

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ESTANQUES E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE BUENAS PRÁCTICAS ACUÍCOLAS EN LA PRODUCCIÓN DE CAMARÓN MARINO EN CAMARONERA EBEN EZER, SAN ALEJO, LA UNIÓN

Angélica Quintanilla Corena

Licenciada en Biología, Docente Investigadora, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional La Unión.

Correo electrónico: aquintanilla@itca.edu.sv

Josué de la Paz Castro Miranda

Técnico Superior en Pesquería, Docente Coinvestigador, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Centro Regional La Unión.

Correo electrónico: josue.paz@itca.edu.sv

Recibido: 11/05/2022 - Aceptado: 1/07/2022

Resumen

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, MEGATEC La Unión, a través de la carrera Técnico en Manejo Integrado de Recursos Costero Marino con especialidad en Acuicultura y Pesquería, realizó esta investigación en asocio con Camaronera Eben Ezer. El proyecto tuvo como objetivo la caracterización de la calidad física, química y biológica del agua del Golfo de Fonseca y el Estero El Chapernal, previo al desarrollo de dos ciclos de cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei*, durante el cultivo y antes de las descargas de agua a los efluentes receptores. La metodología se desarrolló en tres fases, de junio a diciembre de 2021. Fase de campo: toma de parámetros físicos, químicos y biológicos en 8 puntos de muestreos, Estero El Chapernal, Golfo de Fonseca y estanques de producción. Fase de laboratorio: se realizó sembrando muestras de agua en medios de cultivo para aislamiento, crecimiento e identificación de bacterias. Tercera fase: procesamiento de datos y análisis de resultados. Se identificaron tres tipos de bacterias: *Pseudomonas*, *Vibrios* y Heterótrofas. En el primer ciclo de junio a agosto, éstas no reportaron crecimiento, esto pudo deberse a que la transición de la época seca a época lluviosa influyó en los factores físicos y químicos, como la temperatura y el pH. Durante el primer ciclo, la calidad del agua del Estero El Chapernal mantuvo estándares idóneos para el crecimiento del camarón. El segundo ciclo presentó un crecimiento exponencial de las bacterias Heterótrofas y *Pseudomonas* sobrepasando los límites de referencia establecidos en la normativa vigente. Como parte de la proyección social se efectuó transferencia de conocimientos y tecnología durante la producción, se establecieron mejoras para la operatividad y se les dotó de un protocolo de producción acuícola.

Palabras clave

Cultivo de camarones, cultivo en estanques, buenas prácticas agrícolas, control de calidad, *Litopenaeus vannamei*, producción de acuicultura.

STUDY OF WATER QUALITY IN PONDS AND IMPLEMENTATION OF A PROTOCOL OF GOOD AQUACULTURE PRACTICES IN THE PRODUCTION OF MARINE SHRIMP AT THE CAMARONERA EBEN EZER, SAN ALEJO, LA UNIÓN

Abstract

The Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, MEGATEC La Unión, through the career Technician in Integrated Management of Coastal Marine Resources specializing in Aquaculture and Fisheries, carried out this research in association with shrimp farm Eben Ezer. The objective of the project was to characterize the physical, chemical and biological water quality of the Gulf of Fonseca and estuary El Chapernal, prior to the development of two cycles of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* cultivation, during the cultivation and before the discharge of water to the receiving effluents. The methodology was developed in three phases, from June to December 2021. Field phase: physical, chemical and biological parameters were taken at 8 sampling points, estuary El Chapernal, Gulf of Fonseca and production ponds. Laboratory phase: water samples were sown in cultivation media for isolation, growth and identification of bacteria.

Third phase: data processing and analysis of results. Three types of bacteria were identified: Pseudomonas, Vibrios and Heterotrophs. In the first cycle from June to August, these did not report growth, this could be due to the transition from the dry season to the rainy season, which influenced the physical and chemical factors, such as temperature and pH. During the first cycle, the water quality of estuary El Chapernal maintained ideal standards for shrimp growth. The second cycle showed exponential growth of heterotrophic bacteria and Pseudomonas, exceeding the reference limits established in current regulations. As part of the social projection, during production knowledge and technology were transferred, operational improvements were established and an aquaculture production protocol was provided.

Keyword

Shrimp farming, ponds cultivation, good agricultural practices, quality control, Litopenaeus vannamei, aquaculture production.

Introducción

El Golfo de Fonseca es una de las regiones de mayor diversidad de ambientes, gran biodiversidad y desarrollo de actividades productivas como la acuicultura. En nuestro país la producción de camarón marino *Litopenaeus vannamei* en ambientes controlados, “Granjas Camaroneras” o “Unidades Productivas”, puede representar retos significativos en aspectos medioambientales, sociales, comerciales y de salud en las zonas donde estas operan. En vista de lo anterior se desarrolló este proyecto con el objetivo de medir el impacto que las granjas camaroneras tienen sobre los recursos y hábitats marítimos. Las camaroneras iniciaron un proceso de obtención del Permiso Ambiental y Derecho de Concesión correspondiente, siendo esto regulado por la Ley del Medio Ambiente, artículo 19 competencia del Permiso Ambiental y Ley de Áreas Naturales Protegidas, artículo 38. Concesiones en Bosque Salado respectivamente.

En vista de lo anterior se realizó un diagnóstico de la calidad físico, química y biológica del agua proveniente de un sector del Golfo de Fonseca, previo al desarrollo de un cultivo de camarón, durante el cultivo y una vez cosechada la producción, previo a que las unidades productivas retornen las aguas al estero o al bosque salado; esto permitió conocer el estado actual del ecosistema y proponer medidas que contribuyan a implementar acciones de conservación, de acuerdo a los resultados del diagnóstico.

Desarrollo

A. METODOLOGÍA

La metodología implementada se desarrolló en tres fases por un periodo de siete meses; se seleccionaron 8 puntos de muestreo en tres sectores, el Estero El Chapernal, el Golfo de Fonseca y estanques de producción.

Tabla N°1. Código y ubicación georreferenciada de puntos de muestreo en camaronera Eben Ezer.

Unidad Productiva	Código	Ubicación Georreferenciada	
		Latitud Norte	Longitud Oeste
Camaronera EBEN EZER	P1	13° 25' 54"	87° 51' 12 "
	P2	13° 25' 50"	87° 51' 15 "
	P3	13° 25' 49"	87° 51' 19 "
	P4	13° 25' 45"	87° 51' 10 "
	P5	13° 25' 47"	87° 51' 20 "
	P6	13° 25' 42"	87° 51' 12 "
	P7	13° 25' 43"	87° 51' 09 "
	P8	13° 25' 49"	87° 51' 20 "

Para la selección de los sitios a muestrear se determinaron 3 criterios de selección:

1. Ubicación de la unidad productiva en el borde costero, debido a la incidencia que pueden tener las actividades antropogénica sobre los ecosistemas costero marinos.
2. Proximidad de compuertas de salidas en estanques de producción que pueden incidir directamente en una posible contaminación del Golfo de Fonseca.
3. Zona de ingreso de agua proveniente del estero El Chapernal para el llenado y recambios de agua de los estanques de producción.



Fig. 1. Puntos de muestreo para el monitoreo de calidad de agua en camaronera Eben Ezer.

B. RESULTADOS

Fase I. Investigación Externa

TRABAJO DE CAMPO. Mediante la utilización de una botella oceanográfica se colectaron las muestras de agua en cada uno de los puntos previamente determinados, dichas muestras, se guardaron en botellas plásticas de un litro, previamente esterilizada en autoclave y rotulada con los datos de punto, número de muestra, fecha y hora de colecta, posteriormente se refrigeraron para conservar la muestra simple; se tomaron in situ los parámetros físicos temperatura y turbidez, a través de la utilización de un instrumento multiparámetros YSI; así mismo se muestrearon los parámetros químicos del agua utilizando el método de análisis de rango colorimétrico; se utilizó un kit de Amonio (NH_4^+); Nitrito (NO_2^-); Nitrato (NO_3^-); Fosfato (PO_4^{3-}); salinidad y PH.

Fase II. Investigación Interna

TRABAJO DE LABORATORIO, se analizaron tres tipos de bacterias pertenecientes a los géneros Vibrio, Pseudomonas y Heterótrofas. Para ello se prepararon medios de cultivo de tres tipos específicos para cada una de ellas, TCBS Agar (Agar Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa) para el aislamiento y cultivo de Vibrio cholerae y otras especies Vibrio, TSA (Trypticase Soya Agar), para la detección de bacterias Heterótrofas, Agar Cetrimide, para el aislamiento selectivo de bacterias Pseudomonas.

Fase III. Resultados de Campo y Laboratorio

ANÁLISIS DE PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y FÍSICOS QUÍMICOS. La lectura de resultados de bacterias de los géneros Vibrios, Pseudomonas y Heterótrofas dieron como resultado las Unidades Formadoras de Colonias UFC.

Para esta investigación, se tomó de referencia las normas de calidad del agua superficial establecidas específicamente para las bacterias Heterótrofas, Vibrios y Pseudomonas, por Cuéllar-Anjel et al. 2010, los valores sugeridos para actividades humanas como la acuicultura es ≤ 103 UFC/ml. [1]

En el primer ciclo productivo de junio a agosto no reportaron mayor crecimiento bacteriano, existe la posibilidad que la transición de la época seca a la época lluviosa haya contribuido en los factores físicos y químicos como la temperatura y el pH, así como en el tiempo para que éstas pudieran crecer y multiplicarse.

El segundo ciclo productivo arrojó un incremento exponencial en algunas de las bacterias específicamente para las bacterias Heterótrofas y Pseudomonas. Para el mes

de septiembre, en los resultados obtenidos, se detectó la presencia y por encima de los valores de referencia para las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de Vibrio alginolyticus en medios de cultivo TCBS, con el método de dilución 1/10, 1/100 y 1/1000 en las que las colonias detectadas eran incontables, logrando únicamente contabilizar 102 UFC en la dilución 1/1000. [2]

Para el caso de los análisis en la siembra en medio de cultivo TSA para la detección de Bacterias Heterótrofas, fueron similares los resultados, ya que las colonias detectadas eran incontables, logrando únicamente contabilizar 96 UFC en la dilución 1/1000.

Con los resultados obtenidos en la siembra en medio de cultivo Cetrimide para la detección de Pseudomonas, en las diluciones 1/10 se detectaron 750 UFC; en la dilución 1/100 se detectaron 82 UFC y en la dilución 1/1000 todavía se detectaron 11 UFC, lo que indica una fuerte presencia de Pseudomonas en el agua en que venía la Post Larva de Camarón. [2]

Bacterias Heterótrofas. Durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, el segundo ciclo productivo presentó mayor Unidades Formadoras de Colonias UFC; entre los parámetros que inciden directamente en el crecimiento de este género de bacterias está el Ph; necesitan un pH neutro o alcalino para su crecimiento. Para los referidos meses el resultado de pH fue ligeramente alcalino, ver gráfico N° 1.

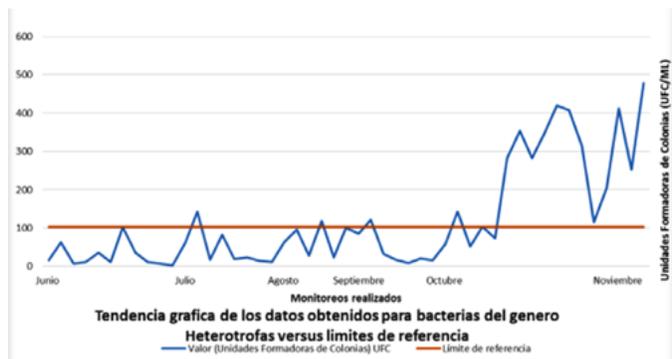


Gráfico 1. Resultados de las Unidades Formadoras de Colonias bacterias Heterótrofas, comparado con el límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

Bacterias Pseudomonas. Los resultados obtenidos no sobrepasaron el límite de referencia, en julio fue le mes en que se reportó el valor más alto de bacterias Pseudomonas; durante los dos periodos de ciclos productivos no hubo crecimiento bacteriano que sobrepasara el límite de referencia de 103 UFC, esto se asocia a los resultados de pH ácido, el cual limita el crecimiento de estas bacterias, aunado a la poca cantidad de materia orgánica durante estos meses, ver gráfico N° 2.

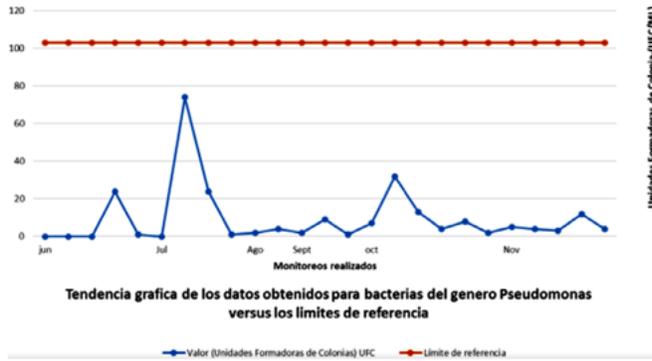


Gráfico 2. Resultados de las Unidades Formadoras de Colonias bacterias *Pseudomona spp*, comparado con el límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

Bacterias Vibrios. La tendencia del crecimiento bacteriano comparando con el límite de referencia establecido, determina que las unidades formadoras de colonias de bacterias del género *Vibrios* sobrepasan el valor estimado en los meses de junio y julio; esto aplica para los monitoreos siguientes: Estanque 4, punto #4 compuerta de entrada, Estanque 5, punto #3 compuerta de entrada. Los resultados obtenidos en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre están bajo los límites de referencia de crecimiento bacteriano, ver gráfico 3.

Las bacterias del género *Vibrio*, se aíslan con frecuencia de aguas costeras templadas y tropicales, especialmente cuando la temperatura del agua es superior a los 17°C, lo que indica que es un parámetro determinante para su crecimiento. Los resultados de temperatura fueron superiores a los 20°C, factor que favoreció el crecimiento bacteriano en los meses de muestreo. El reservorio de este microorganismo lo constituyen las aguas principalmente saladas y los alimentos de origen marino o contaminados con agua de mar.

Se identificaron 2 especies de bacterias, *Vibrio parahemolyticus* y *Vibrio alginolyticus*, las cuales no representan un riesgo para la salud de los humanos.

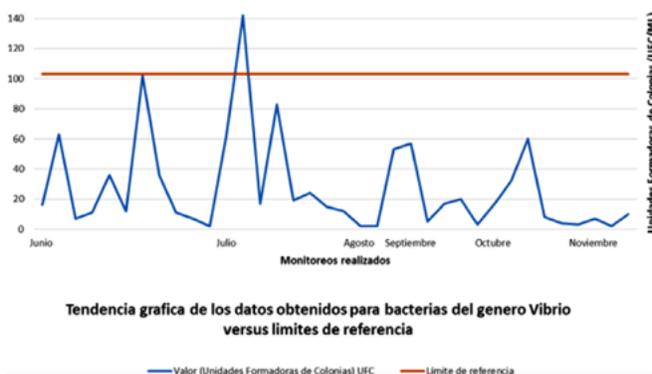


Gráfico 3. Resultados de las Unidades Formadoras de Colonias bacterias *Vibrio*, comparado con el límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

Parámetros Físicos.

Mostraron fluctuaciones poco variantes. La temperatura y la turbidez se midieron in situ, con oxímetro digital y disco Secchi respectivamente.

Los valores más altos de temperatura, 31.4 °C se obtuvieron en época seca o de canícula, julio y septiembre; en época lluviosa fueron levemente inferiores.

La turbidez y transparencia del agua, son indicadores de la cantidad de sedimentos suspendidos en la columna de agua. De acuerdo a los sitios estudiados se encontró para los meses de junio, julio y octubre mayor grado de turbidez, lo que está relacionado con factores que inciden como la presencia de fitoplancton, o crecimiento de las algas; presencia de sedimentos procedentes de la alimentación y sedimentos suspendidos del fondo, frecuentemente revueltos por los camarones que se alimentan.

Parámetros Químicos.

- ✦ **Amonio Total.** Para el análisis de los resultados se tomó de referencia los parámetros de calidad del agua. Interpretación y normas EPA, Estados Unidos. 2001, la cual establece 1.0 mg/l. [2]
Todos los resultados obtenidos se encuentran debajo de los límites de referencia, en general el amonio proviene de excreciones de animales marinos, en este caso los camarones que se desarrollan en los estanques.
- ✦ **Nitrato.** Todos los resultados obtenidos durante los doce meses dieron resultados por debajo de lo establecido en la norma de Parámetros de Calidad de Agua de EPA, Estados Unidos, 0.75 mg/l.
- ✦ **Nitrato.** Los niveles más altos fueron reportados para los meses de junio, julio y septiembre, pero en ninguno de ellos sobrepasando 0.75 mg/l establecido por la normativa. [2]
- ✦ **Fosfato.** De acuerdo a los datos obtenidos en los meses de estudio, se evidencia que los niveles de fosfato se mantuvieron durante los 6 meses; esto indica que la calidad química del agua es muy estable, en ninguno de los casos sobrepasó la referencia establecidos en los Parámetros de Calidad de Agua de EPA, Estados Unidos 0.50 mg/l. Marzo y diciembre los límites están debajo de la norma. [2]
- ✦ **Concentración de Iones de Hidrógeno pH.** Los resultados de pH, presentaron una fluctuación poco variable, los microorganismos no pueden tolerar valores extremos

de pH. En condiciones muy alcalinas o ácidas, se hidrolizan algunos componentes microbianos o se desnaturalizan algunas enzimas. Sin embargo, hay algunas bacterias acidófilas y alcalófilas que toleran, o incluso necesitan, condiciones extremas de pH para su crecimiento.

- ♦ *Salinidad.* A lo largo del monitoreo los resultados obtenidos están dentro de los límites permitidos, relativamente pocos microorganismos pueden crecer en aguas muy saladas.

Con esta investigación se determinó que los cambios de temperatura y turbidez en el agua están asociadas a la transición que se da de la estación seca a la estación lluviosa; gran parte de estos cambios se debe a la mezcla de agua dulce provenientes de la parte continental y que se junta con el cuerpo salado de las costas, sumado a ello, la carga de sedimento que conlleva a tener variaciones significativas en la turbidez del agua.

En lo que respecta a la química de agua en estas transiciones, de estación seca a lluviosa, se generan alteraciones en las concentraciones de sal, lo que vuelve más costoso el desarrollo de cultivos acuícolas, debido a que es un factor determinante a controlar, sobre todo en aquellos cultivos que son susceptibles a cambios bruscos en la salinidad. Además, el pH en el suelo y en el agua se ven alterados cuando los factores antes mencionados se vuelven inestables y cuando dependen de alteraciones de manera natural en los cuerpos de agua salinos.

En relación a los parámetros biológicos, se detectó que durante el proceso de colecta de muestras de agua y en el análisis de laboratorio, la presencia en abundancia de fitoplancton y zooplancton, lo que genera confianza, pues la presencia de esto en los cultivos, son bioindicadores de que la calidad del agua genera las condiciones para la producción natural de pasto para los organismos en cultivo.

Existen diversas investigaciones científicas en las cuales se han estudiado la calidad microbiológica del agua, entre las cuales está el estudio realizado en el año 2015 por parte de Guevara Surio C. A. [3], en el cual se determinó que los parámetros físicos y químicos, como la temperatura y la salinidad, inciden en la dispersión de las bacterias, ya que estos microorganismos se encuentran dentro del grupo de los mesófilos, los cuales al verse expuestos a elevadas concentraciones de sal se deshidratan.

La salinidad y la temperatura aumentaron y la carga bacteriana disminuyó estableciendo una relación inversamente proporcional.

Conclusiones

1. De acuerdo con los resultados de la investigación, la calidad del agua de este sector del Golfo de Fonseca y el Estero El Chapernal, presentaron carga bacteriana que sobrepasa los límites de referencia establecidos en la normativa vigente, sin embargo, es necesario aclarar que estos valores no fueron constantes en el tiempo, debido a la variabilidad de temperatura, turbidez y salinidad.
2. Se realizó la caracterización de la calidad física, química y biológica del agua proveniente del Estero del Golfo de Fonseca y el Estero El Chapernal, previo al desarrollo de un cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei*, durante el cultivo y antes de las descargas del agua a los efluentes receptores. Dentro de los parámetros que sobresalieron en la caracterización, están la temperatura, turbidez y salinidad; en cuanto a la caracterización del componente biológico, se detectaron bacterias en los estanques de cultivo, evidenciando la presencia de alto número de especies de Fitoplancton y Zooplancton, indicando que las condiciones, a pesar de la existencia de bacterias, propiciaban el buen desarrollo de alimento vivo para los camarones y el crecimiento en los primeros estadios de las post larvas.
3. En los resultados obtenidos del análisis del agua, se detectó la presencia y por encima de los valores de referencia para las Unidades Formadoras de Colonias UFC de *Vibrio alginolyticus* en medios de cultivo TCBS.
4. El “Protocolo para una Producción Acuícola Amigable con el Medio Ambiente” fue validado técnicamente por la camaronera Eben-Ezer; quienes implementarán las mejoras en los procesos de transporte, siembra y aclimatación de la larva, así como las mejoras en los procesos de engorde de camarón, manejo del alimento y tratamiento de enfermedades.
5. En el año 2022 el “Protocolo” será robustecido con actividades complementarias que se realizan actualmente en las unidades productivas, además de incorporar ilustraciones que faciliten la comprensión por parte de los productores. El protocolo será socializado con algunas camaroneras del departamento de La Unión y Usulután, en el marco de la Proyección Social, involucrando en este proceso docentes y estudiantes de carreras de ITCA-FEPADE La Unión.
6. Es importante mantener óptimas condiciones en los sistemas de producción, en la calidad del agua y en la salud de los camarones, considerando estrategias para evitar procesos de estrés y enfermedades; se recomienda

- no introducir larvas que no cuenten con certificado sanitario y mantener un plan de monitoreo continuo.
- Se debe mantener estables los parámetros físico-químicos y biológicos del agua de cultivo, haciendo constantes recambios de agua y ajustando los monitoreos.
 - Es necesario realizar análisis en fresco y en medios de cultivo de la post larva de camarón para detectar o descartar la presencia de patógenos, y mantener estos análisis durante el tiempo que dure el cultivo.
 - Se recomienda el uso y empleo de bio reguladores o probióticos para complementar el crecimiento del camarón.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales a miembros de la Sociedad La Montosa S.A de C.V, propietarios de camaronera Eben Ezer por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- J. Cuéllar-Anjel, C. Lara, V. Morales, A. de García y O.García Suárez, "Manual de Buenas Practicas de manejo para el cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei*" [En línea]. Disponible en: <https://www.calameo.com/read/004090457b86d545c96ba> [Accedido: 15-abr-2022]
- EPA Ireland, «Parameters of Water Quality: Interpretation and Standards. Environmental Protection Agency», Wexford, USA, 2001.
- C. A. Guevara Surio, "Determinación de la calidad microbiológica del agua de 2 playas: El Tunco y El Sunzal, ubicadas en el departamento de La Libertad, El Salvador", tesis, Universidad de El Salvador, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9932/>. [Accedido: 15-abr-2022]

Bibliografía

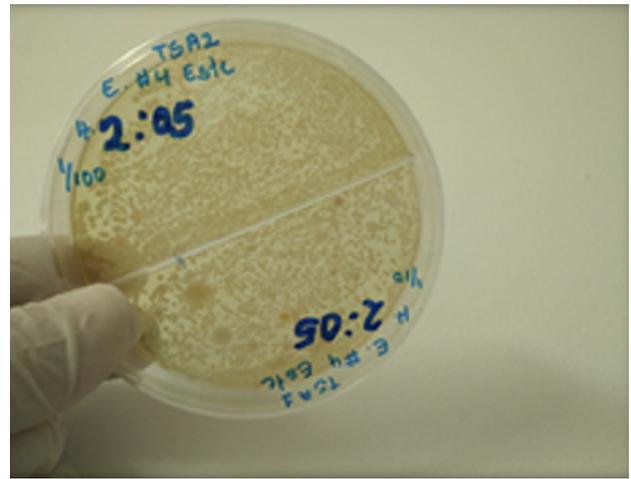
- M.Aurazo de Zumacta, M. «Manual para el análisis de calidad de agua» 2da Ed., Perú, 2004.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, "Política Nacional de Pesca y Acuicultura del El Salvador 2015-2030". El Salvador: MAG, 2015.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, "Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentos". El Salvador: MAG, 2007.
- Ministerio del Ambiente de Perú, "Estándares nacionales de calidad ambiental para agua". Perú: MINAM, 2008
- Official Methods of Analisis of AOAC» 18 ed. USA, 2005
- U.S Environmental Protection Agency (EPA), "Water Quality Standars". USA: EPA, 2018.
- U.S. Florida Department of Environmental Protections. "Surface Water Quality Standards". USA: Florida Department of Environmental Protections, 2016.
- U.S. Hawaii Department of Health. "Water Quality Standards". USA: Hawaii Department of Health, 2018.
- G.L. Amaya Orellana y F.H. Flores Salmerón, "Incidencias en los Recursos Costero- Marinos por la Construcción Del Puerto en La Bahía de La Unión", tesis, El Salvador: UES, 2006.



Fotografía 1. Colecta de muestras de agua en camaronera Eben Ezer.



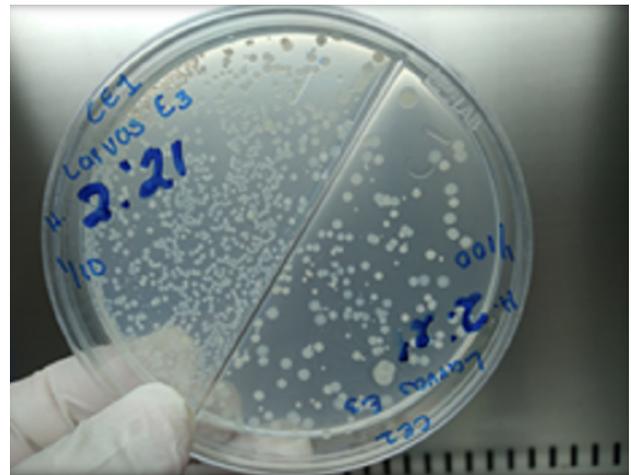
Fotografía 2. Toma de físicos en las muestras de agua.



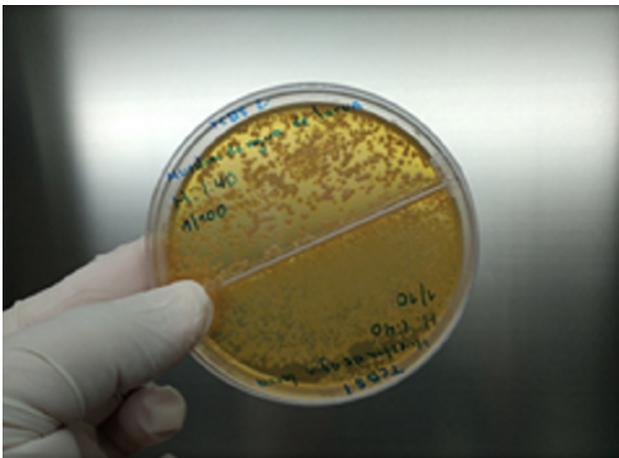
Fotografía 5. Crecimiento de bacterias heterótrofas en medio de cultivo TSA



Fotografía 3. Preparación de medios de cultivo en laboratorio de Microbiología ITCA-FEPADE MEGATEC La Unión.



Fotografía 6. Crecimiento de bacterias Pseudomonas en medio de cultivo CETRIMIDE



Fotografía 4. Crecimiento bacteriano del genero Vibrio en medio de cultivo TCBS