

ISBN: 978-99961-50-30-2

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA
DEL AGUA DURANTE UN CICLO DE CULTIVO
DE CAMARÓN MARINO DEL GRUPO DE
COOPERATIVAS DEL SECTOR EL ZOMPERO,
BAHÍA DE JIQUILISCO, USULUTÁN”**

**SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES: ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR
CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN**

AUTOR: LIC. LUIS ÁNGEL RAMÍREZ

LA UNIÓN, ENERO 2015



ISBN: 978-99961-50-30-2

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA
DEL AGUA DURANTE UN CICLO DE CULTIVO
DE CAMARÓN MARINO DEL GRUPO DE
COOPERATIVAS DEL SECTOR EL ZOMPERO,
BAHÍA DE JIQUILISCO, USULUTÁN”**

**SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES: ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR
CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN**

AUTOR: LIC. LUIS ÁNGEL RAMÍREZ

LA UNIÓN, ENERO 2015

Rectora

Licda. Elsy Escolar Santo Domingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. David Emmanuel Agreda

Lic. Ernesto José Andrade

Director Centro Regional MEGATEC La Unión

Lic. Luis Ángel Ramírez Benítez

Autor

Luis Ángel Ramírez

Coautores

Armando Navarrete Soriano

Claudia Marisol Orellana

FICHA CATALOGRÁFICA

378.1

R173d Ramírez, Luis Ángel

sv Diagnóstico de la calidad microbiológica del agua durante un ciclo de cultivo de camarón marino del grupo de cooperativas del sector El Zompopero, Bahía de Jiquilisco, Usulután / Luis Ángel Ramírez, Armando Navarrete Soriano y Claudia Marisol Orellana. - 1ª ed. - San Salvador, El Salvador: ITCA Editores, 2015.

42 p. : il. ; 28 cm.

ISBN: 978-99961-50-30-2

1. Recursos marinos. 2. Acuicultura marina. 3. Cultivo de camarones.
I. Navarrete Soriano, Armando, coaut. II. Orellana, Claudia Marisol, coaut.
III. Título.

Este documento es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE con el propósito de difundirlo entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. El contenido de este Informe de Investigación puede ser reproducido parcial o totalmente, previa autorización escrita de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Para referirse al contenido, debe citar la fuente de información. El contenido de este documento es responsabilidad de los autores.

Sitio web: www.itca.edu.sv

Correo electrónico: bibliotecologos@itca.edu.sv

Tiraje: 16 ejemplares

PBX: (503) 2132 – 7400

FAX: (503) 2132 – 7423

ISBN: 978-99961-50-30-2

Año 2015

Contenido

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.2	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA.....	8
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	9
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GENERAL:.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	12
3	HIPÓTESIS	12
4	MARCO TEÓRICO	12
4.1	CONTAMINACION DEL MAR.....	13
4.2	FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA.....	13
4.2.1	<i>Factores Físico – Químicos</i>	13
4.3	CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA.....	15
4.3.1	<i>GRUPO DE BACTERIAS COLIFORMES</i>	15
4.3.2	<i>BACTERIAS COLIFORMES FECALES</i>	15
4.4	BACTERIAS HETERÓTROFAS.....	16
4.4.1	<i>BACTERIAS DEL GRUPO Vibrionaceae</i>	16
4.4.2	<i>BACTERIAS DEL GÉNERO Pseudomona sp.</i>	16
4.4.3	<i>BACTERIAS DEL GÉNERO Aeromonas sp.</i>	17
5	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	17
5.1	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	18
5.2	FASE DE CAMPO.....	19
5.2.1	<i>MONITOREO</i>	19
5.2.2	<i>Recolecta de las muestras de agua</i>	20
5.2.3	<i>Toma de parámetros físico-químicos</i>	20
5.3	FASE DE LABORATORIO.....	21
5.3.1	<i>Recuento de bacterias Heterótrofas</i>	21
5.3.2	<i>Identificación de Vibrio sp.</i>	21
5.3.3	<i>Identificación de Pseudomona sp.</i>	21
5.3.4	<i>Identificación de Aeromona sp.</i>	22
6	RESULTADOS	22
6.1	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DESARROLLADOS.....	22
7	CONCLUSIONES	29
8	RECOMENDACIONES	30
9	GLOSARIO	32
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
11	ANEXOS	39
11.1	HOJA DE REGISTRO EMPLEADA PARA LA LECTURA DE LAS PLACAS.....	39
11.2	ANEXO 1. HOJA EMPLEADA PARA LA SOCIALIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS CON LAS PERSONAS DE LAS COOPERATIVAS.....	40

RESUMEN / INTRODUCCIÓN

La producción global de la acuicultura está creciendo sustancialmente y aporta cada vez mayores volúmenes de alimento de origen acuático que es demandado para el consumo humano y la actual tendencia se mantendrá por mucho tiempo por su aporte proteico y fácil preparación culinaria. El crecimiento de la acuicultura tiene el potencial de satisfacer las necesidades de alimentos y contribuir a la disponibilidad, seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible y esto es ampliamente reconocido para cumplir con el Desarrollo de los Objetivos del Milenio (FAO, 2007). La acuicultura es un sector muy diverso y está caracterizada por incluir muchos y diferentes sistemas, sitios, prácticas, procesos y productos. También hay una amplia variedad de condiciones políticas, sociales, económicas y ambientales en las cuales se desarrolla. En la medida que ésta crece, adquiere especial importancia por los posibles impactos negativos que provocan sobre el ambiente, las comunidades locales y los consumidores. El entorno y la acción antropogénica en la que se realiza en otras zonas conectadas geográficamente también influyen de manera determinante con variables ambientales que tienen alta incidencia en los rendimientos de la producción.

Uno de los impactos de la acuicultura es la contaminación que es el proceso mediante el cual se alteran las condiciones naturales de un medio ambiente determinado (Espinosa, 1996). La contaminación marina y de aguas costeras se define como la introducción de sustancias ajenas al medio ambiente costero-marino que provocan la alteración de la calidad del agua de los ecosistemas representados, dañando las actividades productivas importantes como la pesca y la acuicultura (SARH, 1985, citado por González, 2003). Para ello es necesario conocer la calidad del agua de las zonas costeras que son de utilidad para el hombre, teóricamente el mar por si solo posee una capacidad natural de autodepuración y la función de las bacterias es la de mayor influencia para el ecosistema (Seoáñez, 2000), pero en ciertas épocas del año como al inicio de la estación lluviosa el riesgo sanitario se incrementa por las altas concentraciones de materia orgánica que contienen, bacterias que pueden ser arrastrados hasta estos lugares (Tapia y Botello, 1995; Barrera, *et al.*, 1999; Delgado, *et al.*, 2007; Figueroa, 2007; Ortega, *et al.*, 2008).

Para El Salvador, la Bahía de Jiquilisco es un de las dos zona con mayor potencial para el desarrollo de la acuicultura, pero es importante que en el área desarrollada no se sobrepase su capacidad de carga para no afectar la sostenibilidad ambiental de la zona, la cual está categorizada como Reserva Mundial de Biósfera “Xirihualtique-Jiquilisco” y sitio RAMSAR.¹ El cultivo de camarón marino (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) en El Salvador se concentra principalmente en el margen occidental de la Bahía de Jiquilisco; Hernández, R. *et al.*, 2005 reportó 713.83 hectáreas de espejo de agua para cultivo distribuidas en 145 estanques y de éstos, solo 111 estaban en operación, cubriendo un área de 603.38 has.² La mayoría de la infraestructura actual ($\approx 97\%$) corresponde a salineras que fueron convertidas al cultivo de camarón como parte de un programa de re-inserción de ex-combatientes después de finalizado el conflicto armado en 1992. En el mismo estudio se contabilizaron 32 empresas productoras de camarón marino, 28 de las cuales son asociaciones cooperativas. Por tanto, ésta zona constituye el parque acuícola más importante que tiene el país y aporta al mercado la mayor cantidad de camarón cultivado de origen nacional.

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un estudio sobre la calidad microbiológica del agua utilizada en el cultivo de camarón marino en estanques de tierra del grupo de cooperativas del sector conocido como “El Zompopero” en la Bahía de Jiquilisco, Usulután; a través del marco del convenio de cooperación celebrado entre ITCA-FEPADE y las cooperativas “San Hilario, Verde mar, La Carranza, El Torno y Senderos de Paz”. El estudio fue de tipo descriptivo en el cual se realizaron los respectivos ensayos microbiológicos para determinar cualidad y cantidad de microorganismos que sirven como indicadores de contaminación del agua que pueden incidir en la salud de los consumidores y los niveles de producción de lo que se denomina como “zona de amortiguamiento” dentro del contexto del área de conservación de la Bahía de Jiquilisco.

¹ La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, conocida en forma abreviada como **Convenio de Ramsar**, fue firmada en la ciudad de [Ramsar \(Irán\)](#) el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975. Su principal objetivo es «la conservación y el uso racional de los [humedales](#) mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo».

² Documento ICMARES 2006.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las unidades de producción agropecuaria, sumado a los usuarios de los recursos de agua en el país son al mismo tiempo fuentes de contaminación de los mismos por la presencia de contaminantes (agroquímicos) y sedimentos es lo que en general hace reducir la disponibilidad de agua de calidad aceptable para la actividad acuícola en base a las normativas. En el país se cuenta con la normativa de agua para riego, emitida en el decreto No. 51 del Diario Oficial de El Salvador y para valorar la calidad de agua a través de la aptitud de uso en términos de calidad ambiental únicamente se aplica tomando como referencia un proyecto ambiental ya ejecutado en el período 1997-2000 por el M.A.G.

Dicho de otra manera, no existe una normativa específica en el país referente a establecer estándares de uso de agua para la acuicultura. Los parámetros microbianos a tomar en cuenta en la normativa antes mencionada únicamente se limitan a establecer valores de referencia para Coliformes Fecales. Esto origina un obstáculo para evaluar la actividad acuícola y a la fecha no existen estudios nacionales relacionados con el tema pues, en general, como lo establece el estudio de Hernández, R, *et al.* (2005).

Las cooperativas de la Bahía de Jiquilisco en su totalidad, aparte de presentar problemas en la infraestructura productiva, falta de asistencia técnica, limitado acceso al crédito, bajo nivel tecnológico, no existe un monitoreo de la calidad de agua que permita implementar mejores protocolos de manejo, control de enfermedades e ir construyendo una vía en el futuro para una posible certificación ambiental y de inocuidad alimentaria. Esto último es un factor de primordial importancia para elevar los niveles de rentabilidad y competitividad de los productores.

El problema de la contaminación ha alcanzado un nivel crítico en El Salvador y compromete las posibilidades de desarrollo futuro de la acuicultura. La producción acuícola se ve afectada cuando se utiliza agua de mar con altas concentraciones de microorganismos patógenos como lo son los Vibrios, Pseudomonas, Aeromonas y Fusarium, por lo que la determinación de la calidad de dicha agua durante el proceso de producción dará las herramientas necesarias para tomar medidas, preventivas y mejorar los niveles de producción.

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los contaminantes tanto puntuales como no puntuales que llegan a las aguas superficiales que son tomadas para el llenado de los estanques de acuicultura deben ser tomados en cuenta. El índice de calidad del agua extraída del medio hace depender el nivel de intensificación del cultivo traducido en el establecimiento de las densidades de siembra (número de camarones/metro cuadrado); y de igual modo, esto último determina la práctica cultural con todos sus beneficios en la producción y las consecuencias para el medio ambiente por las características de las descargas de las aguas de recambio.

Los cuerpos de agua superficiales cuentan con una capacidad de autodepuración y esto es el conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en un período de tiempo de modo natural. Estos fenómenos comprometen parámetros del agua durante la fase de cultivo, para nuestro caso del camarón marino, entre otros el oxígeno disuelto en el medio acuático. En otro caso ilustrativo, el uso de fertilizantes para aumentar la productividad natural del estanque altera el equilibrio del medio natural circundante al incorporar en el estero aguas con un contenido más alto de nutrientes y el consecuente fenómeno de eutrofización. Estos elementos como pH el nitrógeno y el fósforo en altas concentraciones llegan a constituirse en un contaminante en el medio natural y puede llegar a anular el proceso de autodepuración natural al romperse el equilibrio y el resultado es una zona contaminada difícil de recuperar si no es acaso de forma lenta, llegando a limitar todos sus usos posteriores (Seoáñez, 2000).

1.2 ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

A nivel internacional se han realizado diferentes estudios sobre la contaminación de las aguas costeras y su impacto en el ecosistema marino y la incidencia que tiene este problema en las granjas acuícolas que interactúan con el medio costero-marino. Entre los países que han tomado la iniciativa para realizar estudios de contaminación de las aguas costeras están: Colombia, Costa Rica, Cuba, Estados Unidos, España, México, Venezuela, etc.

Estudios realizados por Palmer, 2007, en Colombia; Becerra y Namihira, 2004, en México; Cortés, 2003, en México; Figueroa, 2007, en México; González, 2003, en México; García et al, 2006, en Costa Rica; Delgado et al, 2008, en Cuba; Ramos et al, 2008, en Colombia;

Guzmán y Ramírez, 1996, en Puerto Rico; Becerra y Botello, 1995, en México; sobre contaminación de las zonas costeras han utilizado a las bacterias coliformes totales y fecales como organismos indicadores de contaminación fecal en las aguas superficiales. Los análisis permitieron determinar zonas con altos problemas de contaminación y así como la principal fuente de contaminación de las aguas costeras y finalmente llegar a plantear recomendaciones de especial atención en varios aspectos como la cobertura de alcantarillado, vertimiento de aguas residuales domésticas, problemas de escorrentías en algunos sitios.

González y Leiva, 1996, utilizaron al género *Vibrio sp.*, para establecer el nivel de contaminación de las aguas costeras de La Habana, Cuba, y determinar las especies patógenas para el hombre asociadas a los alimentos y el agua para cultivo de ostras, encontrando una asociación directa entre las especies de bacterias aisladas y las ostras analizadas.

En El Salvador se desconocen de iniciativas efectuadas sobre estudios de la calidad microbiológica del agua de las zonas costero-marinas, sin embargo se han realizado aportes importantes en el diagnóstico de los sistemas lenticos como el realizado por Mena (2007) con el cual se pudo conocer el estado actual de la calidad microbiológica de las aguas continentales del territorio salvadoreño.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Como dato importante para la ejecución del estudio que se propuso, fue necesario conocer los aspectos geográficos e hidrológicos del área o región donde se enfocaría la investigación. Con los resultados que surgieron de esto se establecerá la incidencia temporal y espacial durante el período que dura un ciclo de producción de camarón marino (aproximadamente de tres a cuatro meses) acerca de las fuentes no puntuales de contaminación microbiológica, comprendiendo éstas últimas a las posibles descargas de origen agropecuario, forestal, atmosférica, escorrentía, y desechos sólidos que puedan identificarse en la zona.

El Salvador consta de diez regiones hidrográficas y 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. (PLANDARH, 2000, citado por Mena, Z. 2007).

El sector occidental de la Bahía de Jiquilisco donde se ubican las cooperativas “San Hilario, Verde Mar, La Carranza, El Torno y Senderos de Paz” del grupo El Zompopero consta de aproximadamente 3,000 hectáreas de complejo de manglar/estuario (Rivera *et al.* 2008). En la actualidad el cultivo de algodón no es parte de las actividades agrícolas de ésta región y los cultivos de granos básicos y la caña de azúcar ocupan un área de 115.27 y 78.14 km² respectivamente. Aun cuando se reconoce que la ganadería está muy bien representada en la zona, no se dispone de datos de número de cabezas de ganado, únicamente se dispone del área de pastizales: 71.57 km² (PLANDARH, 2000; citado por Mena, Z. 2007).

La infraestructura de estanques de tierra para acuicultura de las cinco cooperativas que constituyen el llamado “grupo El Zompopero” contabiliza 30.45 hectáreas de espejo de agua y una producción de tipo artesanal de 105,766 libras de camarón/año. El total de socios beneficiarios es de 202 y un grupo familiar beneficiado estimado de 1,020 personas (Secretaría Técnica de la Presidencia 2010). Según cálculos hechos en un estudio técnico-económico de factibilidad financiera hecha por Navarrete, A. (2010), los requerimientos semanales para el recambio de agua cuando toda la infraestructura está operando en un 100% de su capacidad instalada en las 5 cooperativas de El Zompopero, se hace necesario introducir al sistema un mínimo de 143,876 m³ de agua salobre del estero y teóricamente igual cantidad debe ser evacuada por las compuertas de salida hacia los canales del estero.

Se define que la acuicultura sustentable es definida como: desarrollo y prácticas operacionales que aseguran una industria económicamente viable, ecológicamente adecuada y socialmente responsable. La sustentabilidad de la acuicultura solo se puede alcanzar si los efectos de corto y largo plazo sobre el medio ambiente y la comunidad son reconocidos y mitigados adecuadamente; si se mantiene la viabilidad económica y biológica de largo plazo; y si además, son protegidos los recursos costeros de los cuales ella depende. La viabilidad económica está directamente influenciada por la sustentabilidad (Secretaría Técnica de la Presidencia 2010).

Según documentos de FAO (2007) y Boyd *et al.* (2001), las prácticas acuícolas que no sean ecológicamente adecuadas tienen asegurado un fracaso económico en el largo plazo, tanto en operaciones individuales como regionales. Las amenazas a la sustentabilidad recaen, principalmente, en la ausencia de mecanismos para prevenir una industria no planeada ni regulada, al igual que otras actividades humanas que pudieran estarse realizando en los estuarios y áreas próximas a la costa, con la consecuente declinación de la calidad del agua, enfermedades en el cultivo del camarón, conflictos entre usuarios y, finalmente, a la reducción de la productividad o al abandono de las granjas camaroneras.

Las causas subyacentes de los problemas ambientales y sociales en El Salvador son complejas y las más vinculadas con la justificación de la presente propuesta son: el acceso abierto a los derechos de uso del agua en el componente del estuario, poca capacidad institucional para responder a las demandas de los productores, regulaciones ambientales inadecuadas, desconocimiento del marco legal en el caso que éste exista, insuficiente comprensión de los ecosistemas costeros y de sus tendencias. El manejo costero integrado está sugerido como el marco de acción del gobierno para avanzar hacia una acuicultura sustentable. El acompañamiento con asistencia técnica e investigación científica de las instituciones educativas nacionales e internacionales como lo es el MEGATEC-LA UNIÓN a través de su Unidad de Investigación y Proyección Social en conjunto con la Universidad de El Salvador (con la participación del ICMARES y la Facultad de Química y Farmacia) pueden dar sustento a la visión y experiencia local para lograr las metas del desarrollo.

La realización del estudio de la calidad microbiológica del agua de los estanques de cultivo de camarón del grupo El Zompopero permitió conocer el impacto sobre la producción que efectúan las aguas que reciben de entrada los estanques de cría, así como la caracterización de las aguas de recambio que de los estanques son evacuadas hacia los canales del estuario y analizar sus posibles efectos sobre el ecosistema. Fiscal *et al.*, (1994) recomienda que deberá analizarse una amplia gama de organismos bacterianos que son patógenos de importancia para la salud humana y/o animal. El criterio según estándares internacionales hace especial énfasis en las bacterias coliformes, los géneros *Pseudomona sp.*, *Vibrio sp.*, y *Aeromona sp.*

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar la calidad microbiológica del agua utilizada para el cultivo de camarón marino durante un ciclo de producción en el grupo de cooperativas del sector “El Zompopero” de la Bahía de Jiquilisco, Usulután.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar cualitativa y cuantitativamente la presencia de coliformes totales, coliformes fecales (*Escherichia coli*) y bacterias Heterótrofas que constituyen los bioindicadores estándar de contaminación orgánica del agua.
2. Determinar cualitativa y cuantitativamente la presencia de *Vibrio sp.*, *Pseudomonas sp.* y *Aeromonas sp.* en el área de estudio identificados como los principales agentes causantes de enfermedades infecciosas en las especies utilizadas en acuicultura.
3. Conocer la influencia de parámetros físico-químicos en la presencia de los microorganismos estudiados.
4. Con los resultados obtenidos servirán de marco para elaborar una propuesta para un programa de monitoreo de la acuicultura en todas sus etapas del encadenamiento productivo con proyección hacia el futuro hasta llegar a la certificación de la producción.

3 HIPÓTESIS

La investigación fue de tipo descriptivo, no requiso de hipótesis. Se trató de un estudio de línea base.

4 MARCO TEÓRICO

El grupo de bacterias de interés para la propuesta de investigación se marcaron en dos grandes partes: 1) las de importancia para la salud humana y, 2) las de importancia para la producción de camarón marino y la salud del ecosistema.

4.1 CONTAMINACION DEL MAR

La contaminación en el mar ha sido definida por las Naciones Unidas como: “la introducción por el hombre, de forma directa o indirecta, de sustancias o energía en el medio marino, con efectos que pueden dañar a los seres vivos, constituyen un peligro para la salud humana, crean impedimentos para las actividades que se desarrollan en los mares (entre ellos la pesca), van en detrimento de la calidad del agua de los mares, y de la utilización de esa agua, y reducen las posibilidades de esparcimiento” (Soffmann, 1987).

Las bacterias que se encuentran en el mar constituyen el primer eslabón de las cadenas alimentarias (cadenas tróficas). Su presencia suele ser mas frecuente en las aguas costeras y en menor proporción en alta mar. Esta contaminación es mayor en las aguas costeras debido al aporte de aguas contaminadas en la zona del litoral procedentes de emisores submarinos, lugares donde desembocan el alcantarillado de las ciudades y los colectores de las industrias. Además hay que tener en cuenta las aportaciones de la escorrentía y de los ríos (Seoánez, 2000).

4.2 FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA

4.2.1 FACTORES FÍSICO – QUÍMICOS

a. Temperatura

Los microorganismos se clasifican en psicrófilos, mesófilos, termófilos, e hipertermófilos respectivamente, cuando sus temperaturas óptimas de crecimiento son bajas ($0 - \leq 20$ °C), moderadas ($24 - \leq 40$ °C), altas ($40 - \leq 80$ °C), o muy altas ($80 - 110$ °C). Se han descrito algunos hipertermófilos con una temperatura óptima de crecimiento a 105 °C y que no pueden crecer por debajo de los 85 °C (Atlas y Batha, 2002).

b. Salinidad

Los microorganismos que toleran o que necesitan altas concentraciones salinas se llaman halotolerantes y halófilos, respectivamente (Gilmour, 1990). A concentraciones elevadas de sal el ambiente hipertónico deshidrata a los microorganismos no halotolerantes (Atlas y Batha, 2002). Relativamente pocos microorganismos pueden crecer en aguas muy saladas y la biota de los lagos salados suele restringirse a unas especies de algas y bacterias halófilas y halotolerantes (Kushner, 1980).

c. Concentración del ion Hidrógeno

Generalmente, los microorganismos no pueden tolerar valores extremos de pH. En condiciones muy alcalinas o acidas, se hidrolizan algunos componentes microbianos o se desnaturalizan algunas enzimas. Sin embargo, hay algunas bacterias acidófilas (afines al medio ácido) y alcalófilas (afines al medio alcalino) que toleran, o incluso necesitan, condiciones extremas de pH para su crecimiento (Atlas y Batha, 2002).

Tabla 1. Valores óptimos de los principales parámetros de calidad del agua.

Parámetros	Concentración optima	Periodicidad de los controles
Oxígeno disuelto	>4.0 mg/l	Dos veces al día en los estanques.
pH	6.5-8.5	Dos veces por semana en los estanques
Alcalinidad	Mínimo de 50 mg/l, 100-400 mg/l de preferencia	2-3 veces por semana
Dureza	Igual que alcalinidad	2-3 veces por semana
Amoniaco (NH ₃)	<0.15 mg/l	Dos veces por semana en los estanques
Nitrato (NO ₃)	<50 mg/l	Una vez al día
Nitrito (NO ₂)	<0.5 mg/l en el agua bajo cloruro	Semanalmente en los estanques
Sulfuro de Hidrogeno	<0.15 mg/l	Al usarla por primera vez y periódicamente durante la temporada

(Schwarz *et. al* 2010)

4.3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

La presencia y extensión de la contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos patógenos. El examen de muestras de agua pueden emplearse para estimar el grado de contaminación fecal (WHO, 2003).

4.3.1 GRUPO DE BACTERIAS COLIFORMES

Son enterobacterias Gramm negativas en forma de bastoncillos, no esporulados, aerobios y anaerobios facultativos que fermentan la lactosa a una temperatura de 35-37°C produciendo ácido, gas y aldehído en un periodo de 24-48 horas. Son oxidasa negativa y no forman esporas. Capaces de crecer en presencia de sales biliares u otros compuestos tensoactivos. Tradicionalmente se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (CEPIS, 2000).

La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicador de que el agua puede estar contaminada con materia fecal u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Romero, 1999).

4.3.2 BACTERIAS COLIFORMES FECALES

Este grupo se refiere a aquellos coliformes que tienen capacidad para fermentar la lactosa con producción de gas a temperaturas de 44 – 45°C, los coliformes fecales se identifican con el resto de los coliformes en lo que se refiere a su resistencia al medio ambiente, agentes químicos y factores que favorecen o impiden su desarrollo (Fernández, 2008). Se consideran coliformes fecales a: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* (Gallardo, 2009).

Escherichia coli

Son bacterias generalmente móviles, anaerobias facultativas, fermentativas por lo común de la glucosa. La lactosa es fermentada, típicamente con producción de gas, aunque algunas cepas se muestran negativas o lentas. La *E. coli* es la típica bacteria de hábitat intestinal en el hombre y animales de sangre caliente (Fernández, 2008).

4.4 BACTERIAS HETERÓTROFAS

Las bacterias heterotróficas (heterótrofas) se definen como aquellas bacterias que usan compuestos del carbono orgánico como fuente de energía y el carbono para su crecimiento, en contraposición con las bacterias autotróficas que utilizan los compuestos inorgánicos como fuente de energía y el CO₂, como fuente de carbono. Esta definición de bacteria heterótrofa es amplia e incluye tanto a las bacterias saprofitas como a las patógenas. Por lo tanto, las bacterias que causan como las que no causan enfermedades son heterótrofas (CEPIS, 2000).

4.4.1 BACTERIAS DEL GRUPO *VIBRIONACEAE*

El grupo de los *Vibrio sp.* contiene organismos bacilares incurvados, Gram negativos, anaeróbicos facultativos y que poseen un metabolismo fermentativo. La mayoría de los miembros del grupo de *Vibrio sp.* poseen flagelos polares, aunque algunos son peritricos. Los géneros mejor estudiados dentro de este grupo son *Vibrio sp.* y *Photobacterium sp.* La mayoría de los vibrios y organismos relacionados son del medio acuático, bien de aguas dulces o marinas, aunque uno de los más representativos, *Vibrio cholerae* es patógeno para humanos, constituyendo la causa específica de la enfermedad conocida como el cólera. (Madigan *et al.*, 2004). En acuicultura de camarón marino, se considera a éste grupo como el más importante por la alta incidencia y el fuerte impacto económico de enfermedades relacionadas con éste grupo de bacterias.

4.4.2 BACTERIAS DEL GÉNERO *PSEUDOMONA SP.*

Bacilo recto o ligeramente incurvado, de 0.5 – 1.0 de ancho por 1.5 – 5.0 micras de largo; móvil mediante uno o más flagelos polares, aerobio estricto, no se desarrolla a pH de 4.5 o menor, catalasa positivo. Muchas especies producen pigmentos solubles, como la pioverdina (fluorescente) y piocianina. Algunas especies son patógenas de plantas; también para el hombre en diversos procesos piógenos e infecciones generalizadas. Es un microorganismo común que se han aislado cepas tanto de agua dulce como de aguas marinas (Fernández, 2008). De mucha importancia en acuicultura y comúnmente asociada al diagnóstico de septicemia bacteriana.

4.4.3 BACTERIAS DEL GÉNERO *AEROMONAS SP.*

El género *Aeromonas sp.*, está formado por bacilos Gram negativos, no esporulantes y anaerobios facultativos. Presentan numerosas similitudes con la familia *Enterobacteriaceae*.

El género se divide en dos grupos: el grupo de las *Aeromonas* psicrófilas (que viven cómodamente en ambientes fríos) inmóviles está formado por una única especie, *A. salmonicida*, un patógeno obligado de peces. El grupo de las *Aeromonas* mesófilas móviles (con un flagelo polar único), considerado potencialmente peligroso para la salud humana, está formado por las especies *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. veronii* subespecie *sobria*, *A. jandaei*, *A. veronii* subespecie *veronii* y *A. schubertii*. Estas bacterias viven de manera habitual en el agua dulce y están presentes en el agua de uso doméstico, el suelo y muchos alimentos, especialmente en la carne y la leche (Borchardt, *et al.*, 2003), además también se puede aislar del agua de mar, aunque no se cree que constituya su hábitat natural, sin embargo *A. caviae* tiende a ser más prevalente en esta localidad (Fernández, 2008).

De importancia para el cultivo de tilapia adaptada al medio salino, sobre todo durante la fase de aclimatación de los alevines. Adquiere especial importancia cuando el agua de uso en los tanques de confinamiento no ha sido tratada adecuadamente con buenas prácticas de desinfección, puede causar grandes mortalidades al momento que los peces padecen de stress osmótico debido a la exposición al medio salino (A. Navarrete, comunicación personal).

5 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación se realizó en dos fases: una de campo y otra de laboratorio, ambas fueron necesarias para el cumplimiento de los objetivos planteados. Para esto se emplearan diferentes metodologías en cada fase, las cuales se describen posteriormente.

5.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.

La Bahía de Jiquilisco está ubicada en la parte sur del Departamento de Usulután, entre los 13° 15' y 13° 18' de latitud norte y 88° 48' y 88° 15' de longitud oeste. Representa el ecosistema costero-marino más importante de El Salvador catalogada como Zona de Vida Bosque Húmedo Subtropical (caliente) y es el área con mayor extensión de bosque salado del país, totalizando 18,298.46 hectáreas (Hernández, R. 2005).



Fig. 1. Ubicación de los ocho sectores productores de “camarón” marino en el margen oriental del Bajo Lempa y en la bahía de Jiquilisco.

El grupo de cooperativas del sector El Zompopero se encuentra dentro de la jurisdicción del municipio de Jiquilisco. Su topografía es bastante uniforme y en su totalidad, la superficie no excede los 9 m.s.n.m. y las pendientes naturales no exceden del 2%. El drenaje aguas debajo de la carretera litoral que es donde están ubicadas éstas cooperativas opta por una dirección norte-sur paralela al río Lempa. La gran mayoría de los ríos circundantes existentes son efímeros, infiltrándose en la zona baja de la planicie debido a la gran permeabilidad del suelo que está constituido en su mayoría por sedimentos aluvionales y marinos.

5.2 FASE DE CAMPO

El estudio comprendió tres meses de muestreo y el período de ejecución está aún pendiente de definir al estar sujeto a los plazos administrativos y de gestión que las instituciones participantes tienen.

5.2.1 MONITOREO

Para determinar el número de muestras en cada uno de los estanques se realizó una visita de campo, la cual permitió tomar en cuenta los siguientes criterios para la selección de puntos de muestreo:

1. Puntos críticos:
 - a) Entrada de agua, porque permite determinar con que calidad llega el agua
 - b) Reservorios, indica en qué condiciones se mantiene el agua
 - c) Salida del agua, indica cuanta carga de contaminantes llega a los esteros
2. Diseño que tiene cada estanque:
 - a) Espejo de agua en metros cúbicos, para dividir el estanque en estratos
 - b) Circulación de agua, posibles estancamientos del agua
 - c) Presencia de canaletas, donde los sedimentos que facilitan la presencia de contaminantes biológicos

Teniendo en cuenta lo anterior, se estableció que el número de muestras se determina teniendo en cuenta la dinámica operativa en el manejo de los estanques y la siguiente programación:

- 1) Se hará un muestreo de agua al inicio del ciclo de producción, es decir, al momento de siembra de post larvas en el estanque.
- 2) El siguiente muestreo de agua se proyecta a mediados de ciclo productivo, un mes y medio después de la siembra de post larvas.
- 3) El último muestreo tendrá lugar al final del ciclo productivo, dos días previos a la cosecha.

- 4) Para cada muestreo detallado anteriormente, se han definido los siete puntos de muestreo: a) en el sitio de toma de agua ubicado en el canal del estero, b) en una compuerta de entrada de agua del estanque # 1, c) en la compuerta de entrada de agua del estanque # 2, d) el agua contenida dentro del estanque # 1, e) el agua contenida dentro del estanque # 2, f) el sitio de la compuerta de salida del estanque # 1; y, g) el sitio de la compuerta de salida del estanque # 2.

5.2.2 RECOLECTA DE LAS MUESTRAS DE AGUA.

Para la colecta de las muestras se utilizarán recipientes de plásticos de 1 litro cada uno, previamente esterilizados y protegidos con una tapa de rosca y debidamente etiquetados con la fecha, hora, lugar y nombre de la persona que hace 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) y las que corresponden a las compuertas tanto de entrada como de salida se hará desde la parte baja de cada una de las estructuras y luego en dirección contraria al viento se introducirá el frasco y se abrirá a una profundidad no mayor a 50 cm; para las muestras de agua dentro de cada estanque se utilizará una canoa impulsada por remo para poder tomar la muestra.

En cada uno de los casos, la persona que colecta la muestra deberá desinfectarse las manos con alcohol gel antes y después de cada toma. Luego serán etiquetadas y colocadas en la hielera a 4°C para su preservación y trasladarlas a los laboratorios de CENSALUD de la Universidad de El Salvador, para su posterior análisis bacteriológico.

5.2.3 TOMA DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

En cada una de las muestras de agua, se tomarán los parámetros físico-químicos en el mismo sitio designado para éstas y se han contemplado los siguientes: temperatura superficial, salinidad, transparencia y pH, utilizando para su medición: un termómetro de mercurio, un refractómetro óptico marca ATAGO, un disco Secchi y tiras de papel pH respectivamente.

5.3 FASE DE LABORATORIO

De las muestras recolectadas en cada uno de los puntos de muestreo se examinarán los siguientes parámetros microbiológicos: Coliformes totales, Coliformes fecales, recuento de bacterias heterótrofas, *Escherichia coli*, *Vibrio sp*, *Pseudomona sp*. y *Aeromona sp*.

5.3.1 RECUENTO DE BACTERIAS HETERÓTROFAS

De cada muestra de agua se extraerá 10 ml y se mezclará en 90 ml de agua buferada para obtener la primera solución de 10^{-1} , luego de esa dilución se harán 2 diluciones más, siempre extrayendo 10 ml y mezclándola en 90 ml de agua buferada, así se obtendrán las otras 2 diluciones de 10^{-2} y 10^{-3} . De cada una de las 3 muestras se pipeteará un ml y se adicionara en cajas de petri estériles, luego esto se hará por duplicado, después se agregará 20 ml de agar Plate Count fundido a temperatura de 45 °C, se mezclará por la técnica del 8 y se dejara solidificar. Después se incubará a 35 ± 2 °C durante 24 horas, posteriormente se cuantificará las unidades formadoras de colonias y se reportara los resultados como UFC/ml.

5.3.2 IDENTIFICACIÓN DE *VIBRIO SP*.

Se disolverá 10 ml de cada muestra en 90 ml de agua peptonada con agua de mar y se incubará a 37 °C por 24–48 horas, luego se sembrara en agar TCBS y se incubará a 37 °C por 24–48 horas. Se seleccionaran las diferentes colonias (amarillas y verdes) y se sembraran en agar nutritivo, luego se encubaran a 37 °C por 24 horas. Posteriormente se le harán las pruebas bioquímicas de: TSI, RM, VP, Indol, Citrato, y movilidad. Además se utilizaran otras pruebas no bioquímicas como la halotolerancia al crecimiento en diferentes concentraciones de NaCl y la expansión de la colonia.

5.3.3 IDENTIFICACIÓN DE *PSEUDOMONA SP*.

Se adicionara 10 ml de cada muestra en 90 ml de caldo lactosado y se incubará a 37 °C por 24-48 horas. Luego se tomará una asada y se sembrará en agar Pseudomona F y agar Cetrimide; se incubará a 37 °C por 24 horas. Para confirmar, en las muestras con agar Pseudomona F se utilizará una lámpara de luz ultravioleta (la fluorescencia indica

presencia de la bacteria) y a las colonias que puedan encontrarse en agar Cetrimide se le harán las pruebas bioquímicas de: TSI, RM, VP, Indol, Citrato, movilidad y oxidasa.

5.3.4 IDENTIFICACIÓN DE *AEROMONA SP.*

Se adicionará 10 ml de cada muestra en 90 ml de caldo lactosado y se adicionará 0.9 gramos de ampicilina y se incubará a 37 °C por 24 horas. Luego se sembraran con un asa bacteriológica en agar Aeromonas de Ryan y se incubará a 37 °C por 24–48 horas; después las colonias se sembraran en TSA y se incubará a 37 °C por 24–48 horas. Para confirmar se harán las pruebas bioquímicas de: TSI, RM, VP, Indol, Citrato y movilidad.

6 RESULTADOS

6.1 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DESARROLLADOS.

Los análisis de calidad de agua se desarrollaron en un ciclo de cultivo que tuvo una duración de tres meses, mediante la cual se logró identificar a 4 especies de *Vibrios* en el cultivo de camarón, los cuales en la mayoría de los casos causan la muerte.

Para ello se desarrollaron alrededor de seiscientas muestras aproximadamente, en las que se consideraban análisis de agua, suelo y organismos (camarones vivos, enfermos o muertos). A estos últimos, se les realizaron análisis histológicos para determinar la procedencia de la enfermedad o detectar el brote de una nueva durante el periodo de cultivo.

Además, la detección de las especies de *Vibrios* inicio partiendo desde la obtención de la semilla, en donde se llevó análisis de la calidad de la post larva, esto con el fin de detectar en las primeras etapas el cultivo las enfermedades, además de identificar si la enfermedad procedía del laboratorio que la provee y de esa manera evitar que los costos de producción se les incrementaran con la mortalidad del cultivo.

Con la implementación del proyecto de investigación se estableció la identificación temprana de las enfermedades, garantizando mayor sobrevivencia en los cultivos y garantizando de esa manera mayor rentabilidad.

Las muestras tomadas de cada una de le las cooperativas se centraban básicamente en los siguientes procedimientos:

A. Análisis en fresco de la pos-larva de camarón:

- Se tomaron las post larvas vivas y colocar en una bolsa estéril con agua del estanque y transportarla hacia el laboratorio previo a la siembra o a que esta entrara en contacto con el agua de estanque, donde seria sembrada, estas a su vez debían estar vivas y siempre son medidas y pesadas de manera individual.
- Luego de esto las larvas fueron lavadas para evitar que la muestra difiera por algún tipo de material que pueda alterar la muestra; posterior se procede a sembrar en diferentes platos petri. Se colocaron 100 µl de cada muestra en agar TCBS (dependiendo del tipo de muestra que se desea realizar) como en agar Marino a fin de obtener conteo de bacterias dentro de los rangos de UFC.
- Las placas se incubaron a 30°C durante un periodo de 18 a 24 horas, pasado el tiempo de incubación se procedió a realizar el conteo de colonias para establecer las Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/gr).

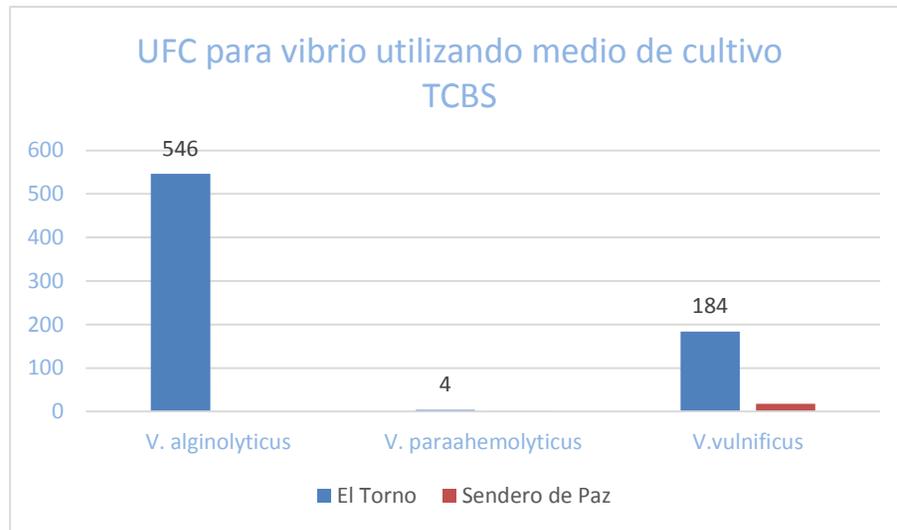
B. Juveniles y reproductores

- Al igual que las post larvas, se sigue con el procedimiento en donde los organismos deberán de estar vivos y ser medidos y pesados de manera individual y se limpió el camarón con un papel toalla, pasando a la esterilización con un atomizador se aplicó alcohol etílico o desnaturalizado al 90 %.
- Considerando el tamaño de la muestrea se realizó el análisis de cada uno de la partes internas del organismo como hepatopáncreas, hemolinfa e intestino; y algunas veces es consideraron para establecer un parámetros de calidad del agua, las branquias.

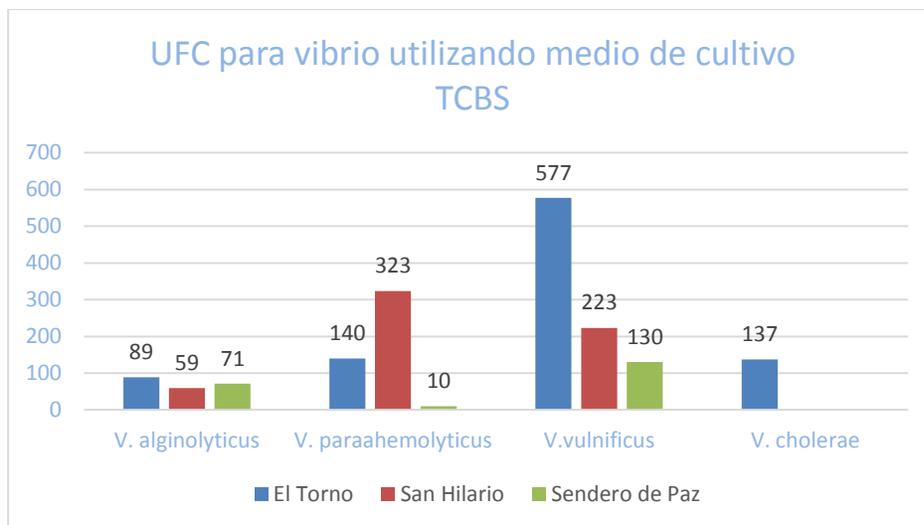
Procedimiento empleado para la disección del hepatopáncreas del camarón

- Se extrajo el hepatopáncreas, se pesó y se colocó en un tubo con 10 ml de solución salina estéril o agua esterilizada; posteriormente se marcó y se extrajo 1 ml para transferirlo a un tubo con 9 ml de solución salina estéril. Se homogenizaron bien los inóculos y se procedió a sembrar ambas muestras en diferentes platos petri. Se colocaron 100 µl de cada muestra en agar. Ambas placas se incubaron a 30°C durante un periodo de 18 a 24 horas y pasado el tiempo de incubación se procedió a realizar el conteo de colonias para establecer las Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/gr).

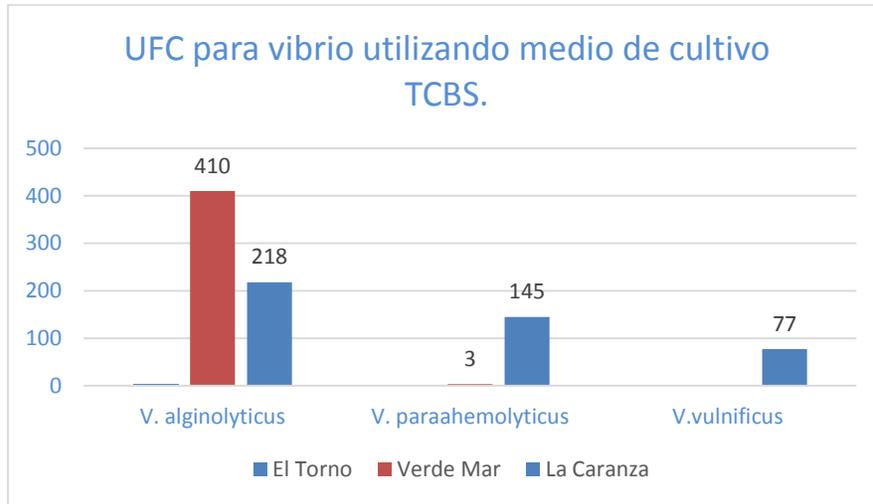
A continuación se detallan los resultados obtenidos como productos de los análisis realizados a las muestras de agua y camarón realizadas durante un ciclo de cultivo en cooperativas del sector El Zompopero.



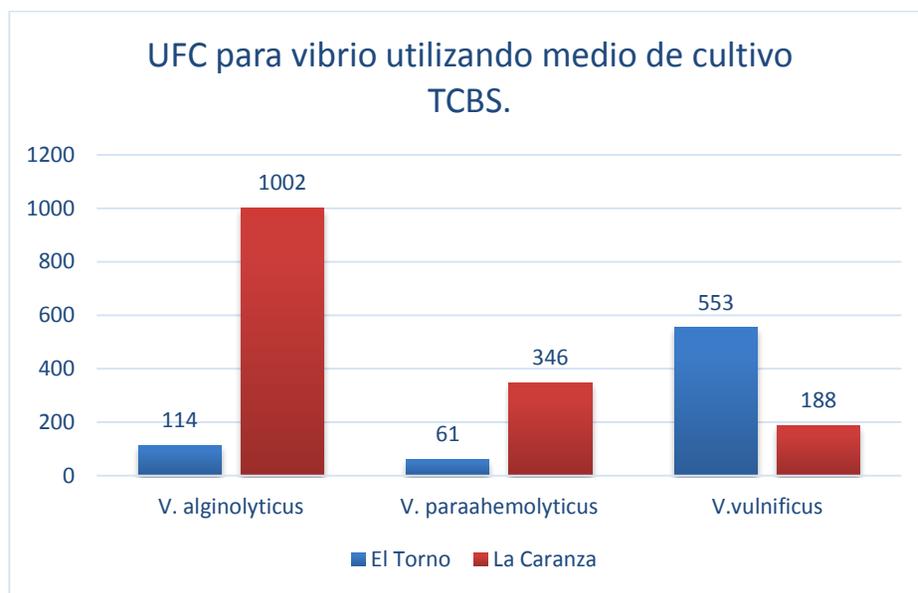
Unidad formadoras de colonias en análisis de agua empleado para cultivo de camarón en cultivo, octubre 2014.



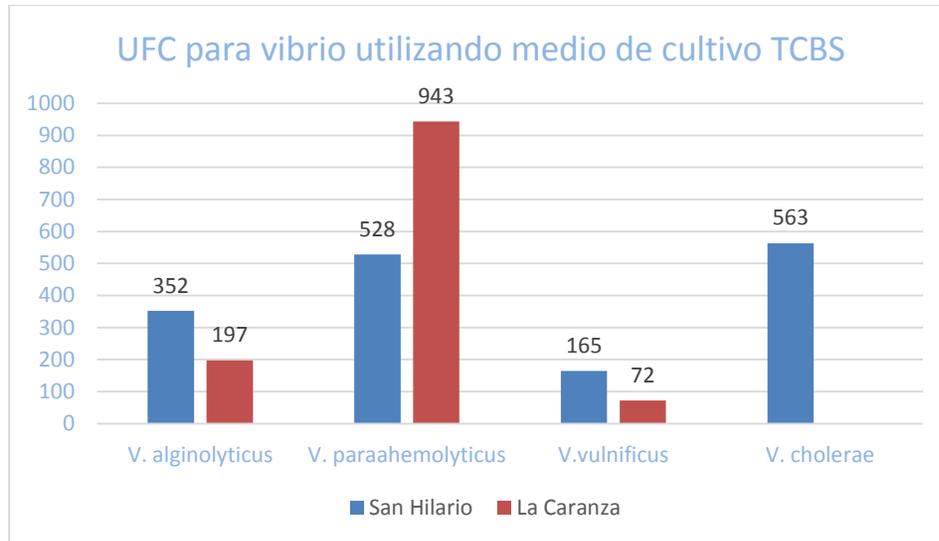
Unidad formadora de colonias en análisis realizado a muestras de camarón en cultivo, octubre 2014.



Unidad formadoras de colonias en análisis de agua empleado para cultivo de camarón en cultivo, noviembre 2014.



Unidad formadora de colonias en análisis realizado a muestras de camarón en cultivo, noviembre 2014.

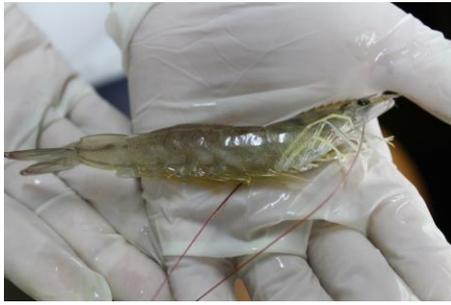


Unidad formadora de colonias en análisis realizado a muestras de camarón en cultivo, noviembre 2014.

PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE CAMARÓN (HISTOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA)

Desarrollo de las competencias de los estudiantes.

Otro elemento importante en la implementación del proyecto de investigación, fue el desarrollo de las competencias de los estudiantes, los cuales se incorporaron en las diferentes actividades



a)



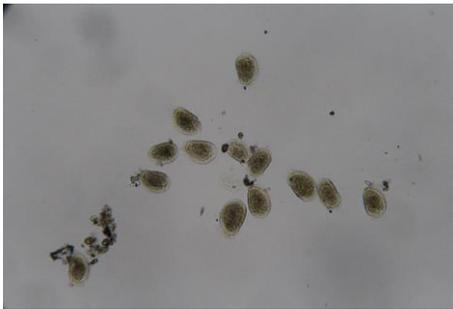
b)



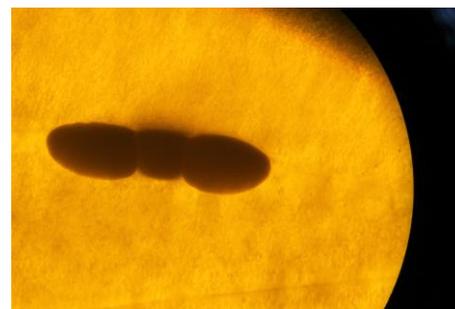
c)



d)



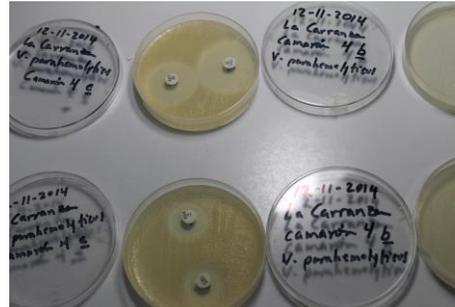
e)



f)



g)



h)

Muestra las diferentes actividades desarrolladas durante el proyecto de investigación; **a)** ejemplar de camaron utilizado para el analisis, **b)** extracción de hemolinfa para el analisis, **c y d)** platos petris con unidades formadoras de colonias, **e y f)** parasitos encontrados en los intestinos del camaron, **g y h)** desarrollo de antibiograma para evaluar resistencia de los *Vibrios* al uso de los antibioticos.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Estudiantes desarrollando actividades durante la implementación del proyecto, a y b) jóvenes tomando muestras de camarones para el desarrollo de análisis, c) docente observando muestra en microscopio, d) jóvenes calibrando equipo para la toma de muestras, e) preparando muestra de camarones de un estanque de cultivo y f) medición de transparencia del agua en un estanque de cultivo de camarón.

7 CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto de investigación titulado “Diagnóstico de la calidad microbiológica del agua durante un ciclo de cultivo de camarón marino del grupo de cooperativas del sector El Zompopero, Bahía de Jiquilisco, Usulután”, se concluye lo siguiente:

- Una de las limitantes en la infraestructura para la producción acuícola de las cooperativas, es la profundidad en los estanques, lo cual contribuye al incremento de la temperatura del agua facilitando la proliferación de bacterias.
- De parte de las cooperativas se debe contar con un plan para el monitoreo de la calidad del agua, de tal manera que permita reducir la mortalidad de los organismos en cultivos.
- Como parte fundamental del proceso de producción de camarón, se debe emplear tratamiento al agua y cultivo durante el proceso de producción, sin descuidar el medio ambiente tomando en cuenta la importancia del ecosistema donde están ubicadas las áreas de producción.
- De acuerdo a la investigación se identificó la presencia de la bacteria del genero *Vibrio*, en el 90 % de los análisis realizados durante el periodo de investigación; además se clasificaron en diferentes especies.
- En el caso del *Vibrio parahaemolyticus*, en Asia es la principal causa de infecciones intestinales transmitidas por alimentos, casi siempre asociada con el consumo de pescado o mariscos crudos. Esta causa gastroenteritis con náuseas, vómitos, calambres intestinales, fiebre baja y enfriamiento. La diarrea es generalmente acuosa, pero puede ser en raras ocasiones sanguinolenta. Las muertes son extremadamente raras pero pueden ocurrir en casos de deshidratación severa. Generalmente la rehidratación es el único tratamiento necesario, pero en casos severos el paciente requiere hospitalización. La terapia antimicrobiana podría ser beneficiosa.
- De acuerdo a los resultados encontrados en el proyecto de investigación y a la revisión bibliográfica se determinó que los *Vibrios* son residentes acuáticos y su distribución en el ambiente es dependiente de la temperatura, concentración de sodio y nutrientes en la columna de agua, además de la presencia de variadas especies animales vertebrados e invertebrados que habitan en el ecosistema. En climas de temperatura media, el

aumento mayor de Vibrio se produce en los meses calurosos del año.

- En nuestro país no existen reporte médicos que permita evidenciar que debido a la ingesta de mariscos crudos o mal cocidos, se halla desarrollado intoxicación con alimento mariscos que contengan la bacteria del genero Vibrio. También se puede transmitir por la contaminación cruzada por la manipulación de mariscos u otros alimentos crudos o enjuagar éstos con agua contaminada. Existe mayor probabilidad de adquirir la infección en los meses más cálidos del año. El transporte o almacenamiento de productos del mar sin las condiciones adecuadas de refrigeración favorecen su proliferación y la posibilidad de infectar. Además, es baja la probabilidad de que se produzca infección por la exposición de heridas o mucosas al agua de mar contaminada (cuando ésta es tibia), tampoco se transmite de persona a persona.
- Como producto de los resultados del proyecto de investigación se elaboró el PROTOCOLO PARA EL USO Y APLICACIÓN RACIONAL DE PRODUCTOS QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y ANTIBIÓTICOS EN LA PRODUCCIÓN DE CAMARÓN MARINO EN EL SALVADOR. El cual se ha diseñado en base a los análisis desarrollados en el laboratorio del campo experimental. Es importante mencionar que dicho protocolo es un elemento fundamental y que servirá para que las cooperativas a las cuales se les está apoyando con asistencia técnica, reduzcan la mortalidad del cultivo de camarón durante los ciclos recién pasados.
- Durante el desarrollo del proyecto de investigación participaron 16 estudiantes del Técnico Superior en Acuicultura, los cuales realizó transferencia tecnológica y desarrollo de las competencias.
- Con la implementación del proyecto permitió además la utilización del Laboratorio Marino Costero ubicado en san Hilario.

8 RECOMENDACIONES

Al finalizar el proyecto de investigación y el análisis de los resultados durante un ciclo de cultivo de camarón marino, se concluye lo siguiente:

- Considerando los efectos del cambio climático, es importante que de parte de las cooperativas implementen un plan para el monitoreo de la calidad del agua utilizada

durante el cultivo, además del monitoreo del camarón desde que viene del laboratorio hasta la cosecha del producto.

- Para evitar los cambios bruscos en las temperaturas del agua de los estanques y de esa manera reducir la mortalidad o proliferación de bacterias perjudiciales durante el cultivo, es necesarios que estos se profundicen por lo menos a una temperatura promedio de 1.5 m.
- Para evitar el uso indiscriminado de antibiótico para el tratamiento de enfermedades en la producción de camarón marino, es importante evaluar el uso y su efectividad, con el objeto de no afectar a las poblaciones de organismos en los ecosistemas marinos de la zona.
- Evaluar la efectividad del uso de probióticos y prebióticos en el cultivo de camarón para reducir la incidencia de enfermedades.
- Adoptar medidas de bioseguridad en las instalaciones y puntos de acceso a las fincas acuícolas durante los ciclos de cultivos, para evitar que vectores trasladen las enfermedades de una granja a otra.
- Que los productores garanticen la calidad de la larva, para evitar mortalidad en la producción durante los ciclos de cultivo.

9 GLOSARIO

Artemia: Es un género de crustáceos branquiopodos del orden Anostraca conocidos vulgarmente como artemias. Habitan en aguas salobres y que llevan en la tierra desde antes de la época de los dinosaurios.

Larva: son las etapas juveniles de los organismos en los cuales sufre su mayor número de metamorfosis.

Post larva: Etapa del camarón lista para sembrarse en los estanques donde se realizará el cultivo.

Liofilización: Proceso utilizado para la eliminación del agua mediante desecación al vacío y a muy bajas temperaturas

Estudio de mercado: consiste en una iniciativa empresarial con el fin de hacerse una idea sobre la viabilidad comercial de una actividad económica.

Cosecha: Se refiere a la recolección de los productos de una actividad productiva en cualquier época del año.

Encalado: Es la aplicación de cal como tratamiento del fondo de los estanques después del desarrollo de la cosecha. Tradicionalmente, el proceso consiste en dispersar cal en los estanques y se deja secando en un periodo hasta de 20 días.

Enfermedad: Es un proceso y el *estatus* consecuente de afección de un ser vivo, caracterizado por una alteración de su estado ontológico de salud.. El estado o proceso de enfermedad puede ser provocado por diversos factores, tanto intrínsecos como extrínsecos al organismo enfermo.

Tratamiento: Es el conjunto de medios de cualquier clase cuya finalidad es la curación o el alivio de las enfermedades o síntomas.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atlas, M. y Batha, R. 2002. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. Pearson Educación. S.A., Madrid, España. 696 pp.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Waters Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation). 1996. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 16ª Edición. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. Págs. 9 – 90.
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S., y Gómez, A. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Nova - publicación científica issn: 1794-2470 vol.3 no. 4 julio - diciembre de 2005:1-116
- Barrera, G. y Namihira, P. 2004. Contaminación microbiológica en la zona costera de Akumal, Quintana Roo, México. *Hidrobiologica* 14 (1): 27-35.
- Becerra – Tapia, N. y A. V. Botello. 1995. Bacterias coliformes totales, fecales y patógenas en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. *Hidrobiologica* 5 (1-2): 87-94.
- Borchardt M., Stemper M. y Standridge J. 2003: *Aeromonas* isolates from human diarrheic stool and groundwater compared by pulsed-field gel electrophoresis. *Emerging Infectious Diseases*, 9:224–228.
- Bridson, E. 1993. The oxoid vade mecum of microbiology. Unipath Ltd. Basingstoke, UK. 222 pp.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). 2000. Historia y aplicación de normas microbiológicas de calidad de agua en el medio marino. Organización Mundial de la Salud (OMS). 25 pp.
- Cole, G. 1988. Manual de Limnología. Editorial Hemisferio Sur, S.A. Argentina. 405 pp.
- Contreras, F. 1994. Manual de Técnicas Hidro-Biológicas. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México. 141 pp.

- Cortés-Lara, M. 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Rev Biomed* 2003; 14:121-123.
- Cuellar, T. y Mariona, G. 2007. Abundancia y distribución de dinoflagelados (DINOPHYCEAE - DESMOPHYCEAE) y diatomeas (BACILLARIOPHYCEAE) con énfasis en las especies nocivas en tres sitios de la zona costera de El Salvador. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador. 146 pp.
- Delgado, Y., Miraveth, M., y Núñez, R. 2008. Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de Ciudad de la Habana, Cuba. *Hig. Sanid. Ambient.* 8: 387-391.
- Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTIC). 2007. VI censo de población y V de vivienda 2007. Ministerio de Economía, Gobierno de El Salvador. 659 pp.
- Doria, C., Daza, A., Deluque, H., López, A., y Serna, J. 2009. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del Complejo Carbonífero Cerrejón, La Guajira-Colombia. 7 pp.
- Espinosa, R. (1996). Variación de detergentes en la planta de tratamiento del arroyo El Gallo y su aporte a la zona costera. Tesis de licenciatura. UABC-FCM. 58pp.
- Figueras, M., Borrego, J., Pike, E., Robertson, R., y Ashbolt, N. (2000). Sanitary Inspection and Microbiological water Quality. *Monitoring Bathings Waters: A practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes.* Eds. WHO. 114-167pp.
- Figueroa, B. 2007. Contaminación de origen fecal en el corredor costero Barra de Tonameca-bahía de Puerto Ángel-La Mina, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 2007, XI (33): 15-28.
- Fiksdal, L., Pommeuy, M., Caprais, M., y Midttun, M. 1994. Monitoring of fecal pollution in coastal waters by use of rapid enzymatic techniques. *Appl. Environ. Microbiol.* 60(5): 1581-1584

- Gallardo, C. 2009. Determinación de la calidad del agua que abastece a cuatro comunidades del cantón El Almendro del municipio de Jucuaran, Usulután. Tesis para optar al grado de Master en Ciencias en Agricultura Sostenible. Universidad de El Salvador. 118 pp.
- García, V., Acuña, J., Vargas, J., y Garcia, J. 2006. Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. Vol. 54 (Supl. 1): 35-48.
- Geldreich, E. 1970. Applying bacteriological parameters to recreational water quality. J. Am. Water work. Assoc. 62: 113 – 120.
- Gierloff–Emden, H. 1976. La costa de El Salvador: Monografía Morfológica - Oceanográfica. Ministerio de Educación. El Salvador. 37-49 pp.
- Gonzalez, L. 2003. Contaminación microbiológica en la zona costera adyacente a la descarga El Naranja/El Gallo en Bahía Todos Santos, B.C. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Oceanología. Universidad de Ensenada Baja California. 66 pp.
- González, M., Soria, S., Díez, A., Tejedor, M., y Lupiola, P. 2004. Calidad microbiológica de aguas costeras en climas tropicales. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, año 3, Nº 4.
- Gonzalez, M. y Leiva, V. 1996. Identificación de especies del genero *vibrio* aisladas de aguas costeras. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Cuba.
- Guzmán-Colón, B. y Norat-Ramírez. J. 1996. Calidad microbiológica de las aguas superficiales en las bahías de Mayagüez y Añasco, Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN) Pablo Arnoldo Guzman. 1986. Diccionario Geográfico de El Salvador. Tomo II. San Salvador. 1457 pp.
- Jawetz. 1996. Microbiología Médica. 15ª edición. México D.F. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. Págs. 250 – 251.
- Kushner, D. J. 1980. Extreme environments. En D.C. Ellwood, M. J. Latham, J. N. Hedger,

- y J. M. Lynch (eds.). Contemporary Microbial Ecology. Academic Press, Londres, pp 29 – 54.
- Madigan, M., Martinko, J. y Parker, J. 2004. Biología de los Microorganismos. Décima edición. Pearson Educación, S.A. Madrid. 1011 pp.
- Manual Oxoid. 1995. UNIPATH limited, wade road, basingstoke, Hampshire, England. 394 pp.
- Ministerio de Turismo y Corsatur (MITUR). 2008. Informe Estadístico de Turismo 2008. Gobierno de El Salvador. 61 pp.
- Miravet, M.E., Enríquez, D., Lugioyo, G. M., Delgado., Núñez, R., Cabrera, H., Martí, J., y Miravet, M.E. 2003. Primeros registros de bacterias marinas heterótrofas y hongos aislados de los arrecifes que bordean la plataforma SW de Cuba. Serie Oceanológica. No. 1, 2003.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). Agosto, 1998. Manual de certificación de Microbiología. División de contaminantes microbiológicos.
- Palacios, C. y Burgos, L. 2009. Estudio comparativo de la calidad del agua en el área marino costera de Bahía Academia, Caleta Aeolian y Puerto Villamil - islas Galápagos - junio-julio 2007. ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO. VOL. 15, Nº 1.
- Palmer, S. 2007. Análisis Histórico (1997 – 2005) de la calidad de las aguas costeras de la Isla de San Andrés. Tesis para optar al grado de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. 93 pp.
- Pucci, G., Acuña, A., Llanez, M., Tiedemann, M, y Pucci, O. 2009. Identificación de bacterias marinas cultivables de la ciudad costera Comodoro Rivadavia, Argentina. Revista de Biología Marina y Oceanografía 44(1): 49-58.
- Quesada-Alpízar, M y Cortés, J. 2006. Los ecosistemas marinos del Pacífico sur de Costa Rica: estado del conocimiento y perspectivas de manejo. Rev. Biol. Trop. Vol. 54 (Supl. 1): 101-145.
- Ramos, R., Sepúlveda, R, y Villalobos, F. 2003. El agua en el medio ambiente, muestreo y análisis. Plaza y Valdés, S.A de C.V. México. 210 pp.

- Ramos-Ortega, L., Vidal, L., Vilardy, S., y Díaz, L. 2008. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, caribe Colombiano. *Acta biol. Colomb.*, Vol. 13 No. 3, 2008 87 – 98.
- Rangel-Ortiz, L., Acosta, G., Casimiro, M., Santamaría, M., Ramírez, S., y Cardona, M. 2007. Análisis y caracterización de bacterias heterótrofas aisladas a partir de muestras de agua de uno de los canales de Xochimilco. Laboratorio de Ecología Microbiana, Departamento el Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco. México.
- Rheinheimer, G. 1987. Microbiología de las aguas. Cuarta edición, Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 299 pp.
- Rodríguez, A. y Valencia, T. 2000. Estudio de la calidad de las aguas costeras insulares en la provincia de las Galápagos, 1999. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador, 10 (1).
- Romero, J. 1999. Calidad del agua. México D.F. Alfa Omega, S.A. Págs. 154 – 156.
- Ruiz, A. 2002. Calidad de las aguas servidas del sistema de descontaminación en la finca Pecuaria Integrada de La Universidad EARTH. Tesis para optar al título de Ingeniera Agrónoma con el grado de Licenciatura. Universidad EARTH, Costa Rica. 49 pp.
- Secretaria de Salud, Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios. 2004. Lineamientos para determinar la calidad de agua de mar para uso recreativo con contacto primario. México. 15 pp.
- Seoáñez-Calvo, M. 2000. Manual de contaminación marina y restauración del litoral. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. 565 pp.
- Silva, L., Gutiérrez, C., Galeana, L., y López, A. 2007. El impacto de la actividad turística en la calidad bacteriológica del agua de mar. Instituto Nacional de Ecología, México. *Gaceta Ecológica* 82 (2007): 69-76.
- Soffmann, C. 1987. Estudio de la contaminación de las playas del termino municipal de Alicante. Dispersión de contaminantes desde el emisario de La Albufereta. Universidad de Alicante. España. 106 pp. Vergaray, G., Méndez, C., Morante, H.,

Heredia, V., y Béjar, VI. 2007. Enterococcus y Escherichia coli como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 10, Nº 20, 82-86.

World Health Organization, (WHO). (2003). *Guidelines for safe recreational water environments*. Volume 1: Coastal and Fresh Waters.

Urs Holdings, Inc. 2005. Elaboración de tres anteproyectos: normas de calidad de aguas marinas y costeras, normas para el control de olores molestos y normas de calidad de aire, Documento final científico y técnico – normas de calidad de aguas marinas y costeras. Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá. 120 pp.

11 ANEXOS

11.1 HOJA DE REGISTRO EMPLEADA PARA LA LECTURA DE LAS PLACAS.



Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE
Escuela de Ciencias del Mar
Laboratorio de Investigación San Hilario
REPORTE LECTURA DE PLACAS DE AGAR TCBS

Cooperativa: El Torno Fecha: 02/10/14
 Hora Inicio: 9:30 Am Hora Fin: 10:00

N°	Estanque	Tipo de muestra	Resultados		
			Color de Colonia	UFC	Bacteria
	El Torno (con sintoma)	HP	Verdes (3mm)	12.	V. Parahemo
			Amarillas de (3-5 mm)	20	V. Alginolyticus.
		HE	0	0	—
			0	0	—
	El Torno (con sintoma)		0	0	—
		HP	0	0	—
			0	0	—
		HE	0	0	—

NOMENCLATURA

1	Hepatopancreas	PH
2	Hemolinfa	HE
3	Muestra	Mx
4	Número	N°
5	prueba	Prb.


 F. Responsables

11.2 ANEXO 1. HOJA EMPLEADA PARA LA SOCIALIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS CON LAS PERSONAS DE LAS COOPERATIVAS.



Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE MEGATEC- La Unión
Escuela: Ciencias del Mar
Laboratorio de Investigación San Hilario
REGISTRO DE VISITA

Visita N°: _____ Fecha: 30 / 10 / 2014 Hora: _____
 Nombre del Sitio de Visita: Laboratorio
 Nombre del Beneficiario: Cooperativa Verde Mar.
 Departamento: Usulután Municipio: Jiquilisco Cantón: Tierra Blanca.
 Caserio: San Hilario Otros: _____
 Altura(msnm): _____ Longitud: _____ Latitud: _____

ACTIVIDAD REALIZADA

Toma de Muestras en Campo	<input type="checkbox"/>	Participación en reuniones	<input type="checkbox"/>
Recepción de Muestras en Laboratorio	<input type="checkbox"/>	Participación en Ferias y Exposiciones	<input type="checkbox"/>
Monitoreos en Campo	<input type="checkbox"/>	Atención de Casos Clínicos	<input type="checkbox"/>
Atención de Productores en Laboratorio	<input type="checkbox"/>	Visitas Institucionales	<input type="checkbox"/>
Entrega de Resultados	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros (Especificar): _____	<input type="checkbox"/>

Descripción General de la Actividad: -análisis de sedimento de compuerta de entrada: presencia moderada de vibrio alginolyticus y parahemolyticus en muestra de 10⁻³, en muestra de de 10⁻⁴ no se reporto bacterias.
análisis de sedimento de compuerta de salida:
 Recomendaciones: presencia de moderada a alta de Vibrio parahemolyticus y alginolyticus.

Encargado o Productor: _____ Firma: _____
 Encargado o Productor: Inmer Leonel Hernández Firma: [Firma]
 Técnico del Laboratorio: _____ Firma: _____
 Técnico del Laboratorio: L.C. Claudia Orellana Firma: [Firma]

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE MEGATEC- La Unión



www.itca.edu.sv



UN FUTURO LLENO DE OPORTUNIDADES

Escuela Especializada
en Ingeniería

ITCA  **FEPADE**

SANTA TECLÁ · ZACATECOLUCA · SAN MIGUEL · SANTA ANA · LA UNIÓN

megatec
EDUCACIÓN TÉCNICA,
TECNOLÓGICA Y SUPERIOR

MINISTERIO DE EDUCACIÓN
GOBIERNO DE
EL SALVADOR
UNÁMONOS PARA CRECER

Sede Central Santa Tecla
Km. 11 Carretera a Santa Tecla.
Tel. (503) 2132-7400
Fax. (503) 2132-7599

**Centro Regional
MEGATEC La Unión**
C. Santa María, Col. Belén, atrás del
Instituto Nacional de La Unión.
Tel. (503) 2668-4700

Centro Regional San Miguel
Km. 140, Carretera a Santa Rosa de
Lima.
Tel. (503) 2669-2292, (503) 2669-2299
Fax. (503) 2669-0961

**Centro Regional
MEGATEC Zacatecoluca**
Km. 64 1/2, desvío Hacienda El Nilo,
sobre autopista a Zacatecoluca y
Usulután. Tel. (503) 2334-0763, (503)
2334-0768 Fax. (503) 2334-0462

Centro Regional Santa Ana
Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia
Tel. (503) 2440-4348, (503) 2440-2007
Tel. Fax. (503) 2440-3183

**Escuela Especializada
en Ingeniería**

ITCA  **FEPADE**