo de Camarón marino en El Salvador

Esta investigación surge a partir de los hallazgos del estudio realizado en 2016 por la Universidad Autónoma de Santa Ana (UNASA) (1), que determinó las características fisicoquímicas de los estanques de granjas camaroneras situadas en la Bahía de Jiquilisco, el cual además encontró la forma no virulenta de *Vibrio parahaemolyticus* con el plásmido AHPND pero sin la toxina 1, causante del Síndrome de la Enfermedad Hepatopancreática Aguda del Camarón (AHPND/EMS), en muestras de hepatopáncreas de camarones del estanque “la clínica” de la Cooperativa Fauna Silvestre (1).

Se encontró también que el contenido de sólidos coloidales en los estanques se debía principalmente a bacterias, limo fino y virus, lo cual demandaba profundizar en la caracterización microbiológica y fisicoquímica del agua de los estanques y de las fuentes con las cuales se efectúan el llenado de los mismos en las granjas, ya que la calidad de la misma al inicio del ciclo productivo, influye directamente en la inocuidad del camarón que se ofrece al consumidor ya que si existen microorganismos patógenos en los camarones, éstos podrían resultar no aptos para el consumo (1).

En seguimiento al estudio descrito anteriormente (1), esta investigación se centró en las zonas geográficas de interés para la acuicultura nacional: 1) la estación de maricultura de Los Cóbano, en el Departamento de Sonsonate, en donde se desarrolla la cría de larvas de camarón que posteriormente se distribuyen entre las Cooperativas de la Bahía de Jiquilisco y del país en general; 2) la Bahía de Jiquilisco, en análisis en aguas abiertas en puntos que sirven de efluentes para abastecer de agua a las granjas camaroneras y 3) estanques de cultivo de *Penaeus vannamei* de Cooperativas de los distintos efluentes en la Bahía de Jiquilisco.

Para El Salvador, la Bahía de Jiquilisco es una de las zonas con mayor potencial para el desarrollo de la camaronicultura, según datos comunicados por el personal del Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA), existen alrededor de 220 estanques de 33 granjas camaroneras distribuidas en el margen occidental de la Bahía

de Jiquilisco. La Estación de Maricultura de Los Cóbanos (EMLC) es el centro de desarrollo de larvas de camarón, las cuales son distribuidas a las granjas acuícolas donde se desarrolla el engorde y posterior venta del camarón, las cuales abastecen de este producto al mercado nacional.

Los avances de la tecnología sobre el manejo, alimentación y desarrollo del camarón, han hecho que la práctica de camaronicultura sea más sustentable, logrando avances sobre el desarrollo y la salud del camarón en estanques (2). La producción de larvas de camarón según datos de ventas de EMLC, fue estimada en unas 48,795,033 larvas valoradas en \$195,180.13 para su venta como postlarvas para el año 2015 y, 22,102,500 larvas valoradas en \$176,820.21 en el 2016.

La calidad del agua incluye los factores físicos, químicos y biológicos, que influyen en las propiedades del agua (3); esto tiene un impacto fundamental en la salud y rendimiento de los lotes de larvas y camarones en todas sus fases de desarrollo, por lo que es de mucha importancia para la acuicultura. Una baja calidad del agua puede generar una baja en la supervivencia y crecimiento, retraso en la muda/estadio, incremento de deformidades y mortalidad por el surgimiento de enfermedades en el camarón de cultivo (4).

Desde el año 1987, el gobierno de El Salvador dictó normas reglamentarias para evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos del país, emitida por el decreto legislativo No. 50 y publicada en Diario Oficial de fecha 1987 de El Salvador, *“Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección”* (5), la cual representa uno de los referentes para valorar la calidad de agua a través de la aptitud de uso en términos de calidad ambiental, lo que significa que no existe una normativa específica que establezcan estándares de uso de agua para la acuicultura en El Salvador. Los parámetros microbianos de la calidad de agua a tomar en cuenta en la normativa antes mencionada únicamente se limitan a establecer valores de referencia para Coliformes totales, lo que origina un obstáculo para evaluar la calidad sanitaria de la actividad acuícola en El Salvador (5).

La producción acuícola se ve afectada cuando se utiliza agua de mar con altas concentraciones de microorganismos patógenos tales como los *Vibrio*, por lo que la determinación de la calidad de dicha agua utilizada en el proceso de producción y la cría de las larvas, brinda las herramientas necesarias para tomar medidas, preventivas y mejorar los niveles de producción (6).

La caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de los cuerpos de agua que abastecen los estanques de cultivo de camarón y los tanques de cría de larva, permitirá conocer el impacto sobre la producción del agua de entrada que reciben los estanques de cría y desarrollo. Entre los criterios microbiológicos más importantes para determinar la inocuidad del agua son la presencia de bacterias coliformes y bacterias del género *Vibrio* spp (7).

## **1.2 Factores que determinan la calidad del agua**

El conocimiento y la importancia de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua, son necesarios para describir la calidad de éstos, y así, ayudar al acuicultor a determinar el potencial de un cuerpo de agua para la acuicultura, mejorar la condición ambiental en estanques, evitar problemas de parásitos y enfermedades relacionadas con el estrés y producir criaturas acuáticas en última instancia de manera más eficiente, brindando información necesaria para saber qué métodos serían los más adecuados para mejorar la productividad (8).

### **1.2.1 Factores fisicoquímicos**

#### **1.2.1.1 Temperatura**

La temperatura es uno de los factores fisicoquímico que tiene un efecto marcado en los procesos químicos y biológicos, siendo de esta manera, uno de los parámetros más importante para la acuicultura, ya que tiene un efecto directo e indirecto sobre el crecimiento, la salud y los procesos reproductivos (8,9). Estos cambios se vuelven más críticos y/o importantes conforme la temperatura de los estanques aumenta, por ejemplo los rangos de las reacciones químicas y biológicas se duplica por cada 10°C (9).

El calor penetra por la superficie del agua y calienta la capa superficial más rápido que la del fondo. Como la densidad del agua (pero por unidad de volumen) disminuye conforme aumenta su temperatura sobre los 4 °C, la capa superficial puede ser tan caliente y ligera que no se mezcla con la más fría del fondo. Esta separación de las capas del agua se denomina estratificación termal. La estratificación tiene a menudo un padrón diario: durante el día la temperatura del agua aumenta y se forma una capa cálida, durante la noche la temperatura de la capa superficial disminuye a la misma que la del agua del fondo, por lo que las capas se mezclan (3).

Las especies de agua tibia tienen un crecimiento mayor en temperaturas entre 25° y 32° C (9), en cuanto a los microorganismos marinos (concentración de NaCl entre 3-4% p/v), estos pueden crecer a distintas temperaturas, clasificándose en psicrófilos marinos (< 10 °C), mesófilos marinos (15 - 40 °C), termófilos marinos moderados (50 - 60 °C) e hipertermófilos marinos (70 - 120 °C) (10).

Por lo general las reacciones químicas y biológicas se duplican cada vez que hay un aumento de 10 °C en la temperatura del agua, esto significa que el camarón crece dos veces más rápido y consume el doble de oxígeno a 30 °C que a 20 °C (3).

#### **1.2.1.2 Salinidad**

La concentración total de todos los iones (principalmente los iones calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, cloruro y sulfato) disueltos en agua se conoce como salinidad (3).

En los estanques de agua salobre, la salinidad puede variar dependiendo de la época del año, siendo así, para la época de invierno valores más bajos que en verano (9). Estos valores son normalmente reportados en miligramos por litro (mg/L) o su equivalente, en gramos de soluto por kilogramo o partes por mil (ppt) (3). Usualmente, el agua de mar tiene una concentración de 35,000 mg/L ó 35 ppt de salinidad (9).

Cada especie acuática tiene un rango óptimo para su crecimiento y reproducción, fuera de este, la sobrevivencia y el desarrollo puede ser disminuido. Por fortuna, la salinidad

es bien tolerable en la mayoría de especies (3). Algunas especies de camarón marino, como *P. vannamei* pueden ser cultivados en estanques costeros sobre un rango de salinidad entre 1 a 40 ppt, sin embargo, es preferible que el agua de estos estanques tenga una salinidad entre 20 a 25 ppt (9). Estos cambios de rango deben de ser controlados, pues si la salinidad del agua cambia en más del 10% en unos minutos e incluso en horas, las especies marinas pueden ser incapaces de compensar estos cambios bruscos de salinidad y serán severamente estresado o puede morir por una falla osmoregulatoria (3).

Por otra parte, desde el punto de vista microbiológico, en la naturaleza se conoce como halófilos (amante de la sal) a los microorganismos que requieren una concentración de sal en medio de cultivos para poder crecer y como halotolerantes aquellos que no dependen de ésta, pero que son capaces de tolerar hasta un 15% de salinidad en los medios (10).

### **1.2.1.3 Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH que se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrogeno ( $H^+$ ), indica cuán ácida o básica es el agua (3,9). La escala de pH es de 0 a 14, lo que indica que el pH es ácido cuando tenga un valor entre 0 – 6, y básico cuando tenga un valor entre 8 -14 (9). El pH de aguas naturales es modificado en gran parte por la concentración de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el cual actúa como ácido en el agua, reduciendo así su pH (11).

La exposición de los animales acuáticos a pH extremos puede ser estresante o letal, pero los efectos indirectos del pH y las interacciones del pH con otras variables suelen ser más importantes en la acuicultura que los efectos tóxicos directos (3).

Los estanques de agua salobre generalmente tienen un pH de 7 u 8 por la mañana, debido a que las algas utilizan el  $CO_2$  para realizar su fotosíntesis, pero en la tarde generalmente sube el pH de los estanques a 8 o 9 (11). Por la noche, el fitoplancton no utiliza el dióxido de carbono, pero todos los organismos del estanque sueltan dióxido

de carbono durante la respiración y a medida que se acumula el dióxido de carbono el pH baja (9). Por lo tanto, el aumento de la concentración de dióxido de carbono provoca que el número de iones de hidrógeno acrecienta, haciendo disminuir el pH y, al contrario, si disminuye la concentración de dióxido de carbono, la de iones de hidrógeno cae y el pH aumenta (12).

Las especies marinas evolucionan en un ambiente de agua de mar altamente amortiguado que no está sujeto a una gran variación en el pH. En consecuencia, la mayoría de los animales marinos normalmente no pueden tolerar un rango tan amplio de pH ambiental como los animales de agua dulce, y el pH óptimo suele ser entre 7.5 y 8.5. Los peces y crustáceos que viven en aguas salobres a menudo están expuestos a una amplia gama de valores de pH a medida que cambian las cantidades relativas de agua dulce y agua de mar con variaciones en la descarga del río y el flujo de las mareas (3). En la tabla 1, se detallan los efectos de la influencia del pH en el cultivo de camarón.

Tabla 1 - Influencia del pH en el cultivo de camarón

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

Fuente: MEYER, 2004

#### 1.2.1.4 Turbidez

La turbidez se refiere a una propiedad óptica del agua que hace que la luz se disperse o sea absorbida en lugar de transmitirse a través del agua en línea recta (3). En el agua existe una relación directa entre la visibilidad y la abundancia de plancton, a medida que aumenta el plancton, la visibilidad disminuye; sin embargo, a veces la turbidez es causada por partículas suspendidas de arcilla o detritus y no por la cantidad de fitoplancton presente (11). La turbidez causada por el plancton generalmente es

deseable en estanques de producción acuícola, ya que estos compiten por la luz y nutrientes con las hierbas acuática indeseables. Las floraciones de plancton favorecen una mayor producción acuícola al estimular el crecimiento de los organismos alimenticios para las especies en cultivo (3), por lo que se recomienda mantener un sistema continuo de monitoreo de la calidad del agua en los cultivos de camarones.

#### **1.2.1.5 Sólidos suspendidos**

El término de turbidez indica la presencia de material suspendido que interfiere en el paso de luz en el agua (3). El suministro de agua es la fuente principal de todas las partículas inorgánicas en suspensión, producto del oleaje o de las corrientes de agua generadas en por el viento, que están presente en los estanques de producción, en la cual las más finas, como la arcilla, permanecen suspendidas por largo tiempo y las más grande o pesadas se depositan en el fondo (12). En acuicultura, la turbidez producida por el plancton es deseada, mientras que la formada por partículas de arcilla, es indeseada (9).

Los estanques son más productivos cuando la turbidez por plancton limita la visibilidad a 25 - 40 cm. A este nivel de plancton usualmente existe suficiente alimento natural, el oxígeno disuelto es adecuado y la luz no penetra hasta el fondo del estanque para estimular el crecimiento de micrófitos (11, 12, 13). No existe un rango de valor de sólidos suspendidos, pero la concentración de estos es usualmente entre el rango de 10 a 50 mg/L de agua (9).

#### **1.2.1.6 Oxígeno Disuelto (OD)**

Para el cultivo de camarón, el oxígeno disuelto es un factor crítico en el crecimiento, reproducción, supervivencia y tolerancia a las enfermedades (1); también, facilita la degradación de la materia orgánica y la realización de los ciclos bioquímicos (14). En acuicultura se debe de tener un alto entendimiento de los factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en los estanques, los cuales pueden ser la temperatura, la salinidad, presión atmosférica, etcétera (9).

Uno de los procesos más importantes para producir o suplir cantidades de oxígeno molecular a los estanques es la fotosíntesis, y es el fitoplancton el principal responsable de esta actividad, dependiendo mucho de la cantidad de fosfatos que proviene de los fertilizantes que son adicionados a los estanques de cultivo para el crecimiento de los camarones (11,12,13). Sin embargo, si esto no es controlado, puede provocar un aumento excesivo de estas diminutas plantas, lo cual producirá mucho oxígeno durante las horas de luz, pero lo agotará durante la noche, induciendo estrés o mortalidad a los camarones, por lo que es importante el balance entre la fotosíntesis y el número de especies en cultivo (11,12,13).

Otra de las formas de como el oxígeno es suplido a los estanques es por medio de la difusión del oxígeno del aire hacia el agua, que se logra cuando el contenido en el líquido es inferior al contenido de saturación. Cuando la diferencia entre el contenido del agua y el contenido a saturación es grande, la tasa de difusión se hace más importante. Sin embargo, el mayor consumo de oxígeno se da a nivel de los sedimentos, debido a la degradación de la materia orgánica, por lo que estas zonas son pobres de oxígeno, originando una estratificación en los diferentes niveles de profundidad de los estanques, ocasionando que la turbidez y la penetración de la luz, los puntos clave a controlar para aumentar los niveles de oxígeno en estos niveles por la fotosíntesis y así evitar la estratificación en los estanques, mejorando la distribución del oxígeno (14).

La concentración baja de oxígeno, cuando expuesta de forma prolongada en el cultivo, puede provocar que haya disminución en la alimentación, produciendo un crecimiento bajo y un rendimiento muy inferior (11,12,13). El efecto de la concentración de oxígeno disuelto se presenta en la Tabla 2. La concentración de oxígeno disuelto en los estanques de acuicultura se ve afectadas por la transferencia de oxígeno hacia y desde el agua, la cual depende de la presión parcial en el agua en relación con la del aire; la respiración de los organismos acuáticos elimina el oxígeno y la fotosíntesis del fitoplancton agrega oxígeno al sistema (3). Por esta razón, la concentración más baja se

presenta en la madrugada; durante el día aumenta por efecto de la fotosíntesis y la máxima concentración de oxígeno disuelto es por la tarde (11).

Tabla 2 - Relación entre concentración y efecto del oxígeno disuelto en el camarón de cultivo

<b>Concentración de Oxígeno Disuelto</b>	<b>Efecto</b>
Menos de 1 ó 2 mg/L	Letal si la exposición dura más que unas horas.
2-5 mg/L	Crecimiento será lento si la baja de oxígeno disuelto se prolonga.
5 mg/L (saturación)	Mejor condición para crecimiento adecuado.
Sobresaturación	Puede ser dañino si las condiciones existen por todo el estanque. Generalmente no hay problema.

Fuente: MEYER, 2004

### 1.2.1.7 Sustancias inorgánicas disueltas

Las sustancias inorgánicas que comúnmente se encuentran presentes en las aguas utilizadas en acuicultura son los elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, sulfuro, fósforo, cloro, bromo, molibdeno, calcio, magnesio, sodio, potasio, zinc, cobre, hierro y manganeso; y entre las cuales las más importante para el desarrollo óptimo del ecosistema acuático están el nitrógeno, el fósforo (11,12).

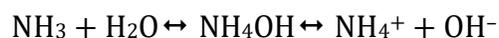
El Nitrógeno es el nutriente mayoritario en los estanques de cultivo y que afecta la productividad del ecosistema acuático, este componente juega un vital papel debido a que permite el crecimiento de los animales por ser el principal componentes de proteínas y el desarrollo del crecimiento del fitoplancton, que es la fuente natural de alimento para los organismos acuáticos y un factor importante en el ciclo de la fotosíntesis y la disponibilidad del oxígeno disuelto en los estanques; este compuesto comúnmente se obtiene a través de los procesos metabólicos del ecosistema acuático o incorporado a los estanques con el uso de fertilizantes (3).

El nitrógeno es el gas principal en la atmósfera y constituye el 78.1% de los gases totales en el aire, y no es muy soluble en agua, sin embargo, como la atmósfera está tan enriquecida con este gas, el agua que entra en contacto con el aire atmosférico, contiene

concentraciones relativamente altas en nitrógeno (3). Esta solubilidad depende mucho de las concentraciones de sales disueltas y de la temperatura del agua (9). Para ser utilizado por las plantas o los animales, el nitrógeno debe sufrir alteraciones, ya que la molécula de dinitrógeno (N<sub>2</sub>) es difícil de metabolizarla, por lo que primero se debe fijar en compuestos nitrogenados antes de que puedan ser utilizados por los organismos, entre los cuales tenemos el ion amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), amonio no ionizado (NH<sub>3</sub>), Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (3).

Por otra parte, toda la materia orgánica muerta se convierte en sustrato para microorganismos como las bacterias, actinomicetos y hongos presentes en los estanques, convirtiéndola en función de la proporción de Carbono/Nitrógeno presente en amonio (9). Este compuesto también se obtiene naturalmente debido a que es el producto principal de los metabolismos de proteínas por los organismos acuáticos (11), lo que conlleva a que el amonio sea la forma combinada de nitrógeno más abundante en la acuicultura (3).

El amoníaco en el agua aumenta el consumo de oxígeno por los tejidos de peces y camarones, daña las membranas delicadas de sus branquias y disminuye la capacidad de la sangre a transportar oxígeno (11). En el agua el amoníaco producido puede estar presente en dos formas: como el amoníaco o el amonio no-ionizado, y en la forma del amonio ionizado. La reacción de amoníaco en el agua es:



El amoníaco es muy tóxico para los peces, concentraciones tan bajas como 1 a 2 ppm pueden ser letales, y concentraciones de 0.3 ppm en el agua, puede impedir el crecimiento y desarrollo normal de los organismos acuáticos (11).

Para evitar estos aumentos en los estanques, es necesario la utilización de recambios de agua más seguidos, como una medida rápida si se detectan niveles tóxicos, sin embargo, la naturaleza posee sus propios mecanismos, como es la desnitrificación, en la que ciertas bacterias convierten el nitrito en nitrógeno gaseoso que por su baja

solubilidad en agua hace que este se disperse rápido en la atmósfera. En el caso del amonio, aumentando el pH de los estanques, es eliminado por medio del viento que sopla sobre la superficies de las agua (12).

El fósforo se encuentra naturalmente en las aguas en concentraciones baja y este es introducido a los estanques en los fertilizantes, que se utiliza para estimular el crecimiento natural del cultivo por medio de la floración del fitoplancton y así promover la producción acuícola (9). Este fósforo es captado y/o absorbido por las plantas y bacterias, convirtiéndolo a fósforo inorgánico que luego es acumulado en el fondo de los estanques en sus formas no soluble (fosfatos de hierro, de aluminio o de calcio) disminuye su disponibilidad, provocando bajas concentraciones de fitoplancton en el estanque; no obstante un exceso de fertilización o alimento puede generar una excesiva concentración de fósforo en el agua y un exceso de fitoplancton, disminuyendo durante el día el oxígeno disuelto en el agua (1,12).

#### **1.2.1.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) sirve para medir el consumo de oxígeno causado por microorganismos y el plancton originado en los estanques. La muestra de estanque es incubada a 20 °C por un período de tiempo establecido, comúnmente es utilizado 5 días de incubación, pues es el tiempo para agotar el oxígeno en las muestras y producir dióxido de carbono, generado por los procesos metabólicos, que es medido por el equipo. Esto es inversamente proporcional al oxígeno de la muestra, y de esta manera se obtiene el valor de la DBO (3,12).

Generalmente este parámetro no es muy utilizado para el manejo de estanques de cultivo para medir el óptimo crecimiento del cultivo, sino más bien para medir la contaminación de los efluentes de la granja, indicando que a mayor valor en el resultado de DBO, mayor será la presencia de microorganismos y/o materia orgánica. Los estanques en acuicultura tienen valores de DBO menores a los 20 mg/L, sin embargo, en los estanques que no cuentan con aireación mecánica, valores que exceden ese valor,

pueden provocar un agotamiento de oxígeno, provocando un peligro a la sobrevivencia de la especie en cultivo (12).

## **1.2.2 Factores microbiológicos del agua**

### **1.2.2.1 Bacterias coliformes**

Los coliformes, incluyendo *Escherichia coli*, son miembros de la familia *Enterobacteriaceae*, que representan aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales del ser humano y otros animales (15). Los coliformes se definen como bacterias facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, que no forman esporas y que fermentan la lactosa con formación de gas en 48 horas a 35 °C (16).

Las aguas contaminadas con heces son un problema para la salud pública, en donde las bacterias coliformes son los indicadores de la contaminación fecal en los cuerpos de agua (16,17). La identificación de bacterias que constituyen el grupo coliformes, a veces es necesaria para determinar la naturaleza de la contaminación, y es de mucha importancia la distinción de la presencia de *Escherichia coli* (16).

Desafortunadamente, los coliformes incluyen una amplia gama de bacterias cuyo origen primario puede no ser el tracto intestinal, por lo que se han desarrollado pruebas que nos permiten comprobar en las aguas la presencia de coliformes fecales, que son bacterias que viven en el tracto intestinal de animales de sangre caliente. Son excretadas en los residuos sólidos de los seres humanos y otros mamíferos. Estas bacterias afectan más al hombre que a las criaturas acuáticas, causando enfermedades como diarrea, disentería (*Shigella*), gastroenteritis y fiebre tifoidea (*Salmonella*) (17).

### **1.2.2.2 *Escherichia coli***

Estas bacterias tienen forma de bacilos con un tamaño de 2 a 6 µm, con flagelos, anaerobias, capaces de fermentar la lactosa con producción de gas, que habita comúnmente en el intestino del hombre y animales de sangre caliente, por lo que su localización en las aguas, indica la presencia de contaminación fecal en las aguas (7,18).

### 1.2.2.3 Bacterias del grupo *Vibrio* spp

Estas bacterias cuando se encuentran en el cuerpo del camarón se localizan en las zonas del tracto digestivo, branquias y cutículas. Incluso puede ser encontrada en la hemolinfa, en donde desencadena juntos a factores estresante, infecciones en estos organismos tal como vibriosis, hepatopáncreas edematosa y necrótica, causando infecciones letales (16, 19).

Según la autora Morales-Covarrubias (2008) las bacterias *Vibrio parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, y *Photobacterium damsela* son las causantes de altas mortalidades en las granjas camaronícolas (19). Entre las cepas patógenas causantes de mortalidades en larvas y postlarvas reportadas en los laboratorios están *V. harveyi*, *V. splendidus* y *Vibrio* spp (19).

Por esta razones, estas bacterias se vuelven un problema para la industria acuícola, debido a que estas enfermedades comúnmente causadas por el género *Vibrio* spp. son las más asociadas a la mortalidades del 100% de cultivo en el transcurso de 24 horas pos-infección, siempre y cuando, los camarones estén en condiciones de estrés, sin embargo, si el número de colonias de estas baterías aumenta repentinamente en los estanques, también puede provocar la muerte del cultivos, ya sea que se encuentre en condiciones fisicoquímicas deseables o indeseables (20).

## II. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los cuerpos de agua que abastecen los sitios de cultivo de camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) en El Salvador.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas del agua de abastecimiento de los estanques de desarrollo de postlarvas de *Penaeus vannamei* de la estación de maricultura de Los Cóbano.
- Determinar las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua que abastecen los principales sitios de cultivo de camarón marino en la Bahía de Jiquilisco.
- Determinar la presencia de contaminación fecal y de *Vibrio* como riesgos microbiológicos para la salud en la estación de maricultura de Los Cóbano y la Bahía de Jiquilisco.

### III. DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación se realizó en dos fases: una de campo y otra de laboratorio con un monitoreo de 3 meses iniciando en septiembre y terminando en noviembre de 2017. Ambas fases y esta periodicidad son necesarias para el cumplimiento de los objetivos planteados.

#### 3.1 Tipo y diseño de Investigación

Esta es una investigación descriptiva con diseño transversal la cual incluyo un monitoreo ejecutado en los meses de septiembre a noviembre de 2017 en el Laboratorio de Investigación de la Universidad Autónoma de Santa Ana.

Consiste operativamente en realizar: 1) Análisis fisicoquímicos de muestras de agua de los estanques donde se desarrolla la postlarva de camarón marino en la estación de maricultura de Los Cóbano, que posteriormente es distribuida a los diferentes sitios de engorde a las que CENDEPESCA brinda asistencia técnica para el cultivo de camarón y en las aguas de Bahía de Jiquilisco para determinar si éstas son aptas para el uso en acuicultura; 2) Análisis microbiológico en busca de Coliformes fecales y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en agua que abastecen tanto al centro de maricultura como a los estanques camaroneros; y 3) Análisis microbiológico en busca de bacterias del género *Vibrio Spp*, en la estación de maricultura de Los Cóbano y la Bahía de Jiquilisco, las cuales además de representar un alto riesgo para la mortalidad del camarón (16).

#### 3.2 Muestreo

La selección de los sitios de muestreo fue por conveniencia y el muestreo fue dirigido, donde se evaluó la calidad de agua del centro de maricultura del Ministerio de Agricultura y Ganadería y el efluente principal de la Bahía de Jiquilisco y sus cuatro brazos, que abastece los estanques de producción de camarones en las distintas cooperativas de la zona.

En total se analizaron 5 puntos en la región del centro de maricultura Los Cóbanos (CMLC) y 19 puntos en la zona de Bahía de Jiquilisco (BJ) y cooperativas camaroneras (CC), según detalle de la tabla 3 y 4 y representados en las Figura 1 y 2, respectivamente.

Tabla 3 - Sitios de muestreo de agua en los puntos de Los Cóbanos

Departamento	Localidad	Punto de muestreo / abreviación punto	Coordenadas
Sonsonate	Estación de maricultura Los Cóbanos	Río Venado / LC1	13°32'62.8"N 89°49'10.5"W
		Descarga río Venado / LC2	13°32'00.0"N 89°49'31.8"W
		Estanque sin tratamiento / LC3	13°32'67.3"N 89°49'39.3W
		Estanque con tratamiento / LC4	13°32'40.9"N 89°49'25.1"W
		Bocatoma playa / LC5	13°32'40.3"N 89°49'29.3"W

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

Figura 1 - Puntos de muestreo realizado en estación de maricultura Los Cóbanos



LC1: Río Venado; LC2: Descarga río Venado; LC3: Estanque sin tratamiento; LC4: Estanque con tratamiento; LC5: Bocatoma playa.

Fuente: Imágenes ©2017 DigitalGlobe, Datos del mapa ©2017 Google, adaptada por los propios autores, 2017

Tabla 4 - Sitio de muestreo de agua en los puntos de la Bahía de Jiquilisco y estanques

Departamento	Localidad	Punto de muestreo / abreviación punto	Coordenadas
Usulután	Cuerpo Bahía de Jiquilisco	IB3 / 1	13°16'43.3''N 88°36'46.4''W
		MB3 / 2	13°16'49.5''N 88°36'32.0''W
		FB3 / 3	13°18'78.9''N 88°38'51.5''W
		IB2 / 4	13°16'47.5''N 88°38'09.7''W
		MB2 / 5	13°16'43.3''N 88°37'41.2''W
		FB2 / 6	13°17'74.1''N 88°40'35.8''W
		IB4/ 7	13°16'43.3''N 88°37'41.2''W
		FB4 / 8	13°16'34.5''N 88°39'98.3''W
		Inicio brazo / 9	13°15'28.2''N 88°38'44.3''W
		Mitad brazo / 10	13°15'40.4''N 88°39'05.8''W
		Zapaletas / 11	13°15'34.1''N 88°34'15.1''W
		Tular / 12	13°12'07.5''N 88°29'54.2''W
		Bocana / 13	13°11'06.9''N 89°27'37.1''W
		IB1 / 14	13°12'29.2''N 88°25'29.2''W
		FB1 / 15	13°14'16.2''N 88°24'70.7''W
Estanques cooperativas - Bahía de Jiquilisco	E1	13°14'16.2''N 88°24'70.7''W	
	E2	13°17'74.4''N 88°40'35.5''W	
	E3	13°18'78.9''N 88°38'51.2''W	
	E4	13°16'39.7''N 88°40'18.3''W	

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

Figura 2 - Puntos de muestreo realizado en la zona de Bahía de Jiquilisco, Usulután, El Salvador



1: IB3; 2: MB3; 3: FB3; 4: IB2; 5: MB2; 6: FB2; 7: IB4; 8: FB4; 9: Inicio brazo; 10: Mitad brazo; 11: Zapaletas; 12: Tular; 13: Bocana; 14: IB1; 15: FB1.

Fuente: Imágenes ©2017 DigitalGlobe, Datos del mapa ©2017 Google, adaptada por los propios autores, 2017

### 3.3 Recolección de las muestras para análisis fisicoquímico y microbiológico

Para la toma de muestra de análisis fisicoquímico se utilizó frascos plásticos con capacidad de 3.75 L y para la colecta de las muestras microbiológicas se utilizaron recipientes de vidrio de 0.5 litro, previamente esterilizados y protegidos con una tapa de rosca y debidamente etiquetados con la fecha, hora, lugar y nombre de la persona que hizo la colecta.

Para la toma de muestras ubicadas en el punto de entrada desde el estero (zona de puntera de la bomba de agua cuando ésta exista) se introdujo el frasco y se abrió a una profundidad no mayor a 30 cm; para las muestras de agua. Luego se etiquetaron y

colocaron en una hielera a 4°C para su preservación y trasladarlas al Laboratorio de Investigación de la Universidad Autónoma de Santa Ana (UNASA), para su posterior análisis bacteriológico.

Figura 3 - Medición de parámetros fisicoquímicos *in situ* en bocATOMA playa, Los Cóbano



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

### 3.4 Toma de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En cada una de las muestras de agua del CMLC, así como en aguas del cuerpo y estanques en Bahía de Jiquilisco, se realizaron parámetros fisicoquímicos *in situ*, las cuales fueron oxígeno disuelto (OD), temperatura, salinidad, turbidez y pH, realizado por el equipo de especialista de CENDEPESCA.

Las determinaciones de fósforo total, nitratos, amoníaco, sólidos suspendidos y sedimentables, demanda bioquímica a 5 días (DBO<sub>5</sub>) y los microbiológicos, contemplados como determinación de coliformes totales y fecales y la presencia de *Escherichia coli* e *Vibrio*, fueron realizados en el laboratorio de investigación de la Universidad Autónoma de Santa Ana. Los rangos de valores recomendados están representados en la Tabla 5.

Tabla 5 - Valores permitidos para la calidad de agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el cultivo de camarón

Parámetro	Valores tolerables
Temperatura	20 – 32 °C
Salinidad	2 – 35 ppt
Oxígeno disuelto	≥ 3 ppm
pH	6.5 – 9.0
Fósforo total	0.05 – 0.5 ppm
Nitrato	0.2 – 10 ppm
Amonio	< 1.0 ppm
DBO <sub>5</sub>	< 25 mg/L
Sólidos suspendidos	10 – 80 mg/L
Coliformes totales	1000 NMP/100 mL
Coliformes fecales	200 NPM/100 mL

Fuente: adaptado de Marion, 1999; Kasnir, Harlina, Rosmiati, 2014; Gaceta oficial, 1996.

### 3.5 Descripción de áreas de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en los departamentos de Sonsonate y Usulután, en la Estación de Maricultura Los Cóbano y en la Bahía de Jiquilisco (Figura 4 y 5).

La estación de Maricultura es una dependencia del Centro de Desarrollo Pesquero, Ministerio de Agricultura y Ganadería, ubicada en el municipio de Acajutla, departamento de Sonsonate, El Salvador. La estación se encuentra ubicada entre los 13°32'40.61"N y 89°49'23.70"O, con una elevación de 4 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (21).

La Bahía de Jiquilisco pertenece a la región "G". Ésta se encuentra ubicada en el Departamento de Usulután, entre los paralelos 13°10' y 13°30' y los meridianos 88°48.8' y 88°21.3'. La región limita al norte con la región de la cuenca del río Lempa, al oriente el parte de aguas de la cuenca del Río Grande de San Miguel, al sur con el océano Pacífico y al poniente con el río Lempa. Su topografía es bastante uniforme, estando la mayor parte de su superficie entre el nivel del mar y los 100 m.s.n.m (21).

Figura 4 - Toma de análisis *in situ* en estanques del Centro Maricultura Los Cóbano



A): estanques de cultivo de *P. vannamei*; B) personal de UNASA y CENDEPESCA analizando *in situ* parámetros fisicoquímicos.

Fuente: elaborada por los propios autores, 2017

Figura 5 - Toma de análisis fisicoquímico *in situ* en aguas en Bahía de Jiquilisco



Personal de UNASA y CENDEPESCA realizando análisis *in situ* en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco.

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

### 3.6 Confiabilidad en el manejo de los resultados

La confidencialidad de los datos se mantiene en todo momento. Se asignó un código único a cada muestra de agua. Se ha construido una base de datos electrónica para el respectivo análisis.

### 3.7 Análisis fisicoquímicos en muestras de agua de estanques y aguas abiertas

#### 3.7.1 Temperatura

Esta determinación fue realizada *in situ* con la utilización de un equipo analizador de multiparámetros HANNA modelo HI9829, realizado por el personal de CENDEPESCA *in situ*.

#### 3.7.2 Salinidad

Esta determinación fue realizada *in situ* con la utilización de un equipo analizador de multiparámetros HANNA modelo HI9829, realizado por el personal de CENDEPESCA *in situ*.

#### 3.7.3 Oxígeno Disuelto (OD)

Esta determinación fue realizada *in situ* con la utilización de un equipo analizador de multiparámetros HANNA modelo HI9829, realizado por el personal de CENDEPESCA *in situ*.

#### 3.7.4 pH

Esta determinación fue realizada *in situ* con la utilización de un equipo analizador de multiparámetros HANNA modelo HI9829, realizado por el personal de CENDEPESCA *in situ*.

#### 3.7.5 Determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103-105 °C

La determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103-105 °C fue determinado según el procedimiento descrito en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (15). Una muestra de 100 mL fue filtrada con filtros de celulosa de 2 µm en crisol goosh. Posteriormente, el crisol fue llevado a estufa y secado por 1 hora a una temperatura de 103-105 °C, se dejó enfriar a temperatura ambiente y pesada. Estos

pasos de secado y pesado fueron repetidos hasta obtener un cambio menor del 4% entre las distintas pesadas, realizado en el laboratorio de investigación de UNASA.

### 3.7.6 Determinación de sólidos sedimentables

La determinación de sólidos sedimentables fue determinada según el procedimiento descrito en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (15). Para esto fue utilizado cono de Imhoff, al cual fue transferida la muestra homogenizada (1 L). Se dejó sedimentar las partículas por 45 minutos. Posteriormente, se agitó levemente por las paredes del cono y se esperó 15 minutos. Luego de transcurrido el tiempo, se anotó el volumen del sedimento, realizado en el laboratorio de investigación de UNASA.

### 3.7.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO<sub>5</sub>)

La demanda bioquímica de oxígeno de las muestras de agua se estimó mediante el procedimiento descrito por HACH Company (22). Fue considerando el tipo de muestra y altitud del laboratorio para la elección del volumen de la muestra.

La DBO se calculó mediante la ecuación:

$$\text{mg/L DBO} = (A \cdot 300) - B + C$$

donde: A= La pendiente de la recta en mg de OD consumida por mililitro de muestra seleccionada; 300= Volumen de la botella DBO; B= Intersección con el eje Y; C= La OD de la muestra sin diluir, realizado en el laboratorio de investigación de UNASA.

### 3.7.8 Determinación de fósforo total

El fósforo total se determinó mediante el método colorimétrico de digestión con persulfato ácido para agua de mar, equivalente al método estándar 4,500-PB, 5 y P.E y al método 350.2 de la Agencia para la Protección del Ambiente de Estados Unidos (USEPA). El rango de medida del análisis fue desde 0,00 a 3,50 g/L de anión fosfato (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), realizado en el laboratorio de investigación de UNASA.

### 3.7.9 Determinación de nitrato

La determinación de nitrato de las muestras de agua se estimó mediante el procedimiento descrito por HACH Company (22) utilizando tubos TNT836® con rango de 5 - 35 mg/L de NO<sub>3</sub>-N. Este método se fundamenta en la reducción de cadmio. Fueron utilizados 0.2 mL de muestras de agua y 1.0 mL de 2-propanol. Luego de 15 min fue leído en un espectrofotómetro HACH® DR3900 en longitud de onda de 500 nm, realizado en el laboratorio de investigación de UNASA.

### 3.7.10 Determinación de amonio

La determinación de amonio de las muestras de agua se estimó mediante el procedimiento descrito por HACH Company (22) mediante el método colorimétrico de indofenol. Para esto fueron tomados 0.2 mL de muestra y transferidos a un tubo TNT®832. Fue homogenizado y luego de transcurrido 15 min fue leído en un espectrofotómetro HACH® DR3900 en longitud de onda de 425 nm, realizado en el laboratorio de investigación de UNASA.

## 3.8 Análisis microbiológicos en muestras de agua de estanques y aguas abiertas

### 3.8.1 Prueba para la caracterización de coliformes fecales

Para la prueba presuntiva de la presencia de coliformes fecales en las muestras analizadas, fue utilizado caldo lactosado según el método establecido por la *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater* (15), realizado en el laboratorio de investigación de UNASA con algunas modificaciones. Para esto fueron utilizados 5 tubos de ensayo con campanas de Durham conteniendo 10 mL de caldo lactosado. La dilución de la muestra fue de 1, 0.1 y 0.01 mL, utilizando agua peptonada para realizar las diluciones. Posteriormente, fueron adicionados 1 mL de cada dilución a los tubos de ensayo e incubados a una temperatura de  $35 \pm 2$  °C. Después de 24 horas fue observado la presencia de turbidez o la formación de gas. Si la formación de gas no fue evidenciada, incubar y examinar al final de  $48 \pm 3$  horas.

### 3.8.2 Prueba confirmativa para coliformes fecales

En la prueba confirmativa fue utilizado caldo verde brillante bilis lactosa, en la cual fueron sometidos todos los tubos positivos de la prueba presuntiva. Fue transferido 1 mL de los tubos a 5 tubos de ensayo con campana de Durham conteniendo 10 mL de caldo verde brillantes bilis lactosa e incubado a  $35 \pm 0.5$  °C. Transcurrido 24 horas, fueron revisados los tubos para verificar la presencia de gas en las campanas de Durham indicando presencia de bacterias coliformes. A partir de los tubos con turbidez o presencia de gas, fue calculado el número más probable.

Para la fase confirmativa fueron utilizados el caldo *Escherichia coli* (caldo EC) para determinación de coliformes fecales y agar con eosina y azul de metileno (EMB) para verificar la presencia del microorganismo *Escherichia coli*.

Fue utilizado 1 mL de los tubos que presentaron turbidez o presencia de gas en la prueba de coliformes totales, y transferidos a 5 tubos de ensayo con campanas de Durham conteniendo 10 mL de caldo EC. Posteriormente fue incubado a  $44.5 \pm 0.2$  °C por  $24 \pm 2$  horas. La presencia de turbidez o gas en dentro de las  $24 \pm 2$  horas o menos, indican la presencia de coliformes fecales, la presencia de *E. coli* fue determinada por el crecimiento de colonias características en el medio de cultivo EMB.

### 3.8.3 Carga bacteriana de *Vibrio* spp

Se determinó la carga bacteriana de *Vibrio* spp por la técnica de extensión de superficie en placa, realizando 4 diluciones 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000 utilizando agua peptonada en concentración de sal de 33.5 gramos por 1000 ml, se homogenizo y se extendió 0.1 ml de cada dilución con asa de drigalsky, en el medio selectivo *Vibrio* spp que fue preparado con concentración de sal 30 - 32 ppt, las cuales se incubaron por 24 horas a 37 °C, posteriormente se realizó el conteo de colonias y se calcularon las unidades formadoras de colonias por el factor de dilución.

## IV. RESULTADOS.

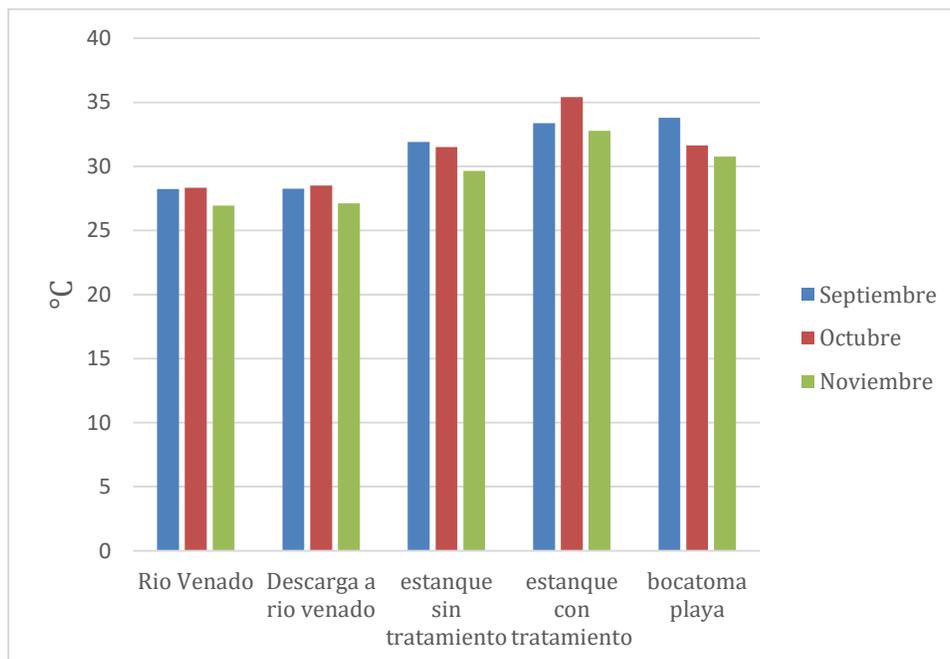
### 4.1 Resultados de análisis fisicoquímico

#### 4.1.1 Temperatura

Los resultados obtenidos en la determinación temperatura conforme al literal 3.7.1 tanto para las muestras del centro de maricultura Los Cóbano (CMLC) como del cuerpo de la Bahía de Jiquilisco (CBJ) y los estanques de las principales cooperativas camaroneras (ECC) están representados en las Figura 6, 7 y 8, respectivamente.

A través del análisis de la Figura 6, se puede observar valores más elevados de temperatura fueron para el estanque con tratamiento durante todo el período de muestreo. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 28.23 a 33.79 °C para el mes de septiembre, de 28.34 a 35.41 °C para el mes de octubre y de 26.94 a 32.77 °C para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (26.94 °C) para la muestra del río el Venado y el más alto (35.41°C) para la muestra del estanque con tratamiento.

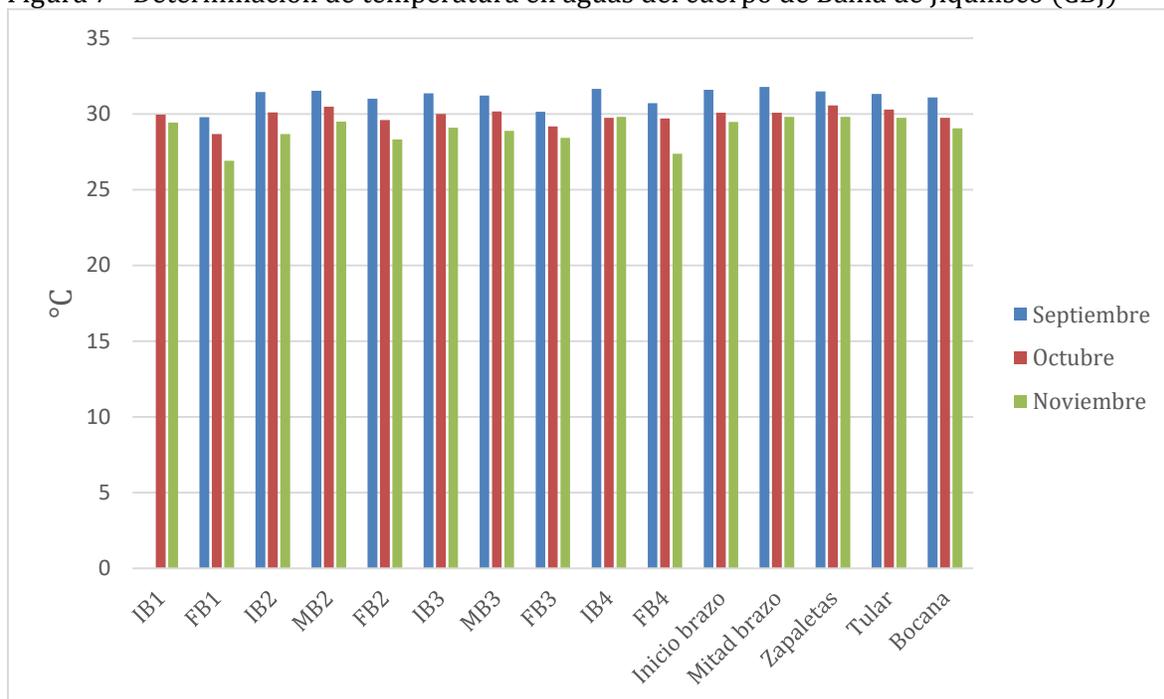
Figura 6 - Determinación de temperatura de aguas en Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, como es observado en la Figura 7, los valores más altos de temperatura corresponden para el mes de septiembre en todos los puntos analizados. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 29.78 a 31.78 °C para el mes de septiembre, de 28.68 a 30.56 °C para el mes de octubre y de 26.91 a 29.88 °C para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (26.91 °C) para la muestra del brazo final de cooperativa 26 de Junio en el mes de noviembre y el más alto (31.78 °C) para la muestra de Zapaletas en el mes de septiembre.

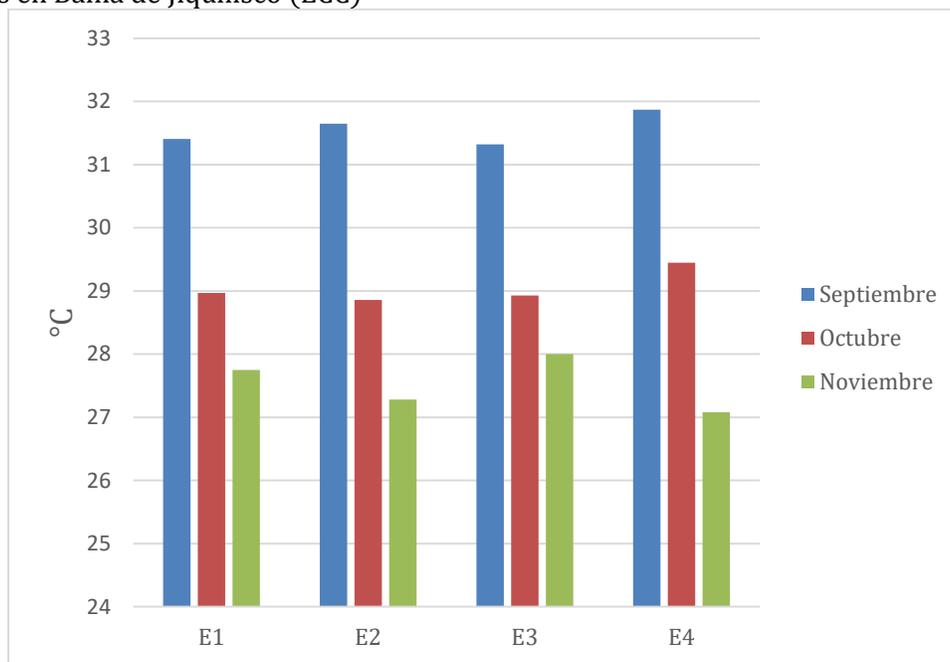
Figura 7 - Determinación de temperatura en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC, como es observado en la Figura 8, los valores más altos de temperatura corresponden para el mes de septiembre con una disminución durante los meses de estudio en todos los puntos analizados. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 31.41 a 31.87 °C para el mes de septiembre, de 29.45 a 28.86 °C para el mes de octubre y de 27.05 a 28.00 °C para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (27.05 °C) y el más alto (31.87 °C) para la muestra del punto E4 en el mes de noviembre y septiembre, respectivamente.

Figura 8 - Determinación de temperatura de aguas en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC)



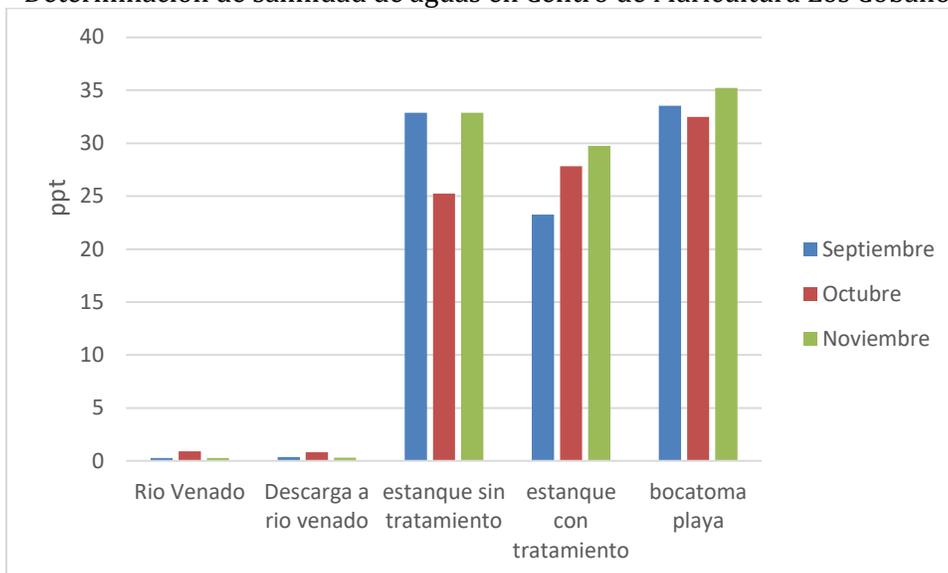
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.2 Salinidad

Los resultados obtenidos en la determinación de salinidad conforme al literal 3.7.2 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Figura 9, 10 y 11, respectivamente.

Por medio del resultado de la Figura 9, se puede observar valores bajos para las muestras del río el Venado (agua dulce) y valores normales para los estanques y para la bocatoma de CMLC. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 0.17 a 0.38 ppt para el mes de septiembre, de 0.82 a 1.08 ppt para el mes de octubre y de 0.27 a 0.30 ppt para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo y más alta (0.17 y 1.08 ppt) para la muestra del río el Venado, tratándose de agua dulce. En el caso de agua salada, los valores obtenidos se encuentran en el rango de 23.26 a 33.23 ppt para el mes de septiembre, de 25.23 a 32.47 ppt para el mes de octubre y de 29.75 a 35.20 ppt para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (23.26 ppt) para el estanque con tratamiento en el mes de septiembre y la más alta (35.20 ppt) para la bocatoma durante el mes de noviembre.

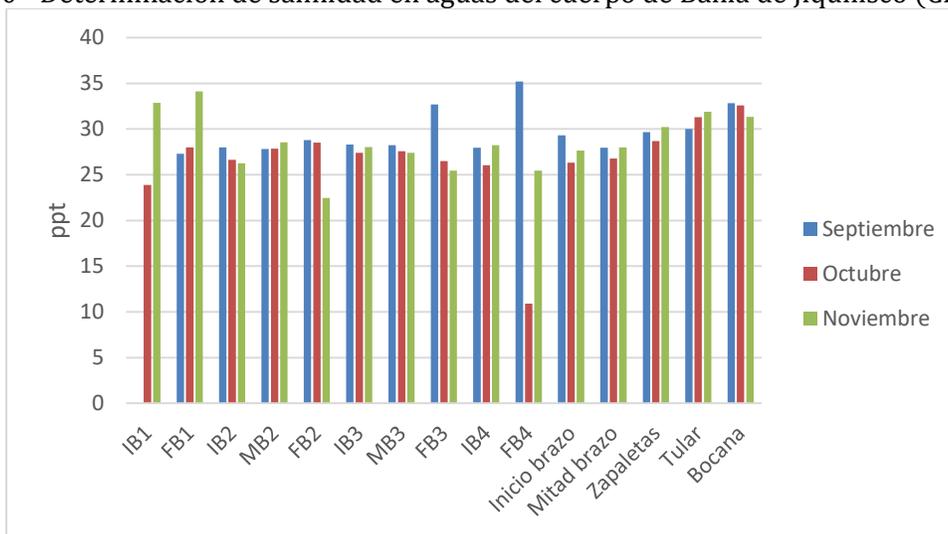
Figura 9 - Determinación de salinidad de aguas en Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, como observado en la Figura 10, los valores más altos de salinidad corresponden para el mes de septiembre en la parte final de los brazos que abastecen a cada cooperativa camaronera. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 27.30 a 35.70 ppt para el mes de septiembre, de 10.90 a 32.60 ppt para el mes de octubre y de 22.45 a 34.12 ppt para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (10.90 ppt) para la muestra FB4 en el mes de octubre y el más alto (35.20 ppt) para la muestra FB4 en el mes de septiembre.

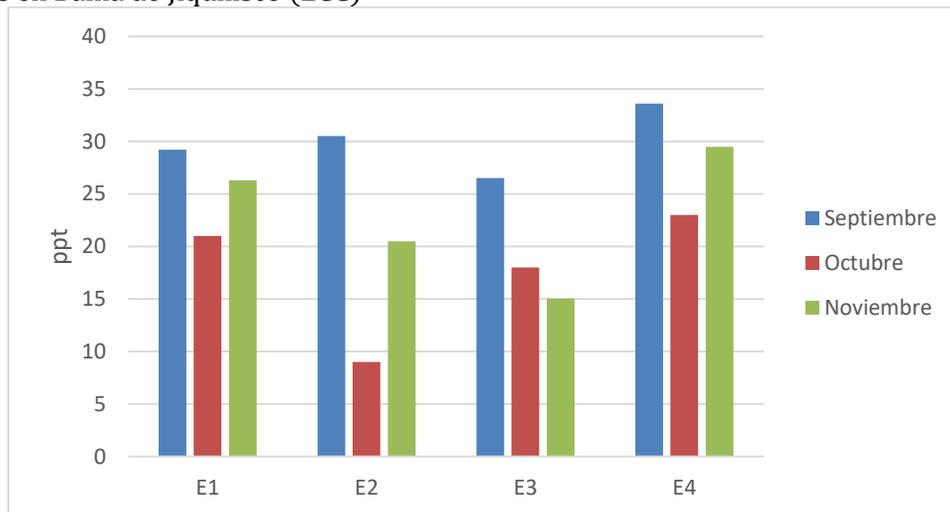
Figura 10 - Determinación de salinidad en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC, como es observado en la Figura 11, los valores más altos de salinidad corresponden para el mes de noviembre. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 26.50 a 33.6 para el mes de septiembre, de 9.00 a 23.00 ppt para el mes de octubre y de 15.03 a 29.49 ppt para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (9.00 ppt) para la muestra del punto E2 en el mes de octubre y el más alto (33.6 ppt) para la muestra del punto E4 en el mes de septiembre.

Figura 11 - Determinación de salinidad en aguas de estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC)



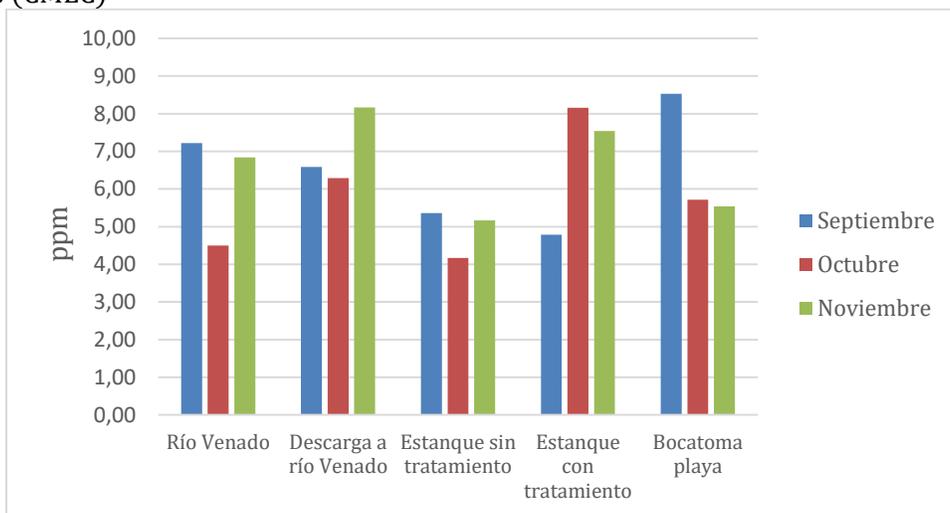
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.3 Determinación de Oxígeno Disueltos (OD)

Los resultados obtenidos en la determinación de oxígeno disueltos (OD) conforme al literal 3.7.3 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Figura 12, 13 y 14, respectivamente.

A través del análisis de la Figura 12, se puede observar una variación en todos los meses de muestreo, siendo el estanque sin tratamiento que presento los valores más bajos durante el estudio. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 4.79 a 8.53 ppm para el mes de septiembre, de 4.17 a 8.16 ppm para el mes de octubre y de 5.17 a 8.17 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (4.17 ppm) para la muestra del estanque sin tratamiento en el mes de octubre y el más alto (8.53 ppm) para la muestra de la bocatoma en el mes de septiembre.

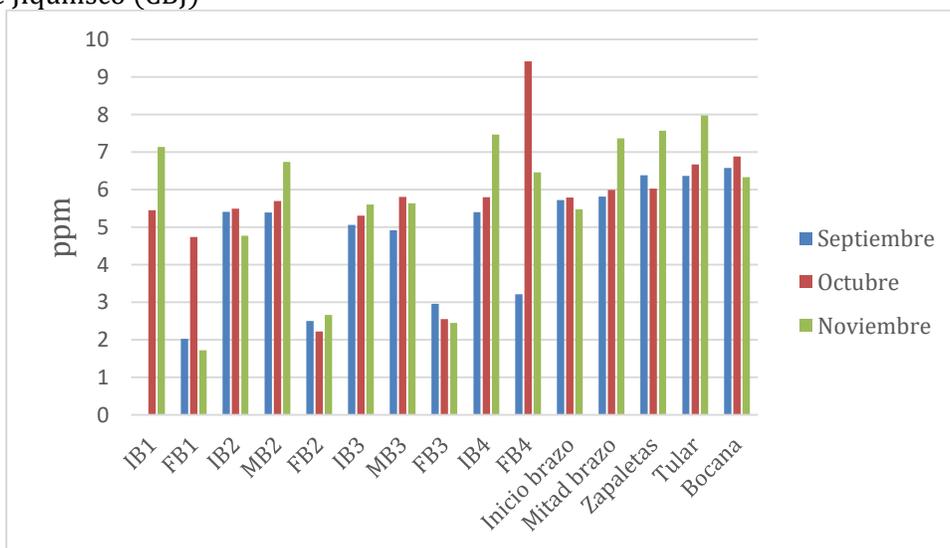
Figura 12 - Determinación de oxígeno disuelto (OD) en aguas de Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)



Fuente: Elaborado por los autores, 2017

En el caso de CBJ, en la Figura 13 se presentan los resultados en donde los valores más altos de OD corresponden fueron predominantemente mayores durante los meses de noviembre. Los valores obtenidos se encuentran en el rango 2.50 a 6.58 ppm para el mes de septiembre, de 2.22 a 9.42 ppm para el mes de octubre y de 1.72 a 7.98 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (1.72 ppm) para la muestra del FB1 en el mes de noviembre y el más alto (9.42 ppm) para la muestra FB4 el mes de octubre.

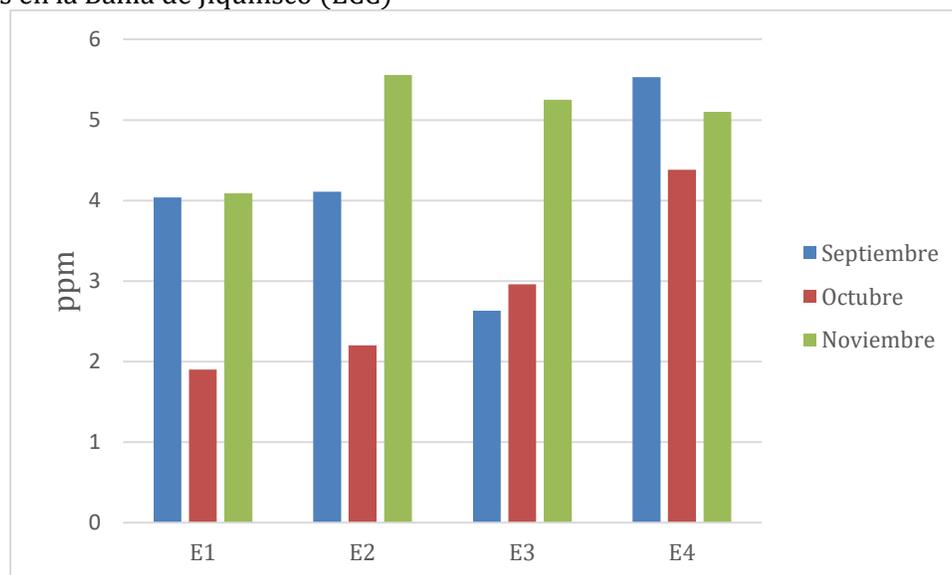
Figura 13 - Resultados de la determinación de oxígeno disuelto (OD) en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC, como es observado en la Figura 14, los resultados fueron mayores en el mes de noviembre en los estanques de las diferentes cooperativas. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 2.63 a 5.53 ppm para el mes de septiembre, 1.9 a 4.38 para el mes de octubre y de 4.09 a 5.56 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (1.9 ppm) para la muestra de E1 en el mes de octubre y el más alto (5.56 ppm) para la muestra de E2 en el mes de noviembre.

Figura 14 - Determinación de oxígeno disuelto (OD) en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en la Bahía de Jiquilisco (ECC)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.4 pH

Los resultados obtenidos en la determinación de pH conforme al literal 3.7.4 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Tabla 6, 7 y 8, respectivamente.

A través del análisis de la Tabla 6, se puede observar registros uniformes entre los períodos de muestreo, con valores en el rango de 7.45 a 8.55 para el mes de septiembre, de 7.08 a 8.30 para el mes de octubre y de 7.58 a 7.94 para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (7.08) para la muestra del río el Venado en el mes de octubre y el más alto (8.55 ppm) para la muestra de la bocatoma en el mes de septiembre.

Tabla 6 - Determinación de pH en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)

Zona de muestreo	Determinación de pH		
	Septiembre	Octubre	Noviembre
Río Venado	7.45	7.08	7.69
Descarga río Venado	7.51	7.88	7.58
Estanque sin tratamiento	8.30	7.56	7.74
Estanque con tratamiento	8.12	7.98	7.94
Bocatoma playa	8.55	8.30	7.90

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

Tabla 7 - Determinación de pH en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)

Zona de muestreo	Determinación de pH		
	Septiembre	Octubre	Noviembre
IB1	N.R.	7.56	7.69
FB1	7.36	7.71	6.70
IB2	7.40	7.36	7.27
MB2	7.40	7.41	7.53
FB2	7.49	8.50	7.08
IB3	8.55	8.0	7.90
MB3	7.34	7.44	7.30
FB3	7.76	7.71	7.13
IB4	7.40	7.33	7.60
FB4	7.90	8.56	8.38
Inicio brazo	7.46	7.35	7.29
Mitad brazo	7.45	7.39	7.59
Zapaletas	7.56	7.46	7.67
Tular	7.69	7.69	7.75
Bocana	7.77	7.78	7.39

IB: inicio de brazo; MB: mitad brazo; FB: final brazo; N.R.: valor no registrado.

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, en la Tabla 7 se puede observar registros uniformes entre los períodos de muestreo, con valores en el rango de 7.34 a 7.90 para el mes de septiembre, de 7.33 a 8.56 para el mes de octubre y de 6.70 a 8.38 para el mes de noviembre, siendo el valor

más bajo (6.70) para la muestra de FB1 en el mes de noviembre y el más alto (8.56) para la muestra de FB4 en el mes de octubre.

En el caso de ECC, como es observado en la Tabla 8, los resultados fueron mayores principalmente en el mes de septiembre. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 7.83 a 8.86 para el mes de septiembre, de 6.98 a 7.36 para el mes de octubre y de 7.33 a 7.98 para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (6.96) para la muestra de E1 en el mes de octubre y el más alto (8.86) para la muestra de E3 en el mes de septiembre.

Tabla 8 - Determinación de pH en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC)

Zona de muestreo	Determinación de pH		
	Septiembre	Octubre	Noviembre
E1	7.83	6.96	7.57
E2	8.84	7.07	7.82
E3	8.86	6.98	7.98
E4	8.65	7.36	7.33

E: estanque.

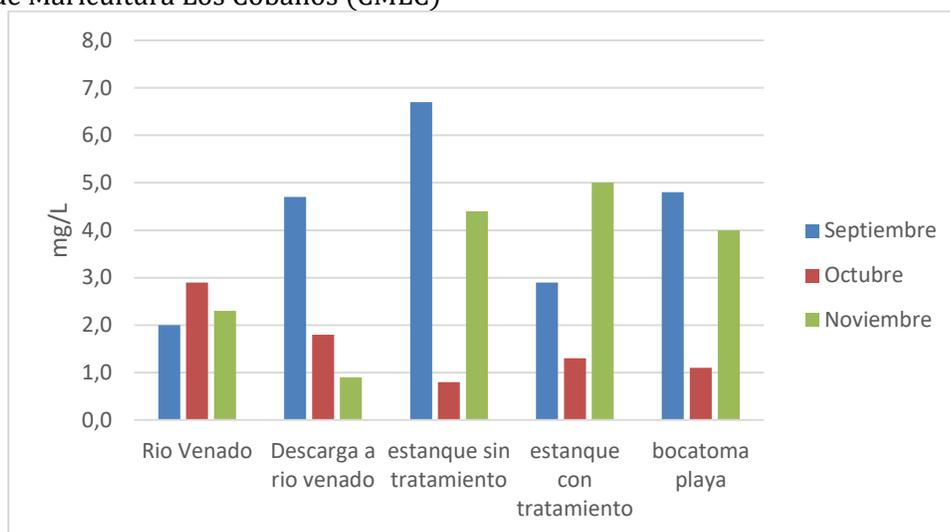
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.5 Resultado de la determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103-105 °C

Los resultados obtenidos en la determinación de sólidos totales suspendidos conforme al literal 3.7.9 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Figura 15, 16 y 17, respectivamente.

Se observa en la Figura 15, una variación en todos los meses de muestreo en CMLC, con valores en el rango de 2.0 a 6.7 mg/L para el mes de septiembre, de 0.8 a 2.9 mg/L para el mes de octubre y de 0.9 a 5.0 mg/L para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.9 mg/L) para la muestra de la descarga del CMLC hacia el río el Venado en el mes de noviembre y el más alto (6.7 mg/L) para la muestra del estanque sin tratamiento en Los Cóbanos durante el mes de septiembre.

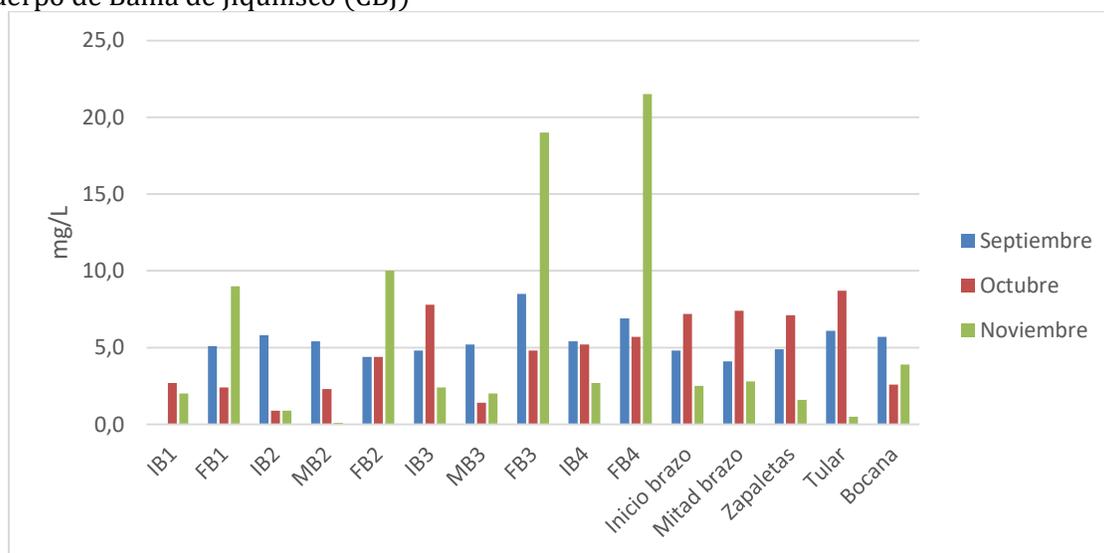
Figura 15 - Determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103-105 °C de aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC)



Fuente: Elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ (Figura 16), el rango de los valores fue de 4.4 a 6.1 mg/L para el mes de septiembre, de 0 a 8.7 mg/L para el mes de octubre y de 0.1 a 30 mg/L para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0 mg/L) para la muestra FB4 en el mes de octubre y el más alto (30 mg/L) para la muestra en FB4 en el mes de septiembre.

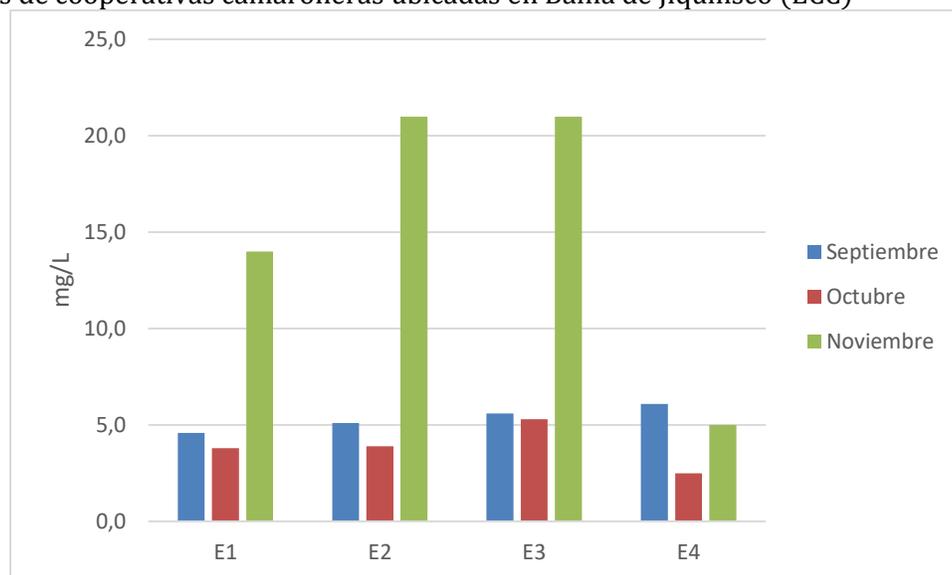
Figura 16 - Determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103 - 105 °C de aguas en cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: Elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC (Figura 17), los resultados fueron mayores en términos generales en el mes de noviembre. Los valores obtenidos se encuentran en el rango 4.0 a 6.1 mg/L para el mes de septiembre, de 0.0 a 3.9 mg/L para el mes de octubre y de 5 a 26 mg/L para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.0 mg/L) para la muestra del estanque en cooperativa 26 de Junio en el mes de octubre y el más alto (26 mg/L) para la muestra del punto E3 en el mes de noviembre.

Figura 17 - Determinación de sólidos totales suspendidos secados a 103 - 105 °C en agua en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC)



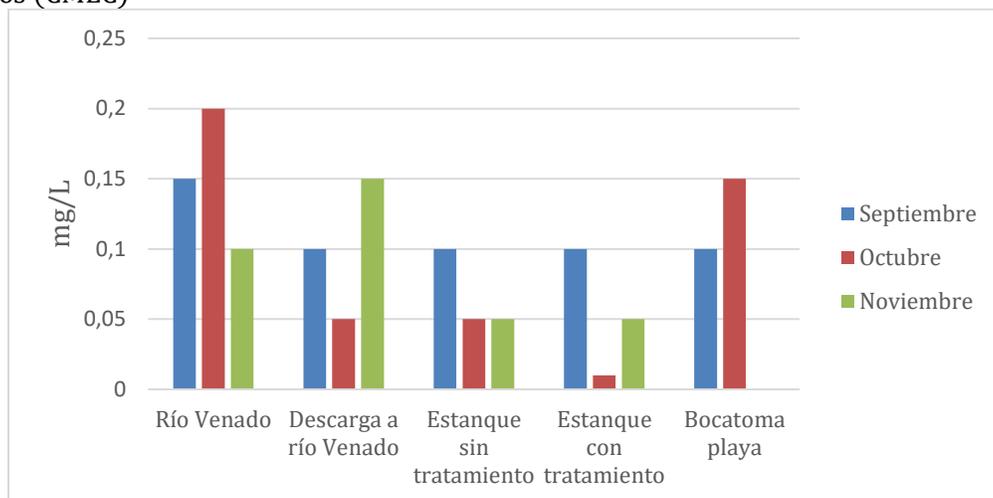
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.6 Determinación de sólidos sedimentables

Los resultados obtenidos en la determinación de sólidos sedimentables conforme al literal 3.7.10 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Figura 18, 19 y 20, respectivamente.

Los resultados obtenidos en CMLC están representados en la Figura 18, con valores en los rangos de 0.1 a 0.15 mg/L para el mes de septiembre, de 0.01 a 0.2 mg/L para el mes octubre y de 0.0 a 0.15 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.1 mg/L) para la muestra del estanque con tratamiento en el mes de octubre y el más alto (2 mg/L) para la muestra del río el Venado en el mes de octubre.

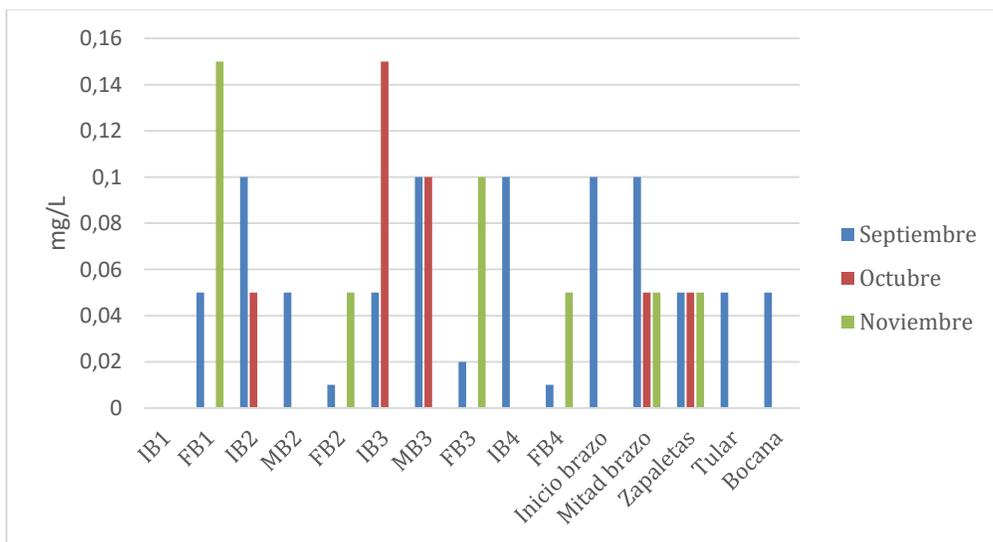
Figura 18 - Determinación sólidos sedimentables en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC)



Fuente: Elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ representado en la Figura 19, los resultados están en el rango de 0.01 a 0.1 mg/L para el mes de septiembre, de 0.0 a 0.15 mg/L para el mes de octubre y de 0.0 a 0.15 mg/L para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.0 ppm) para FB3, MB2 y MF2, IB4 e FB4, Tular y Bocana en los meses de octubre e IB3 e MB3, IB2, la muestra del FB3, inicio de brazo, Tular, Bocana e IB1 en el mes de noviembre y el más alto (0.15 mg/L) para la muestra de IB3 y FB1 en el mes de octubre y noviembre, respectivamente.

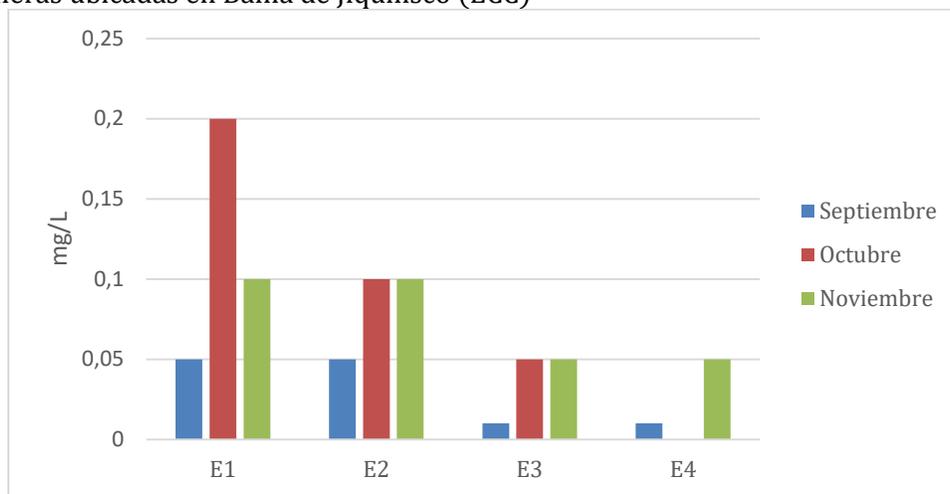
Figura 19 - Determinación de sólidos sedimentables en agua del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: Elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC, como observado en la Figura 20, los resultados obtenidos se encuentran en el rango de 0.01 a 0.05 mg/L para el mes de septiembre, de 0.0 a 0.2 mg/L para el mes de octubre y de 0.05 a 0.1 mg/L para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.0 mg/L) para la muestra de E4 en el mes de octubre y el más alto (0.2 mg/L) para la muestra de E1 en el mes de octubre.

Figura 20 - Determinación de sólidos sedimentables en agua en estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC)



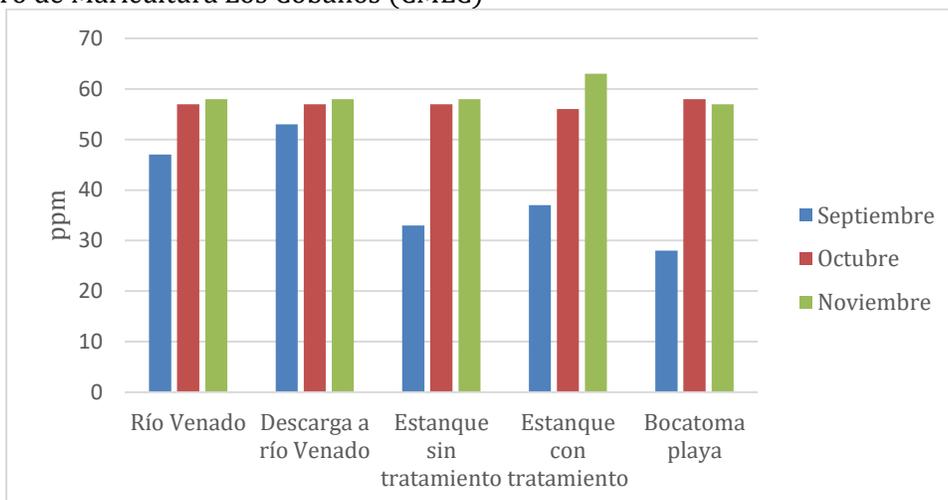
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.7 Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO<sub>5</sub>)

Los resultados obtenidos en la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO<sub>5</sub>) conforme al literal 3.7.8 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Figura 21, 22 y 23, respectivamente.

En la Figura 21 están representado los resultados de CMLC, y se puede observar valores similares entre los meses de octubre y noviembre en todos los puntos de muestreo (agua dulce, salobre y agua de mar). Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 28 a 53 mg/L para el mes de septiembre, de 56 a 58 mg/L para el mes de octubre y de 57 a 63 mg/L para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (28 mg/L) para la muestra de la bocatoma de playa en el mes de septiembre y el más alto (63 mg/L) para la muestra del estanque con tratamiento en el mes de noviembre.

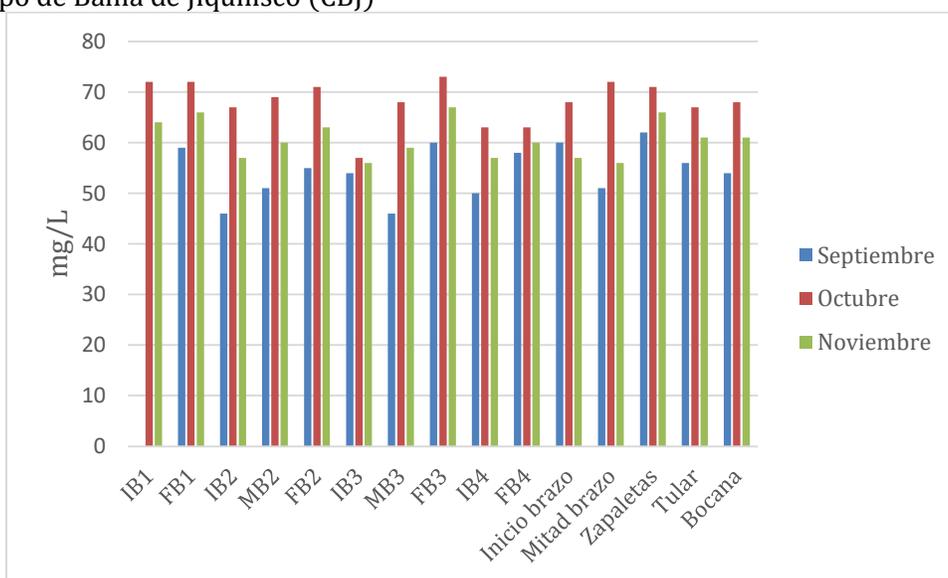
Figura 21 - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO<sub>5</sub>) en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)



Fuente: Elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, como observado en la Figura 22, durante el mes de octubre se obtuvieron valores mayores, al ser comparados con los otros meses de estudio. El rango fue de 46 a 62 g/L para el mes de septiembre, de 57 a 73 mg/L para el mes de octubre y de 56 a 67 mg/L para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (46 mg/L) para la muestra de MB3 y IB2 en el mes de noviembre y el más alto (73 mg/L) para el punto FB3 en el mes de noviembre.

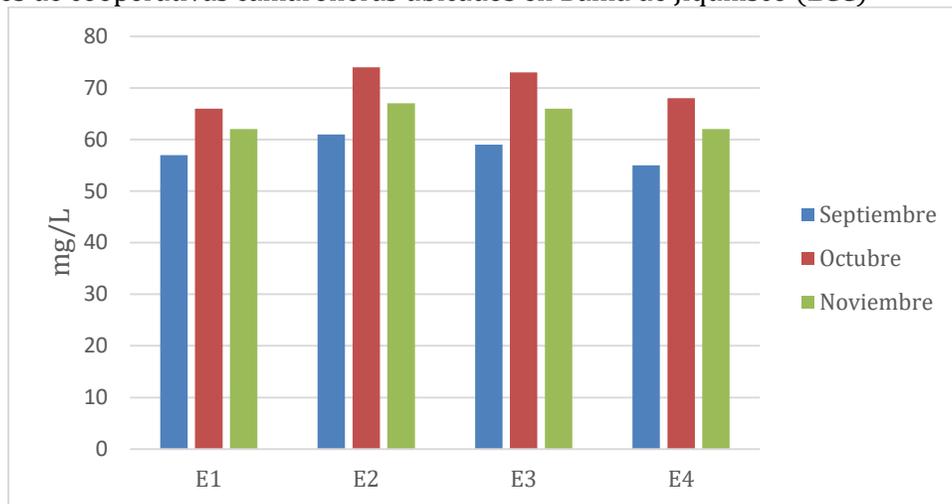
Figura 22 - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO<sub>5</sub>) en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: Elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC, como observado en la Figura 23, los resultados fueron mayores en términos generales durante el mes de octubre. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 55 a 61 mg/L para el mes de septiembre, de 66 a 74 mg/L para el mes de octubre y de 62 a 67 mg/L para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (55 mg/L) para la muestra del punto E4 en el mes de septiembre y el más alto (74 mg/L) para la muestra del punto E2 en el mes de octubre.

Figura 23 - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub>) en agua de estanques de cooperativas camaroneras ubicados en Bahía de Jiquilisco (ECC)



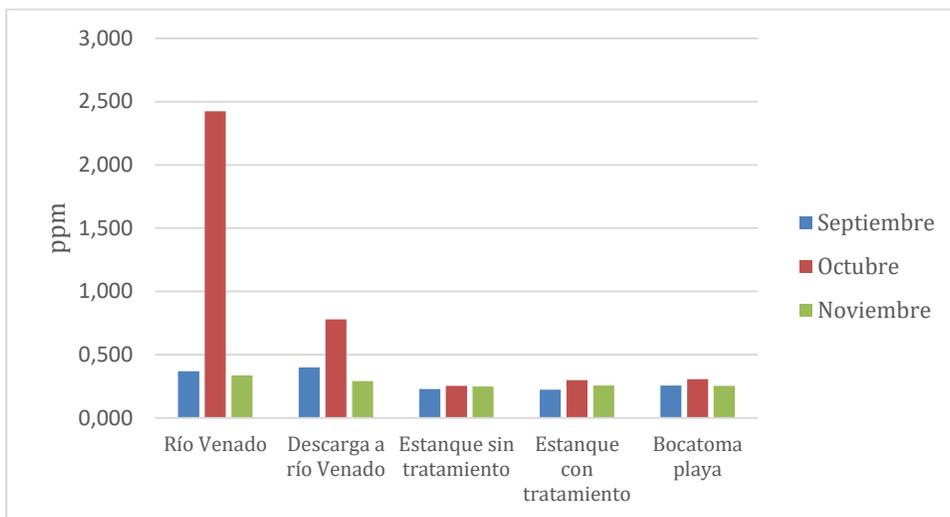
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.8 Determinación de fósforo total

Los resultados obtenidos en la determinación de fósforo total conforme al literal 3.7.5 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Figura 24, 25 y 26, respectivamente.

A través del análisis de la Figura 24, se puede observar una elevación de los niveles de fósforo totales en las muestras proveniente al río el Venado durante el mes de octubre. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 0.22 a 0.39 ppm para el mes de septiembre, de 0.25 a 2.43 ppm para el mes de octubre y de 0.24 a 0.33 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.22 ppm) para la muestra del estanque con tratamiento en el mes de septiembre y el más alto (2.43 ppm) para la muestra del río el Venado en el mes de octubre.

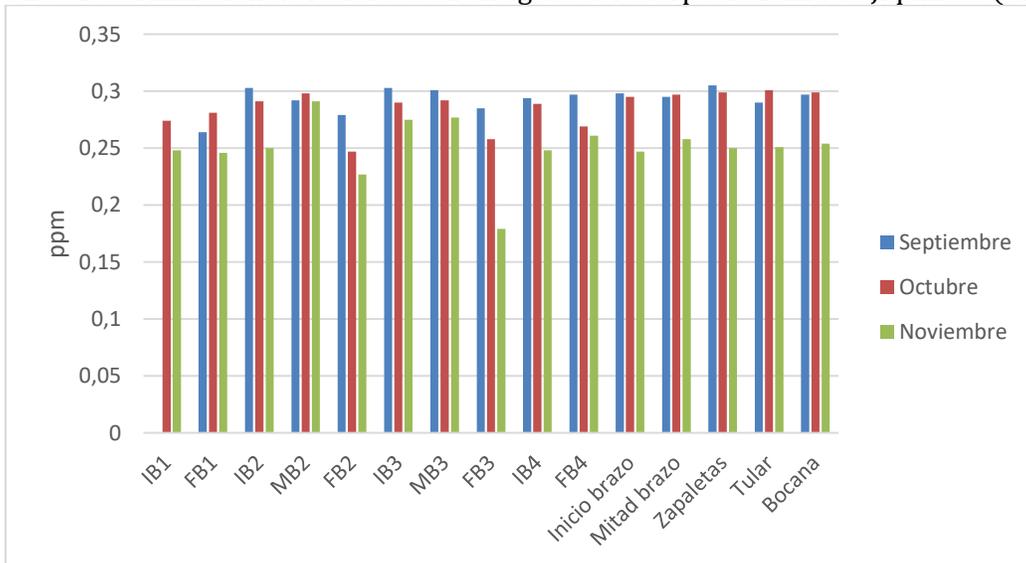
Figura 24 - Determinación de fósforo total en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, en la Figura 25 se puede observar registros uniformes entre los períodos de muestreo, con disminución de sus valores en los meses de noviembre. El rango fue de 0.26 a 0.31 ppm para el mes de septiembre, de 0.48 a 0.30 ppm para el mes de octubre y de 0.18 a 0.29 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.18 ppm) para la muestra de FB3 en el mes de noviembre y el más alto (0.31 ppm) para la muestra de Zapaletas en el mes de septiembre.

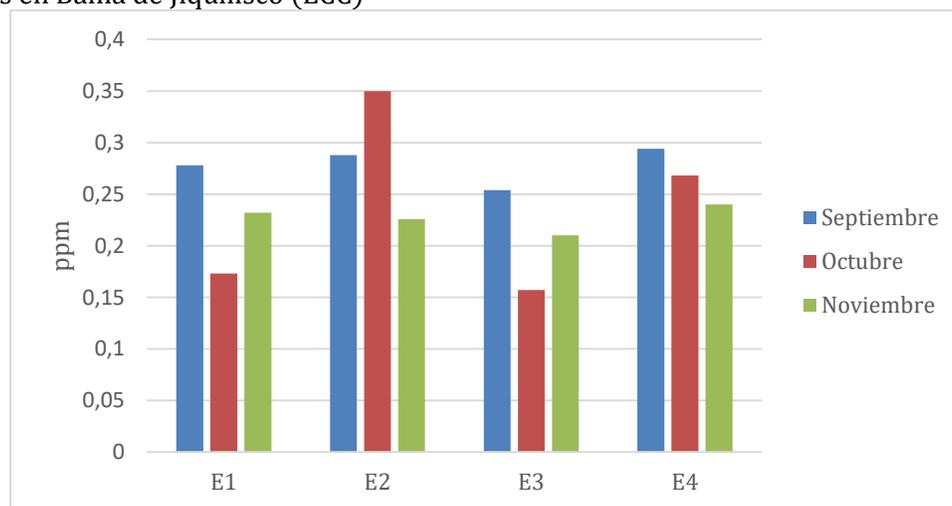
Figura 25 - Determinación de fósforo total en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC, como observado en la Figura 26, los resultados fueron mayores en términos generales en el punto E4. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 0.254 a 0.294 ppm para el mes de septiembre, de 0.157 a 0.350 ppm para el mes de octubre y de 0.210 a 0.240 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.157 ppm) para la muestra del punto E3 en el mes de octubre y el más alto (0.350 ppm) para la muestra del punto E2 en el mes de octubre.

Figura 26 - Determinación de fósforo total en aguas de estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC)



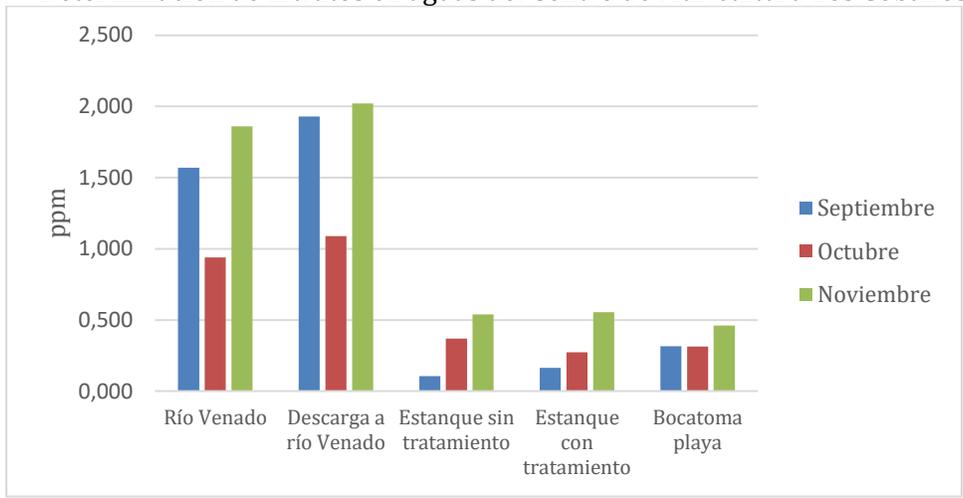
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.9 Determinación de nitratos

Los resultados obtenidos en la determinación de nitratos conforme al literal 3.7.6 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Figura 27, 28 y 29, respectivamente.

A través del análisis de la Figura 27, se puede observar un incremento en las muestras de río que en las muestras de los estanques y de la bocatoma de mar. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 0.106 a 1.930 ppm para el mes de septiembre, de 0.273 a 1.090 ppm para el mes de octubre y de 0.462 a 2.020 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.106 ppm) para la muestra del estanque sin tratamiento en el mes de septiembre y el más alto (2.020 ppm) para la muestra de la descarga de agua del CMLC hacia el río el Venado en el mes de noviembre.

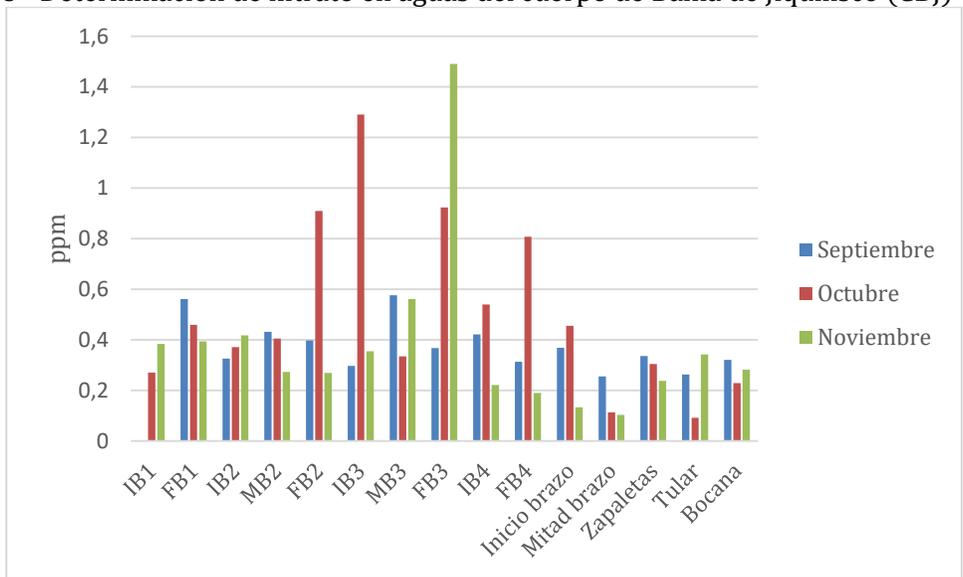
Figura 27 - Determinación de nitratos en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, en la Figura 28 se puede observar que en la mayoría de los puntos finales de cada brazo hay un aumento de la concentración de nitratos en el cuerpo de agua, especialmente en los meses de octubre y noviembre. El rango fue de 0.256 a 5.76 ppm para el mes de septiembre, de 0.092 a 1.290 ppm para el mes de octubre y de 0.103 a 1.490 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.092 ppm) para la muestra de Tular en el mes de octubre y el más alto (1.490 ppm) para la muestra del FB3 en el mes de noviembre.

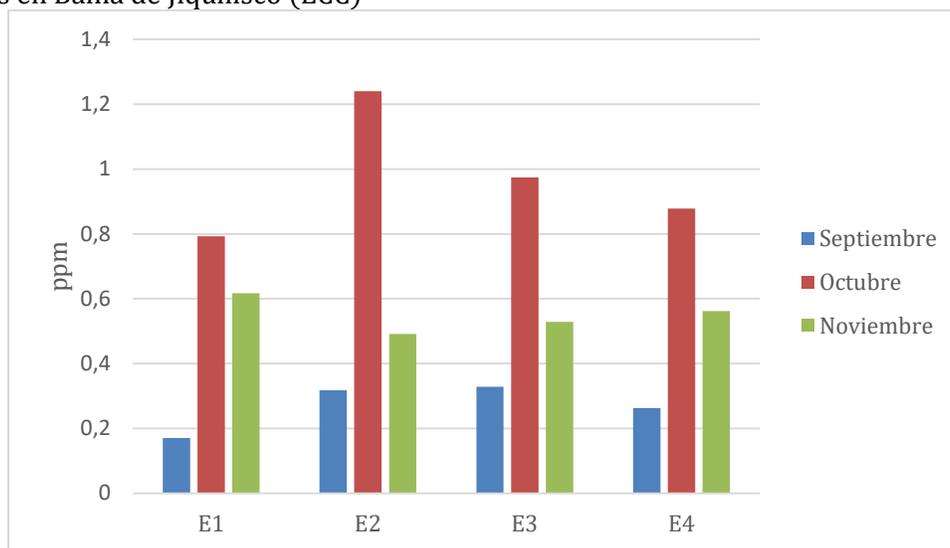
Figura 28 - Determinación de nitrato en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC, como mostrado en la Figura 29, los resultados fueron mayores en términos generales en el mes de octubre. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 0.170 a 0.328 ppm para el mes de septiembre, de 0.793 a 1.240 ppm para el mes de octubre y de 0.491 a 0.617 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.170 ppm) para la muestra de E1 en el mes de septiembre y el más alto (1.240 ppm) para la muestra de E2 en el mes de octubre.

Figura 29 - Determinación de nitratos en agua de estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC)



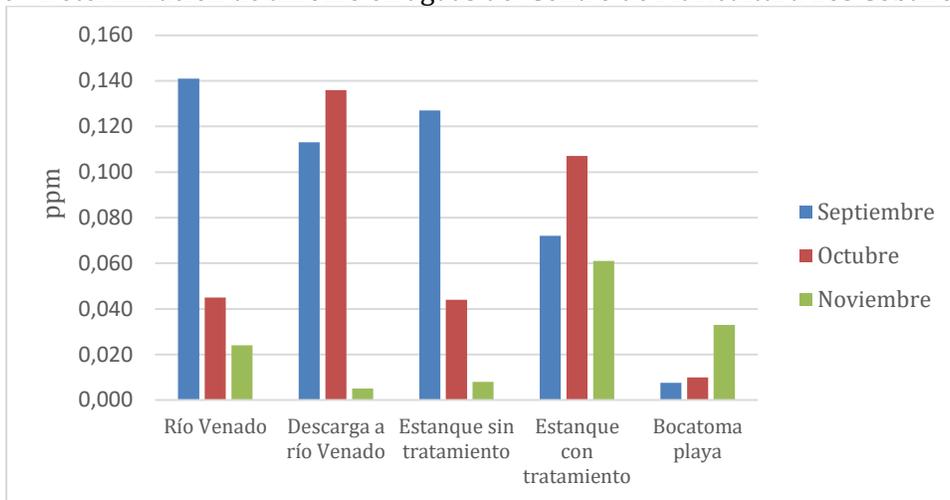
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.1.10 Determinación de amonio

Los resultados obtenidos en la determinación de amonio conforme al literal 3.7.7 tanto para las muestras de CMLC, así como también de CBJ y de ECC están representados en las Figura 30, 31 y 32, respectivamente.

Los valores obtenidos se encuentran para CMLC están representados en la Figura 30, con rangos de 0.008 a 0.141 ppm para el mes de septiembre, de 0.010 a 0.136 ppm para el mes de octubre y de 0.005 a 0.061 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.005 ppm) para la muestra de la descarga de agua de CMLC al río el Venado en el mes de noviembre y el más alto (0.141 ppm) para la muestra del río el Venado en el mes de septiembre.

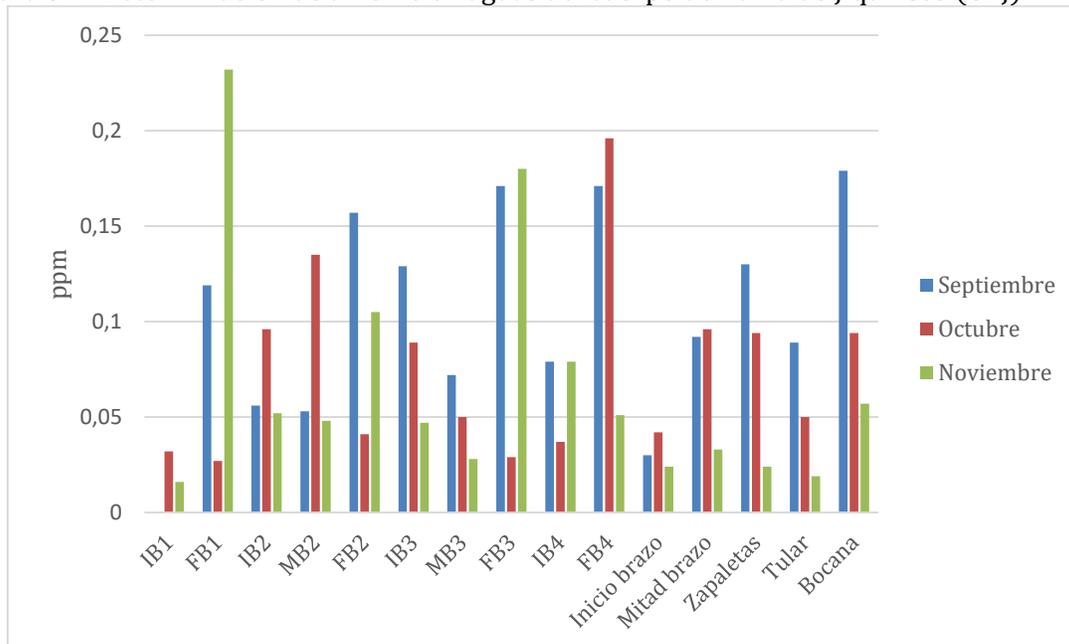
Figura 30 - Determinación de amonio en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, como observado en la Figura 31 los resultados se encuentran en rangos de 0.013 a 0.179 ppm para el mes de septiembre, de 0.027 a 0.196 ppm para el mes de octubre y de 0.007 a 0.472 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.007 ppm) para la muestra del IB3 en el mes de noviembre y el más alto (0.472 ppm) para la muestra de FB1 en el mes de noviembre.

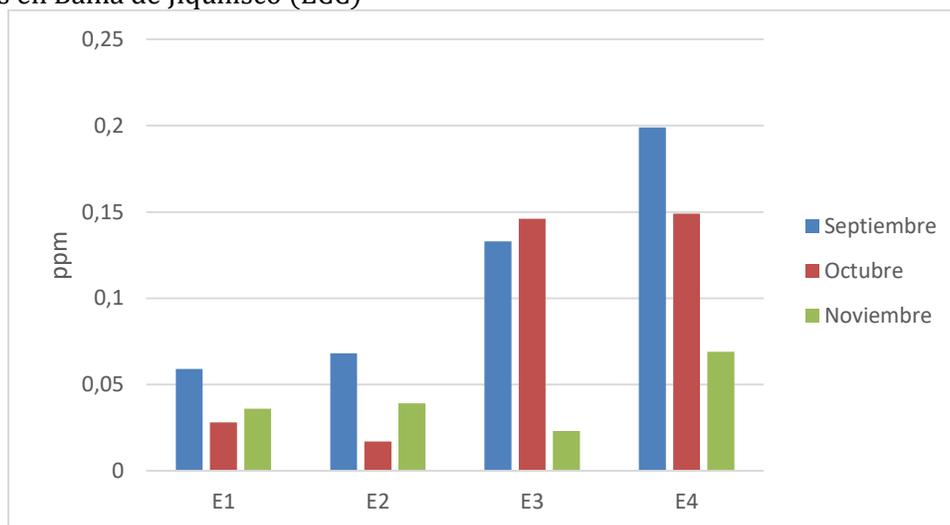
Figura 31 - Determinación de amonio en aguas del cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de ECC, los resultados están representados en la Figura 32. Los valores obtenidos se encuentran en el rango de 0.059 a 0.199 ppm para el mes de septiembre, de 0.028 a 0.149 ppm para el mes de octubre y de 0.036 a 0.069 ppm para el mes de noviembre, siendo el valor más bajo (0.017 ppm) para la muestra del punto E2 en el mes de octubre y el más alto (0.199 ppm) para la muestra del punto E4 en el mes de septiembre.

Figura 32 - Determinación de amonio en agua de estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco (ECC)



Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

## 4.2 Resultados análisis microbiológicos

### 4.2.1 Coliformes totales

De acuerdo a los resultados obtenidos y que están presentes en la Tabla 9, el punto correspondiente al río el Venado presento en los meses de septiembre valores elevados de coliformes totales ( $>1600$  NMP/100mL), pero a medida que la temporada seca fue acercando, estos valores se fueron reduciendo (33 NMP/100mL), en contra partida con el punto donde se vierten las aguas del centro de maricultura al río el Venado, donde sus valores fueron de 350 a 24 NMP/100mL, para los meses de septiembre, octubre y noviembre, respectivamente.

Tabla 9 - Determinación del número más probable para coliformes totales de las muestras de agua en Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)

Muestra	Número más probable NMP/100mL			
	Septiembre	Octubre	Noviembre	
<b>Centro maricultura</b>	Río Venado	>1600	540	33
	Descarga río Venado	350	280	24
<b>Los Cóbanos (CMLC)</b>	Estanque sin tratamiento	170	130	<1.8
	Estanque con tratamiento	21	9.2	4.5
	Bocatoma playa	17	20	<1.8

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, en la mayoría de los puntos muestreados, el valor de coliformes totales fue de <1.8 NMP/100mL, siendo los puntos de FB2 y FB1 los únicos puntos con valores alarmantes (>1600 NMP/100mL) durante los meses de octubre y noviembre, respectivamente (Tabla 10). En ECC, el E3, presento en el mes de octubre valores de >1600 NMP/100mL.

Tabla 10 - Determinación del número más probable para coliformes totales de las muestras de agua del cuerpo y estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco

Muestra	Número más probable NMP/100mL			
	Septiembre	Octubre	Noviembre	
<b>Cuerpo Bahía de Jiquilisco (CBJ)</b>	IB3	4.5	130	4.5
	MB3	6.8	22	<1.8
	FB3	17	48	6.8
	IB2	7.8	7.8	13
	MB2	4.5	4.5	<1.8
	FB2	6.8	>1600	7.8
	IB4	<1.8	6.8	<1.8
	FB4	6.8	22	34
	Inicio brazo	<1.8	2.0	<1.8
	Mitad brazo	<1.8	4.5	<1.8
	Zapaletas	<1.8	<1.8	<1.8
	Tular	4.5	<1.8	<1.8
	Bocana	<1.8	<1.8	<1.8
	IB1	NR	33	7.8
FB1	17	920	>1600	
<b>Estanques Bahía de Jiquilisco (ECC)</b>	E1	17	350	25
	E2	14	110	39
	E3	2.0	>1600	48
	E4	4.5	350	15

IB: inicio de brazo; MB: mitad brazo; FB: final brazo; E: estanque; N.R.: valor no registrado.

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.2.2 Coliformes fecales

Para coliformes fecales, en el CMLC, todas las muestras tuvieron resultados por debajo de los requisitos para agua de acuicultura (200 NMP/100mL). En la Tabla 11 se observa que, dentro de centro de maricultura, la calidad de agua es apta para el desarrollo de las larvas, ya que su valor máximo fue de 130 NMP/100mL en el mes de octubre para el estanque sin tratamiento.

Tabla 11 - Determinación del número más probable para coliformes fecales en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbano (CMLC)

Muestra	Número más probable NMP/100mL			
	Septiembre	Octubre	Noviembre	
<b>Centro maricultura Los Cóbano</b>	Río Venado	21	170	14
	Descarga río Venado	33	79	12
	Estanque sin tratamiento	24	130	<1.8
	Estanque con tratamiento	14	4.5	<1.8
	Bocatoma playa	4.5	2.0	<1.8

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

En el caso de CBJ, en la mayoría de los puntos muestreados, el valor de coliformes fecales fue de <1.8 NMP/100mL, siendo el punto FB1 con valores alarmantes (>1600 NMP/100mL) el mes de noviembre (Tabla 12). En ECC, el punto E3, presento en el mes de octubre valores de >1600 NMP/100mL.

Tabla 12 - Determinación del número más probable para coliformes fecales en aguas del cuerpo y estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco

Muestra	Número más probable NMP/100mL			
	Septiembre	Octubre	Noviembre	
<b>Cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)</b>	IB3	2.0	79	2.0
	MB3	4.5	7.8	<1.8
	FB3	11	47	4.0
	IB2	10	7.8	13
	MB2	2.0	2.0	<1.8
	FB2	<1.8	150	7.8
	IB4	<1.8	2.0	<1.8
	FB4	<1.8	13	21
	Inicio brazo	<1.8	<1.8	<1.8
	Mitad brazo	<1.8	<1.8	<1.8
	Zapaletas	<1.8	<1.8	<1.8
	Tular	<1.8	<1.8	<1.8

Continúa...

Continuación Tabla 12

Muestra		Número más probable NMP/100mL		
		Septiembre	Octubre	Noviembre
Cuerpo de Bahía de Jiquilisco (CBJ)	Bocana	<1.8	<1.8	<1.8
	IB1	NR	23	7.8
	FB1	7.8	39	>1600
Estanques bahía de Jiquilisco (ECC)	E1	14	350	15
	E2	14	12	15
	E3	2.0	150	48
	E4	2.0	350	10

IB: inicio de brazo; MB: mitad brazo; FB: final brazo; E: estanque; N.R.: valor no registrado.  
Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.2.3 Determinación de *Escherichia coli*

La determinación de *E. coli* fue positiva en todas las muestras del CMLC, en todas las muestras analizadas en los meses de septiembre y octubre, y en río Venado y la descarga del centro de maricultura al río en los meses de noviembre; solamente las muestras de estanque sin y con tratamiento y la bocatoma de la playa durante el mes de noviembre no tuvo presencia *E. coli* (Tabla 13).

Tabla 13 - Determinación de *Escherichia coli* en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbanos (CMLC)

Muestra		Ausencia / Presencia		
		Septiembre	Octubre	Noviembre
Centro maricultura	Río Venado	+	+	+
	Descarga río Venado	+	+	+
Los Cóbanos (CMLC)	Estanque sin tratamiento	+	+	-
	Estanque con tratamiento	+	+	-
	Bocatoma playa	+	+	-

+: presencia; -: ausencia;

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

Los resultados de CBJ (Tabla 14), las muestras correspondientes al inicio de brazo, mitad de brazo, Zapaletas, Tular y Bocana, durante todo el estudio, no presento unidades formadoras de colonia, caso contrario con las muestras de los puntos IB2, FB2, IB3, MB3 y FB3. En los ECC, todas las muestras analizadas presentaron unidades formadoras de colonia de la cepa bacteriana *E. coli*.

Tabla 14 - Determinación de *Escherichia coli* en aguas del cuerpo y estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco

Muestra	Ausencia / Presencia		
	Septiembre	Octubre	Noviembre
IB3	+	+	+
MB3	+	+	-
FB3	+	+	+
IB2	+	+	+
MB2	+	+	-
FB2	-	+	+
IB4	-	+	-
FB4	-	+	+
Inicio brazo	-	-	-
Mitad brazo	-	-	-
Zapaletas	-	-	-
Tular	-	-	-
Bocana	-	-	-
IB1	NR	+	+
FB1	+	+	+
E1	+	+	+
E2	+	+	+
E3	+	+	+
E4	+	+	+

+: presencia; -: ausencia; IB: inicio de brazo; MB: mitad brazo; FB: final brazo; E: estanque; N.R.: valor no registrado.

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

#### 4.2.4 Determinación de *Vibrio* spp

La determinación de *Vibrio* spp presentaron valores adecuados en los meses de septiembre y noviembre en todas las muestras a excepción del mes de octubre. El estanque con tratamiento presento los mejores resultados (Tabla 15), siendo negativo o ausencia durante todo el período de muestreo.

Tabla 15 - Determinación de *Vibrio* spp en aguas del Centro de Maricultura Los Cóbanos

Muestra	Ausencia / Presencia		
	Septiembre	Octubre	Noviembre
Río Venado	-	+	-
Descarga río Venado	-	+	-
Estanque sin tratamiento	+	+	+
Estanque con tratamiento	-	-	-
Bocatoma playa	-	+	-

+: presencia, -: ausencia;

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

Los resultados de CBJ están representado en la Tabla 16, en donde las muestras correspondientes a IB3, MB3, FB1, E1 y IB4 presentaron resultados de presencia de *Vibrio* spp durante todo el estudio. En los puntos E4 y E3 presentaron ausencia solamente en los meses de octubre y noviembre, respectivamente.

Tabla 16 - Determinación de *Vibrio* spp en aguas del cuerpo y estanques de cooperativas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco

Muestra	Ausencia / Presencia		
	Septiembre	Octubre	Noviembre
IB3	+	+	+
MB3	+	+	+
FB3	+	-	-
IB2	-	+	+
MB2	-	-	-
FB2	+	-	-
IB4	+	+	+
FB4	-	-	+
Inicio brazo	-	+	+
Mitad brazo	-	-	-
Zapaletas	-	-	-
Tular	-	-	-
Bocana	-	-	-
IB1	NR	-	-
FB1	+	+	+
E1	+	+	+
E2	-	-	-
E3	-	-	+
E4	-	+	-

+: presencia; -: ausencia; IB: inicio de brazo; MB: mitad brazo; FB: final brazo; E: estanque; N.R.: valor no registrado.

Fuente: elaborado por los propios autores, 2017

## V. DISCUSIÓN

Este estudio fue realizado en las áreas cerca a los cultivos de larvas en playa Los Cóbanos, así como de las granjas camaroneras ubicadas en Bahía de Jiquilisco. Uno de los principales factores para el buen crecimiento de los camarones en las granjas es la calidad de agua; principalmente de factores fisicoquímicos y microbiológicos, ya que valores fuera del rango tolerable, inciden a estrés, crecimiento inadecuado, enfermedades y muerte para los camarones.

La mayoría de los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron estables y dentro de los valores aceptables para el crecimiento de *P. vannamei* durante todo el estudio.

Las especies de agua cálida tienen un crecimiento adecuado en temperaturas de 25 a 32 °C (9). Tomando esto en consideración, los rangos de temperatura obtenidos en este estudio son aceptables para el crecimiento de *P. vannamei*, principalmente en la bocatoma del centro de maricultura y de la Bahía de Jiquilisco, que son los puntos de alimentación de agua marina para el cultivo y desarrollo de las larvas y camarón en el centro de maricultura y cooperativas ubicadas en la Bahía de Jiquilisco, respectivamente. El único lugar que obtuvo una diferencia significativa fue el punto del estanque con tratamiento en el centro de maricultura, con temperatura de 35°C en el mes de octubre, lo que pone en riesgo el crecimiento de las especies acuáticas.

Se debe tener en cuenta que el muestreo fue en las aguas superficiales (con una profundidad de 30 – 50 cm), y que, en los estanques, las aguas superficiales se calientan más rápido que las aguas más profundas. La densidad del agua disminuye con el aumento de la temperatura por encima de 4 °C, el agua superficial puede calentarse tanto que no se mezclan con agua más fría y más gruesa de las capas más profundas.

El agua superficial de los estanques puede alcanzar una temperatura de 35 °C o más, esto está por encima de la temperatura óptima para la mayoría de las especies de aguas cálidas, pero algunas criaturas pueden buscar refugio de estas temperaturas en aguas

más profundas (9), por lo que no presenta un peligro para el desarrollo de *P. vannamei* debido a que estas condiciones no son habituales ni prolongadas.

Cada especie de animal acuático tiene un rango óptimo de salinidad para la reproducción y el crecimiento; fuera de ese rango, el rendimiento se ve disminuido y la supervivencia puede ser pobre (3). El agua de mar contiene aproximadamente 35 a 36 ppt de salinidad (11). Afortunadamente, la tolerancia a la salinidad de la mayoría de las especies acuícolas es bastante amplia y es probable que solo sean importantes las grandes diferencias en la salinidad o los cambios repentinos (3), en este contexto, *P. vannamei* se adapta con facilidad a condiciones de agua salina.

Li e colaboradores (2008), reportaron que una elevación en la salinidad del agua no tiene un efecto adverso en el desarrollo del camarón, ya que una de las características de *P. vannamei* es su capacidad de tolerar amplios intervalos de salinidad (1 – 50 ppt) sin que esto sea una limitante para su desarrollo (23). Sin embargo, otros autores recomiendan que una salinidad de 15 a 25 ppt sea adecuada para el crecimiento de camarón (23,24), que se obtiene especialmente durante la época lluviosa del año (11).

En el presente estudio, los valores del centro de maricultura se mantuvieron dentro del rango del adecuado crecimiento, tanto en los estanques como en la bocatoma. Los valores de la muestra de agua dulce (Río el Venado) al inicio como después de que sean descargadas las aguas del centro de maricultura, la salinidad no se ve aumentada indicando que no hay contaminación por sales del centro de maricultura hacia el exterior. En el caso de la Bahía de Jiquilisco, la salinidad se ve aumentada a medida se acerca a la bocana, debido a la proximidad con el océano.

En el caso del punto final de los brazos, la salinidad está arriba de los valores normales, así como se ve en los estanques de las cooperativas, indicando que, en el mes de septiembre, las aguas de los estanques camaroneros estaban incrementando los valores de sales en estos lugares, poniendo en riesgo a las especies de los alrededores. Este aumento de salinidad, a pesar que se estaba en época lluviosa, se debe a que los estanques estaban con bajo volumen de agua debido a la evaporación, aumentando la

concentración de sales dentro de los estanques (25). En 2004, el autor Meyer (11) describe que la concentración de sales en el agua de mar puede variar por el efecto de la evaporación (aumentando a la concentración de la sal), en la cercanía de ríos que desembocan al mar y por las precipitaciones (diluyendo la concentración de la sal).

Valores adecuados de Oxígeno disuelto, tanto en las aguas utilizadas para el crecimiento de las larvas, así como para los estanques destinados a la acuicultura, son importantes para la sobrevivencia y crecimiento de los camarones (23). La concentración de OD en este estudio se consideró normal y aceptable para los puntos del centro de maricultura, la Bahía de Jiquilisco y los estanques de cultivo de camarón, con valores por encima de >3 ppm. Solamente E3 y el punto FB1 obtuvieron los valores más bajos, (<3 ppm). Valores bajos inducen a estrés y puede inhibir el crecimiento del camarón cuando son expuestos por tiempos prolongados (26). La tolerancia al oxígeno disuelto para el cultivo de camarones es >3 mg/L (3 -10 mg/L) y el oxígeno disuelto óptimo varía de 4-7 mg/L (24), aunque a menudo se han recomendados valores de OD superiores a 5 mg/L en prácticas de cultivo intensivo (24).

El pH indica qué tan ácida o básica es el agua, y la mayoría de estanques de agua salobre está en el rango de 8 a 9, dependiendo de los cambios en el rango de la fotosíntesis por el fitoplancton. El autor Marion en su publicación "*Calidad de agua de estanques de acuicultura*" (9) recomienda valores de 6 a 9 unidades de pH para un crecimiento oportuno de peces y crustáceos.

Todos los valores correspondientes a los puntos de muestreo se encuentran entre los rangos establecidos, teniendo los valores más altos (~8) en los estanques tanto en el centro de maricultura como en las cooperativas camaroneras en la Bahía de Jiquilisco, favoreciendo de esta manera, el desarrollo de la especie acuática, donde un pH óptimo de crecimiento es entre 8.0 – 8.5 (23).

El contenido de fosfato ( $\text{PO}_4 - \text{P}$ ) obtenido en las aguas del estanque de cultivo de larvas, las aguas costeras y bocatomas están en el límite de valor recomendado para la actividad de cultivo del camarón, que es de 0.05 – 0.5 mg/mL (23). Estos valores nos

reflejan que el agua que se utiliza en el centro de acuicultura y en las cooperativas camaroneras cumple con los requisitos para un crecimiento adecuado de *P. vannamei*; indican que las prácticas de alimentación dentro de los estanques son las adecuadas, debido a que el fósforo se introduce en los estanques (fertilizantes) para estimular las floraciones de fitoplancton, que aumenta la abundancia de organismos alimenticios de origen natural para los camarones y así promover una mayor producción acuícola (9).

El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es la forma común de nitrógeno inorgánico en aguas naturales en los sistemas de acuicultura; para el buen desarrollo de *P. vannamei*, los autores Kasnir, Harlina y Rosmiati (2014) sugieren valores debajo de  $<1$  mg/L. Las muestras de agua de río obtuvieron valores por encima de los valores recomendados, pero tanto el agua de la bocatoma como los estanques del centro de maricultura, tuvieron valores dentro de los límites aceptables, permitiendo así, el buen crecimiento de las larvas que son utilizadas para la práctica de acuicultura.

En el caso de la Bahía de Jiquilisco, en el IB3 (octubre), FB3 (noviembre) y el punto E2 (octubre) tuvieron valores fuera de la especificación (1.29, 1.49 y 1.24 mg/mL, respectivamente). El aumento en el punto E2 pudo ser debido a que no se realizaron recambios de agua y únicamente se repuso el volumen que se perdió por evaporación durante ese mes (24). En las aguas de los brazos puede ser por prácticas agrícolas en la zona, ya que una de las formas que el nitrógeno es adicionado al agua es debido al uso de fertilizante o la presencia de cianobacterias (9,27).

Los sólidos suspendidos que imparten turbidez al agua se miden pesando la cantidad de material retenido cuando el agua del estanque pasa a través de un filtro fino. Las concentraciones sólidas suspendidas a menudo oscilan entre 10 y 50 mg/L, pero concentraciones más altas pueden ocurrir en estanques muy turbios (8). Otros autores reportan que, en cultivos de camarones, valores entre 25 a 80 mg/L son tolerados (26).

En este estudio, todos los puntos de muestreo presentaron resultados dentro de la especificación descrita por Marion (1999), indicando que el crecimiento de fitoplancton es adecuado, o se encuentra en niveles óptimos para la sobrevivencia de

los camarones. Estos resultados están en total sintonía junto a los valores obtenidos por fosfatos y nitratos, ya que un incremento de ellos, favorece un aumento en los microorganismos de los estanques, lo que ocasionaría disminución del oxígeno disuelto, ocasionando estrés en los camarones e incluso la muerte (3,9,11).

Sobre sólidos sedimentables no hay valores en la bibliografía que nos digan cuales serían los valores más adecuados para el desarrollo de *P. vannamei*, sin embargo, a partir de los descrito por Boyd y Tucker (1998), que en acuicultura, la turbidez producida por el plancton es deseada, mientras que la formada por partículas de arcilla, es indeseada, con esto, podemos sugerir que la turbidez dentro de los estanques, como en la Bahía y bocatoma del centro de maricultura, se debe a materia orgánica o al plancton, lo que es beneficioso para el desarrollo del cultivo de camarón, y no a material o partículas de arcilla u otras sustancias sólidas de mayor peso, lo que sería no beneficioso para el desarrollo, ya que podrían obstruir el paso de luz en los estanques, disminuyendo la fotosíntesis y el desarrollo de algas o fitoplancton.

Considerando el análisis microbiológico, en el caso de los puntos de muestreo Los Cóbano, los puntos considerados son el río en dos puntos que funciona como descargue de las aguas del CM, dos estanques de crecimiento y un punto en la costa, que sirve para abastecer de agua al CM. El punto correspondiente al punto LC1 y LC2, la carga bacteriana es muy similar por lo cual podemos considerar que la producción en esta área no aumenta de forma considerable la carga, pero se puede señalar una carga superior en el punto uno de coliformes totales que se puede considerar como agua de contaminación media solo en el mes de septiembre, la muestra correspondiente a la costa no sobrepasa los valores considerados y por tanto se puede considera como agua no contaminada por coliformes fecales y totales.

En el caso de los estanques sin y con tratamiento previo con cal (Punto LC3 y LC4, respectivamente) y la bocatoma de agua de mar (Punto LC5) que suministra el agua que es empleada en el centro de maricultura, tuvieron valores muy bajos de coliformes, lo que indica la buena calidad microbiológica de agua y ésta puede ser utilizada sin ningún problema para el cultivo de las larvas de camarón.

Con respecto a la Bahía de Jiquilisco se tomaron 19 puntos de muestreo, se conoce que por muchos años se vierten heces a través de las cuencas, como los ríos Grande, de San Miguel y otros, afectando en gran medida la calidad del agua utilizada para estos procesos productivos, sin olvidar el impacto ambiental que esta contaminación fecal pueda tener sobre la riqueza natural de la zona.

Las estaciones de muestreo correspondientes a la Bahía, identifican puntos en los cuales se obtiene el agua para los estanques camaroneos, así como los puntos en donde se descarga el agua una vez utilizada, cabe destacar que también se tomaron muestra de estanques y estanques tratados para la producción camaronera, para así poder considerar el impacto que este tipo de producción puede ocasionar en la Bahía.

Todos los puntos correspondientes a la Bahía tienen números permisibles según la tabla del Número más probable NMP/100mL, por lo cual se considera la valoración como agua no contaminada, al analizar los brazos donde desembocan diversos ríos el punto 18 en el mes de octubre se encuentra elevados con referencia al valor permisible para coliformes totales (27).

Se sabe que existen diversas causas ambientales por resolver, también podemos sugerir que el estanque que corresponde al E1 y que desemboca en el FB1, puede estar afectando las concentraciones de coliformes, ya que ambos presentan valores superiores a los permisibles principalmente en los meses de octubre, cabe destacar que se conoce el uso de fuertes antibióticos en la industria camaronera y de los problemas que estos han generado al presentar resistencia antibiótica, situación que señalamos ya que es de consideración ambiental la revisión de estos procesos debido a que las bacterias pueden por conjugación intercambiar su capacidad de resistencia, esto puede impactar directamente en la salud de las comunidades aledañas que hacen uso de estas fuentes de agua.

Caso similar presentan E3 y FB2, en donde de igual manera en los meses de octubre se determinó valores superiores de coliformes totales y un incremento significativo de coliformes fecales.

Se considera oportuno investigar el impacto que estas descargas puedan tener sobre las condiciones del ecosistema bacteriano del lugar, debido a que el uso de antibióticos en la industria camaronera y los metabolitos que generan son vertidos a las fuentes de agua (28).

## VI. CONCLUSIONES

Para el periodo de transición época lluviosa – época seca en el cual se desarrolló la investigación, la temperatura no representó un factor de estrés para los camarones de cultivo. Se evidenció, además, que cuando no se da tratamiento con cal al estanque previo a la siembra de los camarones, o no se hacen recambios adecuadamente, el oxígeno disuelto disminuye en la columna de agua del estanque durante la fase de producción, como se pudo observar en el estanque sin tratamiento del centro de maricultura de Los Cóbano, al igual que en los estanques E1, E3 y E4 con valores de oxígeno disuelto menores a 3 mg/L, lo cual potencialmente se traduce en estrés y disminución del crecimiento, desarrollo del camarón y pérdidas económicas.

En la zona aledaña al centro de maricultura de Los Cóbano existen áreas de siembra de cultivos agrícolas, por lo que la elevación de fósforo y amonio del río El Venado evidencia que en la zona existe una canalización de agua que arrastra los residuos de fertilizantes aplicados al suelo y que contaminan el río.

En el caso del estanque sin tratamiento de la estación de maricultura, la elevación de amonio puede adjudicarse al hecho de que a medida progresa el cultivo, la concentración de heces de los camarones aumenta en el estanque y esos residuos elevan la carga orgánica; si se toma en cuenta que al no haber aplicado tratamiento al estanque, la capa del fondo que no ha sido removida incrementa aún más, el amonio en la columna de agua.

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días ( $DBO_5$ ) indican que existe materia orgánica en los cuerpos de agua que se usan como fuente para la acuicultura en el país, esto se corresponden con los niveles de sólidos sedimentables, tanto en Los Cóbano como en la Bahía de Jiquilisco, por lo que el agua inicial de cultivo ya lleva una carga orgánica que se incrementa durante el desarrollo y finalización del cultivo, y se hace necesario hacer un tratamiento previo a su uso en acuicultura y también aplicar un tratamiento adecuado al agua antes de hacer su descarga a la Bahía ya que también

hay otras iniciativas productivas que utilizan el agua en sus procesos y de no hacerlo se estaría continuando un ciclo contaminante.

Los valores de Coliformes totales arriba de 1000 NMP/100 mL en el río El Venado durante el mes de septiembre apunta a que en el río hay contaminación del agua con heces humanas, animales de sangre caliente o ambos, por lo que es necesario que se establezca un monitoreo ambiental en la zona ya que en el curso del río deben existir puntos donde se da la contaminación.

En el caso del agua de los puntos E2 y E3 existe contaminación con heces ya sea de humanos o de animales, lo cual puede estar relacionado con disposición final de los de excretas de los lugares cercanos al punto de muestreo, por lo que se puede decir que el agua en el que se inicia el cultivo de camarón ya tiene una carga de Coliformes totales. Estos resultados también corresponden con la cuantificación de Coliformes fecales en el muestreo realizado en la región del FB1. Además de este hallazgo, el agua de muchos de los puntos muestreados en la Bahía de Jiquilisco está contaminada con la bacteria *E. coli*, lo cual reafirma la presencia de heces en el agua de donde llenan los estanques de cría de camarón, por lo que para mitigar este hecho debe hacerse un tratamiento previo al agua, así como un adecuado secado, aplicación de cloro y encalado de los estanques de estas cooperativas antes de iniciar un nuevo ciclo de producción.

Es importante resaltar que, pese a toda esta contaminación, El Salvador no posee una normativa nacional que regule límites máximos tolerables para estos parámetros, por lo que se recurre a normas internacionales para establecer contaminación.

De acuerdo al conjunto global de parámetros incluidos en esta investigación, puede decirse que hay factores que modifican la calidad del agua de la Bahía de Jiquilisco y contaminan ese cuerpo de agua, manifestándose principalmente en las regiones donde confluyen los caudales de descarga del río Grande de San Miguel y otros de menor caudal que desembocan en la Bahía, así como la influencia de las mareas que llegan a constituir un medio de transporte para aguas negras, aguas residuales, escorrentías de residuos derivados de la agricultura y otros similares.

## VII. RECOMENDACIONES

La presencia de *E. coli* requiere un tratamiento adecuado a las aguas de uso, para garantizar la salud de *P. vannamei* y garantizar que el producto que se ofrece al consumidor sea seguro e inocuo.

La situación actual de la Bahía de Jiquilisco y Los Cóbano, demandan claramente que se desarrollen estrategias para implementar medidas preventivas y correctivas para conservar el ecosistema costero marino del país, garantizando la sustentabilidad del uso de sus recursos, especialmente porque la Bahía constituye la mayor extensión de agua salobre y bosque salado nacional y posee la categoría de sitio Ramsar, que ofrece el marco para la conservación y el uso racional de humedales y sus recursos; además la playa Los Cóbano, alberga un arrecife rocoso de coral protegido que sostiene más de 15 especies coralinas. Ambos sitios son una importante reserva de biodiversidad que vale la pena conservar.

## VIII. REFERENCIAS

1. Sandoval MA, Menay AO, Aguilar ILV, Flores AC, Miranda WKA. Evaluación molecular de la presencia de AHPND/EMS en *Penaeus vannamei*, calidad de agua y suelo de estanques de camarónicas de la Bahía de Jiquilisco, El Salvador. Santa Ana: Editorial Universitaria UNASA; 2017.
2. Diaz, MAR, Molina MAP. Prevalencia de gregarinas (protozoa) en camarón marino (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) en cuatro granjas de El Salvador [Tesis]. San Salvador: Universidad de El Salvador; 2017.
3. Boyd CE, Tucker CS. Pond aquaculture water quality management. Massachusetts, United State: Kluwer Academic Publisher; 1998.
4. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Manejo sanitario y mantenimiento de la bioseguridad de los laboratorios de postlarva de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en América Latina. [internet] FAO Documento Técnico de Pesca No. 450. Roma, FAO. 2004, 66p. [Consultado en 25 de noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y5040s.pdf>
5. El Salvador. Decreto ejecutivo No. 50 del día 16 de Octubre de 1987.- Diario oficial N° 191, Tomo 297. Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertederos y las zonas de protección.
6. Regunathan C, Wesley. Control of *Vibrio* spp. in shrimp hatcheries using the green algae *Tetraselmis suecica*. Asian Fisheries Science. 2004; 17(x): 147 - 158.
7. Fiksdal L, Pommeypuy M, Caprais M, Midttun M. Monitoring of fecal pollution in coastal waters by use of rapid enzymatic techniques. Appl Environ Microbiol. 1994; 60(5): 1581-1584.

8. López L, Paredes A, Alcaraz N, Gilbert J. Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia. Investigación EUITC. 2010; x (x): 92 - 95.
9. Marion JE. Quality for pond aquaculture. Research and Development. Alabama: Auburn University; 1998.
10. Pikuta EV, Hoover RB, Tang J. Microbial Extremophiles at the Limits of Life. Crit Rev Microbiol. 2007; 33(3): 183 - 209.
11. Meyer D. Introducción a la acuicultura. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; 2004.
12. Boyd CE. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón [internet]. Alabama: Department of Fisheries and Allied Aquacultures. [consultado el 7 de noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>
13. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. El estado mundial de la pesca y la cuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos [Internet]. 1 ed: FAO. Roma, Italia; 2016, 224p. [Consultado en 9 de noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>.
14. Corral ML, Grizel H, Montes J, Polanco E. La Acuicultura: biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategias comercial. Tomo I: análisis del desarrollo de los cultivos: medio, Agua y Especies. Madrid, España: Fundación Alfonso Martín; 1999.
15. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 20nd ed. Denver, Estados Unidos: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; 1999.

16. Morales-Covarrubias MS. Camarón: análisis en fresco, herramienta de diagnóstico. Guatemala: Impresos Unión Maya, OIRSA-CIAD; 2013.
17. Spellman FR, Drinan J. Manual del agua potable. Florida: CRC Press; 2000.
18. Willey JM, Sherwood LM, Woolverton CJ. Prescott, Harley y Klein. Microbiología. 7 ed. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana de España; 2009. p. 57.
19. Morales-Covarrubias, M.S. 2008. Enfermedades bacterianas pp. 117-124. *En:* Morales, V. y J. Cuéllar- Anjel (eds.). 2008. Guía Técnica - Patología e Inmunología de Camarones Penaeidos. Programa CYTED Red II-D Vannamei, Panamá, Rep. de Panamá. 270 pp.
20. (20)Mendoza S, Tinoco GO, Nieto K. Evaluación de la carga bacteriana y resistencia a antibióticos de bacterias aisladas en zonas marinas de alta influencia de producción larvaria en Ecuador. Revista del instituto de investigación, FIGMMG-UNMSM. 2016; 19(38): 137 – 146.
21. Zulma EM. Diagnostico nacional de la calidad de las aguas superficiales. Servicio Nacional de Estudios Territoriales / Servicio Hidrológico Nacional. El Salvador: Ministerio de medio ambiente y recursos nacionales; 2007.
22. Manual de Análisis de agua. 2 ed. HACH Company. Colorado, Estados Unidos, p. 217.
23. Li E, Chen L, Zeng C, Yu N, Xiong Z, Chen X, Qin JQ. Comparison of digestive and antioxidant enzymes activities, haemolymph oxyhemocyanin contents and hepatopancreas histology of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at various salinities. Aquaculture. 2008; 274(x): 80 - 86.
24. Kashnir M, Harlina, Rosmiati. Water quality parameter analysis for the feasibility of Shrimp culture in Takalar Regency, Indonesia. Journal of Aquaculture. 2014; 5 (6): 1 - 3.

25. Lara-Espinoza CL, Espinosa-Plascencia A, Rivera-Domínguez M, Astorga-Cienfuegos KR, Acedo-Félix E, Bermúdez-Almada MC. Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un Sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. Revista científica de la sociedad Española de Acuicultura. 2015; 43 (x): 1 - 13.
26. Cheng W, Liu CH, Kuo CM. Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Aquaculture. 2003; 220 (x): 843 - 856.
27. Gaceta Oficial. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Decreto 883. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 890. 1996; 50 - 62.
28. Rizzo L, Manaia C, Fatta D. Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into environment: A review. Sci. Tot. Env. 2013; 447 (x): 345 - 360.

## IX. GLOSARIO

Acuicultura:	Actividades, técnicas y conocimientos de crianza de especies acuáticas vegetales y animales.
Agua salobre	Resulta de la mezcla de agua de mar con agua dulce; es más salina que el agua dulce, pero no tan salina como el agua de mar
Camaronicultura:	Actividad de cultivo en medio acuático de camarones en cautiverio, con fines de producción y comercialización.
Desnitrificación:	Transformación biológica del nitrato en gas nitrógeno, óxido nítrico y óxido nitroso.
Fitoplancton:	Algas y vegetales microscópicos que se encuentran en la superficie de las aguas marinas y lacustres.
Nitrificado:	Proceso a través del cual las bacterias nitrificantes transforman el amonio en nitrato.
Osmorregulatória:	Método que mantiene la homeostasis del cuerpo.
<i>Penaeus vannamei</i> :	Nombre científico del camarón blanco del Pacífico.
Plancton:	Conjunto de organismos animales y vegetales, generalmente diminutos, que flotan y son desplazados pasivamente en aguas saladas o dulces.
<i>Vibrio</i> :	Bacterias gram-negativas en forma de bacilos.

Imprenta Campos  
Esta obra se terminó de imprimir en junio 2018.  
40 ejemplares.



## MISIÓN

"FORMAR PROFESIONALES A TRAVÉS DE LA DOCENCIA,  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL,  
CON CALIDAD ACADÉMICA, ÉTICA Y COMPETITIVIDAD  
PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO NACIONAL"

