



ITCA  **FEPADE**

ISBN : 978-99961-39-37-6 (Impreso)
ISBN 978-99961-39-51-2 (E-Book, pdf)



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA EN EL GOLFO DE FONSECA, LA UNIÓN, EL SALVADOR. PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

En asocio con el Centro de Educación e
Instrucción Naval de El Salvador,
CEIN - Base Naval de La Unión

DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL:
LICDA. ANGÉLICA QUINTANILLA CORENA

CARRERA TÉCNICO EN MANEJO INTEGRADO DE
RECURSO COSTERO MARINOS
ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN

ENERO 2020



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA





ITCA  **FEPADE**

ISBN : 978-99961-39-37-6 (Impreso)
ISBN 978-99961-39-51-2 (E-Book, pdf)



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD FÍSICO
QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA
EN EL GOLFO DE FONSECA, LA UNIÓN,
EL SALVADOR. PROPUESTAS PARA
EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

En asocio con el Centro de Educación e
Instrucción Naval de El Salvador,
CEIN - Base Naval de La Unión

DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL:
LICDA. ANGÉLICA QUINTANILLA CORENA

CARRERA TÉCNICO EN MANEJO INTEGRADO DE
RECURSO COSTERO MARINOS
ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN

ENERO 2020



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



Rectora

Licda. Elsa Escolar Santo Domingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

Director de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario W. Montes Arias

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo
Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada
Sra. Edith Aracely Cardoza de González

Director Centro Regional MEGATEC La Unión

Lic. Luis Ángel Ramírez Benítez

Director Centro de Educación e Instrucción Naval, CEIN

Capitán de Navío DEMN
Rigoberto Ismael Latín Morón

Jefe de Estudios del CEIN

Mario Alberto Orellana Cabrera

628.161

Q7d

slv

Quintanilla Corena, Angélica, 1980 -

Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y biológica del agua en el Golfo de Fonseca, La Unión, El Salvador. Propuestas para el desarrollo sostenible [recurso electrónico] : en asocio con el Centro de Educación e Instrucción Naval de El Salvador, CEIN, Base Naval de La Unión / Angélica Quintanilla Corena. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2020.

1 recurso electrónico (61 p. : il. col. ; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo : pdf, 3.4 mb). –
<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>
ISBN 978-99961-39-51-2 (E-Book, pdf)
ISBN 978-99961-39-37-6 (Impreso)

1. Microbiología del agua – El Salvador. 2. Calidad del agua
3. Microbiología marina. I. Título.

Autor

Licda. Angélica Quintanilla Corena

Participante en el Proyecto

Armando Navarrete Soriano
Laboratorio de Biología MEGATEC La Unión.

Investigadores Centro de Educación e Instrucción Naval, CEIN

Teniente de Corbeta y Lic. Fausto Alexander Valle Villatoro
Teniente de Fragata y Lic. Carlos Nelson Abarca Domínguez

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2020

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América
Sitio Web: www.itca.edu.sv TEL: (503)2132-7423

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA	7
2.3.	JUSTIFICACIÓN	7
3.	OBJETIVOS	9
3.1.	OBJETIVO GENERAL	9
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4.	HIPÓTESIS	9
5.	MARCO TEÓRICO	10
5.1.	CONCEPTOS GENERALES	10
5.2.	RECURSOS NATURALES Y ECOSISTEMAS	10
5.3.	PRINCIPALES SECTORES ECONÓMICOS DEL GOLFO DE FONSECA	11
5.4.	OTROS ASPECTOS QUE CONTRIBUYEN A LA CONTAMINACIÓN DEL GOLFO DE FONSECA	11
5.5.	CALIDAD BIOLÓGICA, FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA	13
5.6.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	14
6.1.	FASE DE CAMPO	14
6.2.	FASE DE LABORATORIO	16
6.3.	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	20
7.	RESULTADOS	22
7.1.	CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA DEL GOLFO DE FONSECA Y SU IMPACTO EN EL DESARROLLO ECOLÓGICO	22
7.2.	PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS	31
7.3.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS PARÁMETROS QUÍMICOS	34
7.4.	IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE GENERAN ALTERACIÓN EN LA CALIDAD FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICA DEL AGUA EN EL GOLFO DE FONSECA	39
7.5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA ENTRE LA ÉPOCA LLUVIOSA Y LA ÉPOCA SECA	40
8.	CONCLUSIONES	41
9.	RECOMENDACIONES	42
10.	GLOSARIO	43
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
12.	ANEXOS	45

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación marina se define como la introducción de sustancias ajenas al medio ambiente marino provocando la alteración de la calidad del agua, lo cual afecta las actividades productivas como la acuicultura y la pesca, el saneamiento ambiental de los ecosistemas costero-marinos, la degradación ambiental y por ende la salud humana. Existen diferentes fuentes de contaminación en el Golfo de Fonseca, ya que este es un cuerpo receptor de descargas de aguas residuales de tipo especial y de tipo ordinario, descartes de pesca, desechos sólidos y otros tipos de vertidos, descargas de ríos y otros cursos de agua.

Durante el año 2019 se ejecutó el proyecto de investigación “Diagnóstico de la calidad físico química y biológica del agua en el Golfo de Fonseca departamento de La Unión, El Salvador”, en asocio con la Escuela Militar a través del Centro de Educación e Instrucción Naval de El Salvador (CEIN), participando de forma activa docentes y estudiantes de la carrera de Técnico de Manejo Integrado de Recursos Costero Marinos con Especialidad en Acuicultura y Pesquería, de ITCA-FEPADE Centro Regional MEGATEC La Unión. Y por parte del CEIN participaron 12 estudiantes junto a 2 investigadores.

En el presente informe del referido proyecto se dan a conocer los resultados obtenidos durante el proceso de monitoreo, realizado durante doce meses de colecta y análisis de agua. Entre las bacterias reportadas se encuentra enterococcus, pseudomonas, vibrios y heterótrofas, dichas bacterias están asociadas con diferentes enfermedades para la salud humana, tal es el caso de las pseudomonas, las cuales están frecuentemente asociadas a infecciones de los tractos respiratorio y urinario.

Este estudio permitió conocer la calidad microbiológica del agua del Golfo de Fonseca, a través de un programa de monitoreo realizado durante 12 meses, en 9 puntos de muestreo distribuidos en 3 sectores (“A” estero La Manzanilla-Isla Perico, “B” Ciudad de La Unión – bocana río Goascorán y “C” estero El Tamarindo – Isla Meanguera), con el fin de obtener registros de contaminación de aguas costeras para el país y el impacto que las aguas residuales producen en el ambiente costero y la pérdida de la calidad del agua para actividades tales como la maricultura y la recreación.

Los resultados obtenidos varían de acuerdo a los sitios monitoreados, de la época muestreada tal es el caso que los valores más altos registrados para el sector del Estero El Tamarindo y ciudad de La Unión, sitios que presentaron valores más altos en cuanto a las Unidades Formadoras de Colonias de bacterias.

Los resultados obtenidos de Vibrio indican que el agua no es apta para uso en acuicultura, ni para uso recreativo, el agua se encuentra en el límite de referencia en cuanto al uso con propósito de producción acuícola y límite de referencia en cuanto al riesgo de consumo de productos pesqueros.

Los valores máximos obtenidos de los parámetros físicos, químicos y biológicos son de los puntos más cercanos a zonas urbanas, como es el caso de la ciudad de La Unión, donde se tiene evidencia de descargas de aguas de uso doméstico; así como también frente al estero El Tamarindo, además entre la isla Meanguera y Pirigallo. En ese último sitio existe una abundante población de aves marinas y todo el perímetro de la isla está cubierto por depósitos de guano. Por lo que se recomienda Iniciar procesos de diseño y ejecución de un Plan de Educación Ambiental dirigido a comunidades (asentamientos urbanos directos al Golfo de Fonseca), centros escolares, cooperativas de pescadores, empresarios que inciden en los recursos naturales de los ecosistemas costero-marinos, con el objetivo de sensibilizar y concientizar sobre la importancia de cuidar estos ecosistemas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Golfo de Fonseca constituye una ampliación del Océano Pacífico en territorio Centroamericano, colindando entre los países de El Salvador, Honduras y Nicaragua, este es un ecosistema que se caracteriza por presentar agua más salada que el Océano Pacífico durante la estación seca, y variada intensidad de oleaje, lo que crea condiciones especiales que determinan la presencia de especies adaptadas a estas condiciones ambientales, diversidad biológica o biodiversidad presente en los ecosistemas que se encuentran en el territorio de El Salvador, constituye un patrimonio nacional y mundial de innegable importancia económica, social y cultural.

Está formado por una serie de estuarios tropicales con ecosistemas interrelacionados formados por estuarios interiores, manglares, costas continentales e insulares. Los manglares ocupan 1,100 km² de extensión, representando el 22 % del área de manglares a lo largo del pacífico de América Central. Posee humedales de gran importancia, que regulan la hidrología de esa zona y acogen el hábitat para la flora y la fauna de esta área. Tiene una profundidad variable, pero se caracteriza por aguas poco profundas. En su desembocadura principal tiene profundidades de 30 m y en las Bahías las profundidades oscilan entre 0.5 m y 10 m.

Los ecosistemas costeros marinos ubicados en el Golfo de Fonseca y sus cuencas tributarias están vinculadas a consideraciones transfronterizas. Para garantizar un futuro sostenible y próspero de sus comunidades, hay que abordar temas claves para su futuro como es la preparación de la sociedad para la adaptación al cambio climático, que está íntimamente relacionado con los riesgos socio-naturales como son la explotación de los recursos naturales, la pesca a través de métodos no adecuados, la contaminación, o la deforestación, avance de la frontera agrícola y diferentes cambios de usos de suelo, etc. Los principales problemas identificados en el Golfo de Fonseca son:

- a) Asolvamiento o sedimentación de esteros y ríos, asociada a la deforestación y pérdida de la cobertura vegetal en la parte alta de la cuenca.
- b) Actividades agroindustriales a gran escala, expansión de la frontera agroindustrial, caña de azúcar, camarónicas y salineras, los cultivos de melón y sandía reemplazan a cultivos básicos tradicionales. Estos cambios en el uso del suelo generan disminución de las fuentes de agua, inseguridad alimentaria y destrucción de ecosistemas claves para la sostenibilidad de las zonas costeras del golfo.
- c) Inundaciones, están relacionadas con los periodos de lluvia de la estación húmeda y la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos como depresiones de origen climatológico.
- d) Disminución de la pesca e impactos en la acuicultura, la creciente incidencia de catástrofes naturales, inundaciones y sequías provocan cambios abruptos que afectan a la pesca y la acuicultura en su distribución y productividad, generando mayor vulnerabilidad en estos sectores y en las comunidades que dependen de ellos.
- e) Erosión y mareas costeras, genera más instrucción salina en fuentes de agua potable.
- f) Flujos de lodo y corrientadas o deslizamientos, se han observado en los alrededores del volcán de Conchagua. Las zonas de deslizamientos moderados en El Salvador suman una extensión de 948,648 Ha.

g) Impactos en el bosque salado, pérdida del bosque de manglar en la región del Golfo de Fonseca ocasionada por el aumento de actividades como la agricultura, camarónicas, salineras y uso de leña como fuente de energía. (Herrera, M.D., *et al.* 2015).

La conservación de los ecosistemas es importante para el desarrollo de la biodiversidad, tomando en cuenta que la actual situación ambiental de El Salvador es alarmante, particularmente por que el grado de deterioro de las Áreas Naturales Protegidas, ya que solo el 2% del territorio nacional conserva aún sus bosques originales y de continuar las tendencias actuales, en una o dos décadas el deterioro será irreversible y El Salvador habrá perdido el poco patrimonio natural que aún conserva.

Para el caso de los ecosistemas acuáticos el agua es el elemento fundamental por ello la calidad es un factor determinante en los procesos biológicos que ocurren en los organismos, poblaciones y hábitats existentes en las zonas costero-marinas. Por ende, la calidad del agua es clave de la salubridad y viabilidad general de las comunidades bióticas (Pomeroy et al., 2006). Por lo cual el monitoreo del agua es importante para identificar la calidad de acuerdo con las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. A través del monitoreo y evaluación, se permite analizar e interpretar el más amplio contexto del uso y actividad humana, mediante el cual se establecen líneas claves para la conservación de los recursos naturales (Aurazo, 2004).

Se han identificado diversos problemas ambientales y amenazas por la extracción de recursos forestales, la expansión agrícola, agropecuaria y habitacional, sedimentación de los canales del manglar por el suelo erosionado en las parcelas agrícolas y ganaderas aledañas; contaminación por agroquímicos, desechos sólidos y otros arrastrados por la escorrentía desde las microcuencas circundantes y toda la cuenca del río Goascorán; sobreexplotación de los recursos como conchas (en particular casco de burro) y crustáceos y, en menor medida árboles de mangle para madera y leña, ampliación de las Unidades Productivas de camarón y sal, aunado a esto la falta de un mecanismo de monitoreo para el otorgamiento de concesiones en bosques salados, entre otros.

De acuerdo a la estrategia de desarrollo integral y sostenible de la franja costero-marina, planteado en el Plan Maestro para el Desarrollo Sostenible e Inclusivo de la Región Oriental 2015-2025, tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de la población de la franja costero-marina mediante la activación y el fortalecimiento de los sistemas socio productivos de la zona y su incorporación al proceso de desarrollo nacional.

La franja costero-marina está integrada por los cinco núcleos productivos, dos de los cuales, Bahía de Jiquilisco, La Unión y el Golfo de Fonseca, están ubicados en la región oriental. Alrededor de este territorio se han definido cinco objetivos estratégicos y dos de ellos están vinculados en la sostenibilidad de estos ecosistemas:

- Lograr la sostenibilidad de los ecosistemas costero-marinos y de los medios de vida locales, promoviendo además el adecuado ordenamiento e integración territorial.
- Dinamizar, incrementar y diversificar la producción y la productividad de los territorios de la Franja en función de sus vocaciones y potencialidades.

El Golfo de Fonseca es una de las regiones de mayor diversidad de ambientes, alto valor paisajístico y una gran biodiversidad, por lo que se consideró de vital importancia la realización de un diagnóstico de la calidad físico, químico y biológico del agua, que permitiera determinar estado actual del ecosistema y

proponer medidas que contribuyan con la búsqueda de implementar acciones de conservación, de acuerdo a los resultados del Diagnóstico, cumpliendo con los objetivos y estrategias del Plan Local de Desarrollo Sostenible (PDLS) para el Área de Conservación Golfo de Fonseca, con base al plan estratégico FIAES 2015-2020.

2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

En el 2012 fue finalizado un estudio que identificó las descargas de aguas residuales en el Golfo de Fonseca y su incidencia en el ecosistema marino, a través del cual se establecieron las principales zonas de descargas de aguas residuales en El Golfo de Fonseca y su incidencia en el ecosistema marino, permitiendo además el diseño de un protocolo técnico para la intervención en la subsistencia del ecosistema marino, a raíz de los niveles de contaminantes producto de la descarga de dichas aguas en El Golfo de Fonseca.

Se cuenta con diversas investigaciones realizadas sobre la fauna, flora e importancia turística del Golfo de Fonseca, pero muy limitada sobre la calidad del agua, la cual es fundamental para el desarrollo de todas las actividades dentro del ecosistema.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Los ambientes marino-costeros incluyen diferentes tipos de hábitats, albergan una enorme riqueza de especies de flora y fauna, son parte fundamental en la regulación hidrológica y climática, y constituyen una importante fuente de carbono y oxígeno, que son elementos necesarios para la vida en la tierra.

Debido a sus características físico-naturales y las actividades humanas que en ellas influyen, estos ambientes son altamente vulnerables a los impactos adversos de los fenómenos climáticos. Estos impactos no solo se dan en la dirección que señala el ascenso acelerado del nivel del mar, sino también por los impactos sobre los recursos hídricos, las actividades agropecuarias, ecoturísticas, los asentamientos humanos, la diversidad biológica, migraciones humanas, migraciones de faunas, etc.

La cuenca del Golfo de Fonseca está ubicada en el océano Pacífico de Centroamérica. Comprende parte de los países El Salvador, Honduras, y Nicaragua. Los departamentos correspondientes son: La Unión en El Salvador, Valle y Choluteca en Honduras, y Chinandega en Nicaragua. La cuenca posee una longitud de costa de 409 Km, con una extensión acuática de 2,015 Km² y una extensión territorial aproximada de 22,000 Km². La población de El Salvador que rodean al Golfo, según los datos disponibles, son las siguientes:

Estado del ambiente; tendencia e impactos¹

Históricamente, la región se ha venido desarrollando en forma desordenada. La atención sistemática al ambiente todavía es incipiente. En los recursos se dan las siguientes apreciaciones:

- ✓ La cobertura vegetal ha disminuido considerablemente: solamente en Honduras los bosques disminuyeron 20,000 Ha desde 1986 a 1997; aumentaron las áreas de pasto y los cultivos intensivos

¹ "Situación de la cuenca del Golfo de Fonseca" Edilberto Miranda Consultor San Salvador, 2002

en 25,000 Ha; y las camaroneras y salineras aumentaron en 10,000 Ha.

- ✓ El agua es de baja calidad debido a la contaminación de diferentes fuentes, entre ellas: desechos industriales, agroquímicos, aguas negras, aguas residuales de tipo ordinario y especial, desechos sólidos, heces fecales, derrames de aceites, y erosión.
- ✓ Muchas especies de flora y fauna están amenazadas o en peligro de extinción.
- ✓ Por la situación actual de las actividades productivas, la tendencia es que las características de los recursos tiendan a desmejorar en su calidad por el efecto acumulativo de los contaminantes.

Para el futuro existen planes de desarrollo que requieren, desde ya, un enfoque de previsión de los efectos ambientales. Incluyen la construcción del puerto Cutuco, con una relativa alta capacidad, así como carreteras y maquilas en El Salvador.

Tabla 1: Población de El Salvador que rodea El Golfo de Fonseca.

Municipio - Ciudad	Población (hab.)	Superficie (km ²)	Densidad de población (hab./km ²)	Tasa Anual Natalidad %
Pasaquina	21509	295.28	73	0.59
San Alejo	22793	251.64	91	0.24
Conchagua	33332	209.09	159	2.25
La Unión (municipio)	36903	144.38	256	0.44
Isla Meanguera	3368	16.68	202	2.58
Totales	117905	917.07	143	0.69

Principales fuentes de contaminación.

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas. La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales.

Las características de las aguas residuales industriales difieren bastante dependiendo del tipo de actividad que cada industria desarrolle. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.

La agricultura, la ganadería estabulada (vacuno y porcino principalmente) y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se

eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías.

El manejo inadecuado de los desechos sólidos es uno de los problemas más graves y evidentes, ya que repercute en problemas ambientales mayores como la contaminación del suelo, la proliferación de moscas y enfermedades y la degradación de la calidad de las aguas, superficiales y subterráneas.

Lo anterior es indicador del grado de contaminación causado principalmente por las actividades industriales y desechos de las cocinas provenientes de la ciudad de La Unión. (Amaya et al., 2006).

La generación de residuos sólidos es un factor intrínseco de las actividades humanas, los asentamientos poblacionales y el consumo de bienes y servicios por parte de los habitantes y comunidades de la zona costero-marina implican por si mismos una carga para los ecosistemas costeros. El manejo adecuado de los residuos sólidos es uno de los temas más importantes en la gestión de turismo sostenible. (Plan de Gobernanza y Gestión Turística en la Franja Marino Costera de El Salvador, 2015).

Para realizar el diagnóstico de la calidad físico, químico y biológica del agua en el Golfo de Fonseca y su incidencia en los ecosistemas costeros marinos, se estableció una carta de entendimiento alianza con el Centro de Práctica del Instituto Especializado de Nivel Superior (IENS) del Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN).

Para el desarrollo del proyecto se definieron en el Golfo de Fonseca zonas estrategias para la toma de muestras, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de microbiología ubicado en las instalaciones de ITCA FEPAD Centro Regional La Unión.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico de la calidad físico química y biológica del agua en el Golfo de Fonseca Departamento de La Unión, El Salvador y su incidencia en los ecosistemas costeros marinos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer la calidad biológica del agua del Golfo de Fonseca y su impacto en el desarrollo ecológico.
2. Monitorear los parámetros físico-químicos del agua y su relación con las condiciones oceanográficas.
3. Identificar los principales factores que generan alteración en la calidad físico química y biológica del agua en el Golfo de Fonseca.
4. Realizar un análisis comparativo de la calidad del agua entre la época lluviosa y la época seca.

4. HIPÓTESIS

¿Las actividades antropogénicas desarrolladas en las zonas circundantes inciden en la calidad físico química y biológica del agua en el Golfo de Fonseca?

5. MARCO TEÓRICO

5.1. CONCEPTOS GENERALES

El Área de Conservación Golfo de Fonseca posee una superficie de 76,648 hectáreas distribuidas en la cadena volcánica, planicie costera e islas del Golfo de Fonseca. Es una de las regiones de mayor diversidad de ambientes en un pequeño territorio con alto valor paisajístico y riqueza de especies que incluyen áreas protegidas, sabanas de morrales, manglares, islas, volcán Conchagua, lagunas y esteros.

El Área de Conservación se distribuye en los departamentos de San Miguel, Morazán y La Unión, siendo este último donde se ubica la mayor superficie del área. A nivel local, son once los municipios que tienen bajo su administración política los territorios que componen el área de conservación, estos son: La Unión, Conchagua, San Alejo, Intipucá, Pasaquina, Santa Rosa de Lima, Bolívar, San José, Jocoro, Comacarán y Yucuaiquin. Por su relevancia ambiental, se han incorporado a la elaboración del plan, la laguna de Olomega y las islas del Golfo de Fonseca, sumando los municipios de El Carmen y Meanguera del Golfo.

El Golfo de Fonseca tiene una profundidad variable, pero se caracteriza por aguas poco profundas, en su desembocadura principal tienen profundidades de 30 metros (m) y en las bahías las profundidades oscilan entre 0.5 m a 10 m, la cuenca del río Goascorán es transfronteriza, el golfo es un espacio marítimo internacional con humedales compartidos y requiere de especial coordinación internacional para mantener la integridad de sus ecosistemas. (Herrera, M.D., *et al.* 2015).

5.2. RECURSOS NATURALES Y ECOSISTEMAS

El Golfo de Fonseca constituye uno de los más importantes ecosistemas tropicales en la costa Pacífico Oriental, debido al tamaño de sus estuarios y al cinturón de manglares costeros. Además de su proximidad a áreas con altas concentraciones de nutrientes, como afloramientos y montes submarinos, contribuyen a tener uno de los espacios marítimos costeros más ricos biológicamente y proporciona el hábitat de desove, cría y alimentación para una gran variedad de especies de peces y crustáceos, incluyendo las especies que tradicionalmente forman parte de la pesca artesanal en la región. (Herrera, M.D., *et al.* 2015).

La superficie del área de conservación Golfo de Fonseca es de 76,648 hectáreas (ha), con predominancia de pastos y zonas de cultivo de granos básicos (46%), Manglares (12%) y Bosque Caducifolio en asocio con granos básicos y fragmentos naturales. Entre la cobertura vegetal se encuentran bosques de pino, bosque subcaducifolio, bosque caducifolio, bosque de galería, morrales, arbustos espinosos, manglares, vegetación de ecotono, vegetación de playa y carrizales pantanosos. Este territorio reúne hábitats terrestres y costero - marinos, con alta diversidad de flora y fauna que contribuyen a mantener las poblaciones de mamíferos, aves migratorias residentes, reptiles, peces, crustáceos, moluscos y otros invertebrados de importancia biológica y económica. Plan Local de Desarrollo Sostenible (PDLS) para el Área de Conservación Golfo de Fonseca, 2016.

El Golfo de Fonseca aún conserva importantes remanentes de bosques naturales, principalmente los bosques salados que han estado sometidos a devastación para la creación de madera y leña, pero también se han eliminado para ampliar la frontera agrícola agroindustrial lo cual ha disminuido la biodiversidad de la zona.

En combinación con los efectos del cambio climático, que generan la contaminación de sus principales recursos hídricos. (Amaya *et al.*, 2006).

Los manglares en el Golfo de Fonseca contribuyen a los medios de vida y sustento de las comunidades rurales y sirven como filtros que retienen los contaminantes de la parte continental, acumulación de sedimentos y proporciona una primera línea de defensa contra la erosión costera y los efectos de las tormentas tropicales que son frecuentes en la región. La productividad de las pesquerías costeras está estrechamente ligada con la salud de los ecosistemas naturales, los cuales proporcionan hábitat y zonas de reproducción para las para especies ícticas, el ecosistema litoral sostiene la productividad pesquera. (Herrera, M.D., *et al.* 2015).

5.3. PRINCIPALES SECTORES ECONÓMICOS DEL GOLFO DE FONSECA

Los residentes locales satisfacen sus necesidades mediante los medios y servicios que proporciona el golfo, la mayoría de la población activa depende del sector primario: agricultura de subsistencia y pesca artesanal en zonas costeras.

La producción agrícola de granos básico, maíz, frijol y sorgo; la producción de sandía y hortalizas; la producción ganadera, la producción de sal, la pesca y extracción de mariscos, el comercio de productos y servicios en las cabeceras municipales y la industria turística con un gran potencial de crecimiento.

Granos básicos: en los municipios del Área de Conservación se destinaron 32,164 Manzanas para la producción de granos básicos, de las cuales 24,813 fueron destinadas a maíz, 501.27 a frijol, 7,765 a maicillo o sorgo.

Sandía y hortalizas: la producción de sandía (*Citrullus lanatus*) se concentra principalmente en los municipios de La Unión, Conchagua, San Alejo y Pasaquina, muy cerca de la línea costera. La superficie estimada para esta actividad es de 2,049 Manzanas.

Ganadería: producción comercial de leche y carne para el comercio local y para la subsistencia.

Pesca artesanal: según la Agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA, en el año 2001, la zona costera oceánica o arrecife del oriente tuvo 830 pescadores y Golfo de Fonseca 1,379 pescadores.

Extracción de mariscos: el MARN (2011) reportó 162 extractores en Bahía de La Unión, quienes realizan sus faenas de trabajo en los playones de marea y manglares. Las especies de valor comercial son las tres especies de conchas del género *Anadara*; *tuberculosa*, *similis* y *grandis*; y el punche *Ucides Occidentalis*. La captura de cangrejo apretador *Menippe frontalis*. Plan Local de Desarrollo Sostenible (PDLs) para el Área de Conservación Golfo de Fonseca, 2016.

Durante las últimas décadas se han instalado pequeñas fábricas y agroindustriales que han desarrollado actividades de producción no tradicionales como el cultivo de camarón y caña de azúcar, sistemas que deben adecuarse para un funcionamiento más sostenible. (Herrera, M.D., *et al.* 2015).

5.4. OTROS ASPECTOS QUE CONTRIBUYEN A LA CONTAMINACIÓN DEL GOLFO DE FONSECA

Existen otros problemas comunes a escala nacional como erosión de suelos, deforestación, falta de tratamiento de aguas residuales industriales de empresas entre ellas: pesqueras, procesadoras y curtiembres que descargan desechos líquidos y otros que desechan sólidos en formas inadecuadas, así como aguas domésticas, que los asentamientos humanos han generado con gran contenido de materia

orgánica y organismos patógenos (bacterias), los cuales se lanzan sin ningún tipo de tratamiento de purificación, esto disminuye o elimina el contenido de oxígeno disuelto de las aguas y las convierten en un vehículo transmisor de enfermedades, pérdida de biodiversidad, e inadecuado manejo de desechos sólidos, entre tantos más. Los contaminantes llegan por medio de los ríos o se depositan directamente en la Bahía. El Golfo de Fonseca también se ha visto afectado, y en mayor magnitud, ya que ha recibido los desechos de los tres países que lo comparten. (Amaya et al., 2006).

La Unión sufre de un grave deterioro ambiental y un desgaste severo de sus riquezas naturales, especialmente de su Bahía y Golfo de Fonseca que son principales atractivos económicos y turísticos a tal grado que se ve comprometido el futuro del departamento y de sus habitantes. Esta ciudad se está convirtiendo en un foco de inversiones industriales, comerciales y turísticas que lo transformaran, pero estos cambios estructurales traen como consecuencia la excesiva contaminación del medio ambiente, por el crecimiento poblacional y el desarrollo económico de tal manera que debe existir un equilibrio que garantice el desarrollo sostenible. (Amaya et al., 2006).

El Golfo de Fonseca; tiene en las regiones norte y oeste canales de poca profundidad; los del norte contienen agua por lo general oscura y con detritos vegetales flotantes (material orgánico en estado de descomposición) y las zonas aledañas se encuentran deforestadas, lo que permite que las lluvias y los ríos erosionen y desnuden la tierra, lo que contribuye a la turbidez del agua. Un ejemplo típico en el estero “La Manzanilla” cerca de la isla “San Juan”, en donde el manglar está degenerado, y las áreas vecinas como islas y montañas, están deforestadas. En la región sur de la bahía se encuentra ubicada la ciudad de La Unión la cual ha contado con el puerto de Cutuco y el Muelle de Transbordadores. En esta bahía desemboca el río Sirama, que cerca de la desembocadura toma el nombre de Río Amatillo. También desemboca el río Goascorán a través de tres ramales en el estero: Las Conchas, Canal el Muerto y Picadero Nuevo. (Amaya et al., 2006).

A pesar de la gran riqueza natural, el área se ubica en una región sumamente vulnerable dentro del corredor seco centroamericano. Los medios de vida, las comunidades y personas que habitan en el área de conservación dependen directamente de los recursos naturales y de las condiciones climáticas, por lo que están siendo impactadas por los cambios en el clima y la variabilidad en el tiempo atmosférico local. Uno de los impactos a los ecosistemas costeros marinos son las descargas de aguas residuales de tipo ordinario y especial, contribuye al deterioro de dichos ecosistemas y a la extinción de especies marinas, ya que provoca cambios en las propiedades físicas- químicas y biológicas del agua. Lo que conlleva a la degradación de los recursos naturales del Golfo de Fonseca, aunado a los fenómenos naturales y riesgos socio-naturales que se manifiestan en la escala comunitaria y afectan, diferenciadamente, a las poblaciones más vulnerables del territorio. Por ello la necesidad de conocer el estado sanitario del agua, a través de los respectivos análisis en diferentes puntos de muestreos. Debido a la problemática ambiental del Golfo de Fonseca y por la importancia que esta Área de Conservación representa en los aspectos económicos, sociales y ambientales, se propuso realizar un Diagnóstico de la calidad físico, químico y biológico del agua del Golfo de Fonseca. Con los resultados del Diagnóstico se tiene una base técnica científica que permitirá la realización de un seguimiento al monitoreo y al planteamiento de planes de acción a corto, mediano y largo plazo, en base a los objetos de conservación del área y a las estrategias, actividades y metas contempladas en el Plan de Desarrollo Local Sostenible (PDLS) del Área de Conservación Golfo de Fonseca.

5.5. CALIDAD BIOLÓGICA, FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA

Para la determinación de la calidad biológica del agua se establecen cuatro tipos de bacterias, heterótrofas, *Enterococcus*, *Pseudomonas* y *Vibrios*.

Bacterias 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 saprofíticas como a las patógenas. Por lo tanto, las bacterias que causan como las que no causan enfermedades son heterótrofas. (Guevara 2015).

Pseudomonas. No se desarrolla a pH de 4.5 o menor. 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. (Guevara 2015).

Ciertas especies del género *Pseudomonas* son patógenas, entre las *Pseudomonas fluorescentes* la especie *Pseudomona aeruginosa* está frecuentemente asociada a infecciones de los tractos respiratorio y urinario en humanos. En general, las *Pseudomonas* crecen favorablemente en un ambiente de compuestos mineralizados y aprovechan eficientemente los compuestos con iones de amonio y nitrato aun utilizándolos como única fuente de carbono y energía, crecen eficientemente en ambientes aeróbicos.

Vibrios. El grupo de *Vibrio* contiene organismos bacilares incurvados, Gram negativos, anaeróbicos facultativos y que poseen un metabolismo fermentativo. La mayoría de los miembros del grupo de *Vibrio* poseen flagelos polares, aunque algunos son periticos. 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. (Guevara 2015).

Enterococcus. Son cocos Gram positivos, no formadores de endosporas. Se presentan en forma de pares o de cadenas cortas. Son no motiles, con excepción de las especies *E. gallinarum* y *E. casseliflavus*. Son anaerobios facultativos, quimiorganotrofos, con metabolismo fermentativo.

Existen factores físicos de importancia para la salud de los ecosistemas costeros, uno de ellos es la turbidez y es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua, mientras más sucia parecerá que ésta, más alta será la turbidez.

La temperatura del agua influye en el crecimiento de microorganismos los cuales se clasifican según su tolerancia en psicrófilos, cuando sus temperaturas de crecimiento son bajas (<0 - <20 °C), mesófilos, moderadas (24 - < 40 °C), termófilos, altas (40 - < 80 °C), e hipertermófilos muy altas (80 – 110 °C) respectivamente.

Los parámetros químicos considerados para la investigación son: Amonio (NH₄⁺), Nitrito (NO₂⁻), Nitrato (NO₃⁻) y Fosfato (PO₄³⁻), Salinidad (los microorganismos que toleran o que necesitan altas concentraciones salinas se llaman halotolerantes y halófilos, respectivamente). A concentraciones elevadas de sal, el ambiente hipertónico deshidrata a los microorganismos no halotolerantes. 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.

Concentración del ion hidrógeno. Generalmente, 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

5.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Diagnóstico consistió en el monitoreo de la calidad físico química y biológica del agua en el Golfo de Fonseca, en 9 puntos de muestreos, ubicados entre los sectores de estero La Manzanilla e Isla Perico, ciudad de La Unión y bocana río Goascorán, Estero El Tamarindo e Isla de Meanguera.

Mediante la realización de análisis de laboratorio se determinaron la calidad biológica del agua. La investigación se realizó en forma conjunta con el CEIN, quienes apoyaron con personal y transporte acuático dentro del Golfo de Fonseca.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología implementada para la presente investigación se desarrolló en tres fases por un periodo de doce meses, contados a partir de enero a diciembre de 2019, dichas fase se describen a continuación:

6.1. FASE DE CAMPO

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

- 1) Ubicación de asentamientos urbanos en el borde costero: debido a la incidencia que pueden tener las actividades antropogénicas sobre los ecosistemas costero-marinos.
- 2) Proximidad de bocanas de ríos y esteros: por los efectos de corrientes y procesos de sedimentación que pueden incidir directamente en la contaminación del Golfo.
- 3) Zona de mayor profundidad de cañones o canales oceánicos: para tener muestras estratificadas en la columna de agua.

De los cuales tres sectores cumplieron con dichos criterios y sobre los cuales se seleccionaron los 9 puntos de muestreo, los cuales se presentan en la siguiente tabla con su respectiva georreferenciación.

Durante la fase de campo fueron realizadas colectas de muestras de agua, en los 9 puntos de muestreos, además de toma de parámetros físicos y químicos, las cuales se describen a continuación:

a) Colecta de muestras de agua

Las condiciones óptimas para la toma de muestras de agua, radicaba en embarcarse durante marea alta, esto permitía la navegación por cada uno de los puntos a muestrear y facilitar la toma de muestras, aplicando la metodología de colecta de método estratificado. El monitoreo del mes de enero se realizó en marea baja.

El trabajo de campo consistió en tomar los parámetros físicos, químicos y biológicos, mediante un muestreo estratificado, de la siguiente manera. Mediante la utilización de una botella oceanográfica se

colectaron las muestras de agua en tres estratos, fondo de la columna de agua, media y superficie, estas tres muestras se combinaron y se obtuvo una muestra compuesta, la cual se guardó en botellas plásticas, previamente esterilizada y rotulada con los datos de número y punto de muestra, fecha y hora de colecta, posteriormente se colocaron en una hielera para conservar la muestra compuesta.

b) Toma de parámetros físicos

Como anteriormente se explicó, la toma de parámetros físicos se realizó en cada uno de los estratos, muestra de fondo, media y superficie de la columna de agua, utilizando una botella oceanográfica. Se combinaron estas muestras para obtener una “mezcla compuesta”. Después de esto se tomaron los parámetros físicos siguientes:

- ✓ **Temperatura:** De cada muestra sencilla (fondo, media y superficie) y de la muestra compuesta, realizamos la toma de temperatura.
- ✓ **Turbidez:** Se realizó una sola toma en cada punto de muestreo, capturando la turbidez únicamente en la superficie de la columna de agua.

c) Toma de parámetros químicos

En campo se tomaron los parámetros químicos por cada muestra de agua compuesta, de acuerdo al siguiente detalle.

d) Prueba química del agua

Para esta prueba fue utilizado el método de análisis de rango colorimétrico, mediante el cual se utilizó un kit de Amonio (NH_4^+), Nitrito (NO_2^-), Nitrato (NO_3^-) y Fosfato (PO_4^{3-}).

- ✓ Salinidad: Se midió a través de un refractómetro.
- ✓ PH: Utilizando tiras de PH y Peachímetro.

Tabla 2. Puntos de muestreo en el Golfo de Fonseca: sectores, código y georreferencia en aguas adyacentes del Departamento de La Unión.

Sector	Código	Ubicación Georreferenciada	
		Latitud Norte	Longitud Oeste
Estero La Manzanilla - Isla Perico	1 A1	13 ° 23' 44.52"	87° 51' 52.57"
	1 A2	13 ° 23' 29.14"	87° 50' 20.54"
	1 A3	13 ° 23' 23.59"	87° 48' 53.09"
Ciudad de La Unión – bocana río Goascorán	2 B1	13 ° 20' 19.37"	87° 49' 42.77"
	2 B2	13 ° 19' 59.24"	87° 45' 46.02"
	2 B3	13 ° 18' 0.0"	87° 43' 0.0"
Estero El Tamarindo – Isla de Meanguera	3 C1	13 ° 11' 54.44"	87° 53' 22.55"
	3 C2	13 ° 11' 57.47"	87° 49' 31.26"
	3 C3	13 ° 11' 26.73"	87° 46' 42.79"

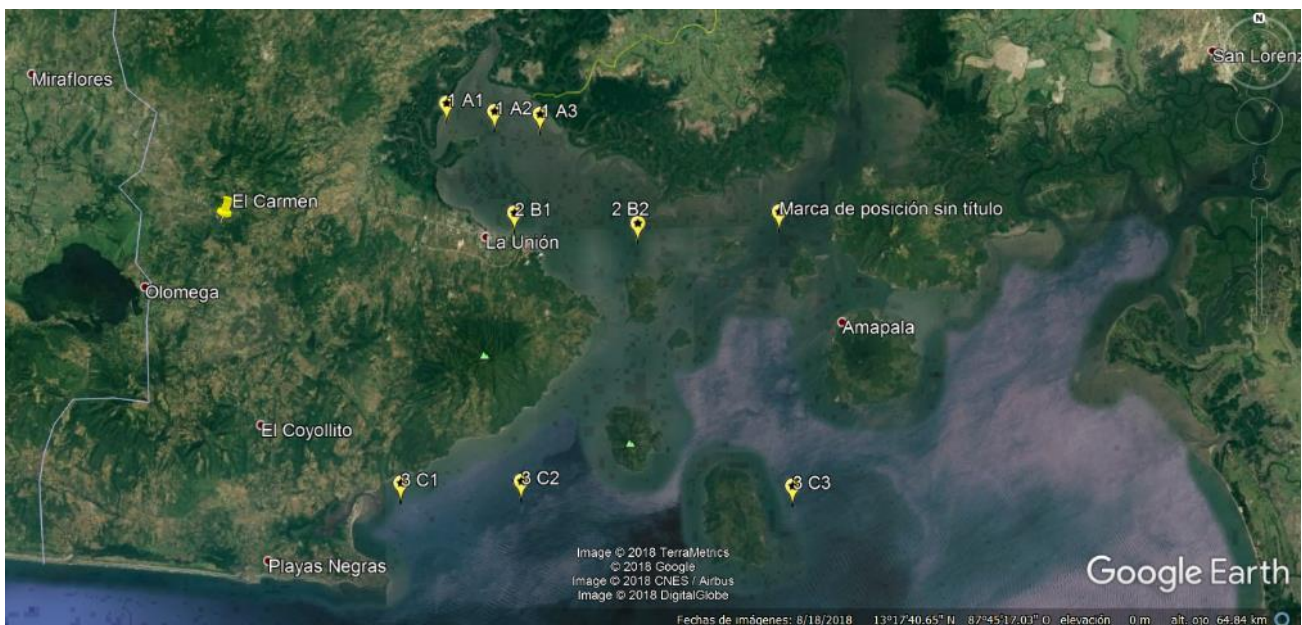


Figura 1. Puntos de muestreo para el monitoreo de calidad de agua en el Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al departamento de la Unión, El Salvador.

6.2. FASE DE LABORATORIO

Esta fase verificamos el estudio de los parámetros biológicos, que consiste en el análisis de cuatro tipos de bacterias pertenecientes a los géneros *Vibrio*, *Enterococcus*, *Pseudomonas* y *Heterótrofas*, fueron utilizadas como indicadores de la calidad de agua del Golfo de Fonseca.

6.1.1 Preparación de medios de cultivo y siembra

Para la preparación de los medios de cultivo empleado para la identificación de bacterias *Vibrio*, *Enterococcus*, *Pseudomonas* y *Heterótrofas*, se realizaron los siguientes procedimientos.

TCBS Agar (agar tiosulfato citrato bilis sacarosa) es un medio selectivo de diferenciación para el aislamiento y cultivo de *Vibrio cholerae* y otras especies *Vibrio*.

Se utilizaron 3.6 gr de sal disuelta en 180 mililitros de agua destilada, se auto clavó a 125 °C por 15 minutos, se dejó enfriar, posteriormente se agregaron 15.84 gramos de TCBS, utilizando un agitador magnético se disolvió, inmediatamente se fundió a fuego moderado por un tiempo de dos minutos, el AGAR fue colocado en placas Petri, las cuales se dejaron enfriar por 30 minutos, cada placa se rotuló con la siguiente información fecha, punto de muestreo, medio de cultivo. Y finalmente se colocaron 15 microlitros de la muestra agua utilizando el método de estriamiento.

Una vez sembrada se llevó a la incubadora a una temperatura de 48°C, por un periodo de 24 horas para su primera lectura, y la segunda lectura 48 horas después de la siembra.

La metodología empleada en la preparación de los medios de cultivo se realizó en base a FIOLOGÍA DE MICROORGANISMOS –MANUAL DE LABORATORIO// ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN.

CALDO AZIDA DEXTROSA se utiliza en la detección de bacterias *Enterococcus* en agua.

Método de tubos múltiples, 20.5 gr de sal se disolvieron en 810 ml de agua destilada, se removió con el agitador magnético hasta homogenizar por completo, posteriormente al agua salina se le agrego 28.84 gr de Caldo Azida Dextrosa, se homogenizó y se calentó en un rango de temperatura de 40°C a 50 °C, para lograr que se solubilizara, una vez enfriado el medio se colocaron 10 ml del medio en cada tubo de ensayo, totalizando 81 tubos, se auto clavaron por 15 minutos.

Posteriormente se realizó el siguiente procedimiento:

Por cada muestra se prepararon 9 tubos con las siguientes concentraciones:

- 3 tubos que contienen 0.1 ml equivalente a 100 microlitros.
- 3 tubos que contienen 0.01 ml equivalente a 10 microlitros.
- 3 tubos que contienen 0.001 ml equivalente a 1 microlitros.

Una vez sembrada se llevó a la incubadora, colocadas en gradillas que contenían 81 tubos, a una temperatura de 48°C, por un periodo de 24 horas para su primera lectura, y la segunda lectura 48 horas después de la siembra.

TSA (Trypticase Soya Agar), se utiliza en la detección de bacterias Heterótrofas.

Se utilizaron 4.5 gr de sal disuelta en 180 mililitros de agua destilada, se auto clavó a 125 °C por 15 minutos, se dejó enfriar, posteriormente se agregaron 7.2 gr de TSA, se disolvió con un agitador magnético, inmediatamente se fundió a fuego moderado por un tiempo de dos minutos, agar fue colocado en placas Petri, las cuales se dejaron enfriar por 30 minutos, cada placa se rotuló con la siguiente información fecha, punto de muestreo, medio de cultivo, finalmente se colocaron 15 microlitros de la muestra agua utilizando el método de estriamiento.

Una vez sembrada se llevó a la incubadora a una temperatura de 48°C, por un periodo de 24 horas para su primera lectura, y la segunda lectura 48 horas después de la siembra.

AGAR CETRIMIDE, es un tipo de agar utilizado para el aislamiento selectivo de bacterias *Pseudomonas*. Se utilizaron 5.4 gr de sal disuelta en 180 mililitros de agua destilada, se auto clavó a 125 °C por 15 minutos, se dejó enfriar, posteriormente se agregaron 8.15 gr de Agar Cetrímide, se disolvió con un agitador magnético, se agregó 1.8 ml de glicerina, inmediatamente se funde a fuego moderado, hasta lograr homogenizar inmediatamente se fundió a fuego moderado por un tiempo de dos minutos.

El agar fue colocado en placas Petri, las cuales se dejaron enfriar por 30 minutos, cada placa se rotuló con la siguiente información fecha, punto de muestreo, medio de cultivo, finalmente se colocaron 15 microlitros de la muestra agua utilizando el método de estriamiento.

Una vez sembrada se llevó a la incubadora a una temperatura de 48°C, por un periodo de 24 horas para su primera lectura, y la segunda lectura 48 horas después de la siembra.

6.1.2 Lectura de resultados

Para lectura de resultados de bacterias *Enterococcus spp*, se realizó por el método comparativo con la tabla de Número más Probable. (NMP), cada tubo contenía concentraciones de: 0.1, 0.01, 0.001 microlitros, los cuales se observaron si existía cambio de coloración por el crecimiento bacteriano.

Tabla 3. Datos de Número Más Probable (NMP) para 1g de muestra cuando se usan 3 tubos con porciones de 0.1; 0.01 y 0.001g.

Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos			
0.1 mL	0.01 mL	0.001 mL	NMP	0.1 mL	0.01 mL	0.001 mL	NMP	0.1 mL	0.01 mL	0.001 mL	NMP	0.1 mL	0.01 mL	0.001 mL	NMP
0	0	0	<3	1	0	0	3.6	2	0	0	9.1	3	0	0	23
0	0	1	3	1	0	1	7.2	2	0	1	14	3	0	1	39
0	0	2	6	1	0	2	11	2	0	2	20	3	0	2	64
0	0	3	9	1	0	3	15	2	0	3	26	3	0	3	95
0	1	0	3	1	1	0	7.3	2	1	0	15	3	1	0	43
0	1	1	6.1	1	1	1	11	2	1	1	20	3	1	1	75
0	1	2	9.2	1	1	2	15	2	1	2	27	3	1	2	120
0	1	3	12	1	1	3	19	2	1	3	34	3	1	3	160
0	2	0	6.2	1	2	0	11	2	2	0	21	3	2	0	93
0	2	1	9.3	1	2	1	15	2	2	1	28	3	2	1	150
0	2	2	12	1	2	2	20	2	2	2	35	3	2	2	210
0	2	3	16	1	2	3	24	2	2	3	42	3	2	3	290
0	3	0	9.4	1	3	0	16	2	3	0	29	3	3	0	240
0	3	1	13	1	3	1	20	2	3	1	36	3	3	1	460
0	3	2	16	1	3	2	24	2	3	2	44	3	3	2	1100
0	3	3	19	1	3	3	29	2	3	3	53	3	3	3	>1100

Referencia: Official Methods of Analysis of AOAC International, 18 ed. 2005. Chapter 17.3, pag. 5

De acuerdo con las Normas de calidad del agua superficial establecidas por el Departamento de Protección Ambiental de la Florida de EE. UU, el límite de referencia para uso de agua con fines de cultivo y extracción de moluscos es de 35 Numero Más Probable. (NMP).

Tabla 4. Límites de referencia para uso de agua, de acuerdo con estándares de calidad de agua.

Límite de referencia (NMP)	Referencia acerca del uso	Referencia
35	Cultivo y extracción de moluscos	U.S. Florida Department of Environmental Protections. 2016. Surface Water Quality Standards. 73 p.

Para el caso de las bacterias de los géneros Vibrios, Pseudomonas y Heterótrofas se utilizó un contador de colonia digital, se procedió al conteo de la Unidades Formadoras de Colonias.

Los cálculos se realizaron por medio de una regla de tres, obteniendo los resultados de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Calculando mediante regla de tres	(UFC/ml)	Notación Científica
$\frac{51 \text{ UFC}}{0.015 \text{ ml}} = \frac{X \text{ UFC}}{1 \text{ ml}}$	3,400	3.4×10^3 UFC/ml

No se dispone de normativa o reglamentos que establezcan los límites máximos permitidos cuando se trata de muestras de aguas superficiales y muestras de tipo ambiental, pero el valor sugerido para actividades humanas como puede ser la acuicultura es ≤ 103 UFC/ml (Cuéllar-Anjel et al. 2010, citado en OIRSA, 2014). Y se ha tomado de referencia para los resultados de los 3 géneros de bacterias.

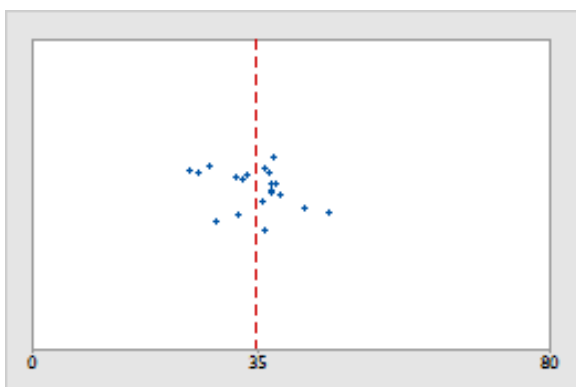
6.1.3 Análisis y procesamiento de información

En cada uno de los formularios se procesaban los datos obtenidos por género y medio de cultivo. (Los formularios que contienen los datos se presentan en los anexos.)

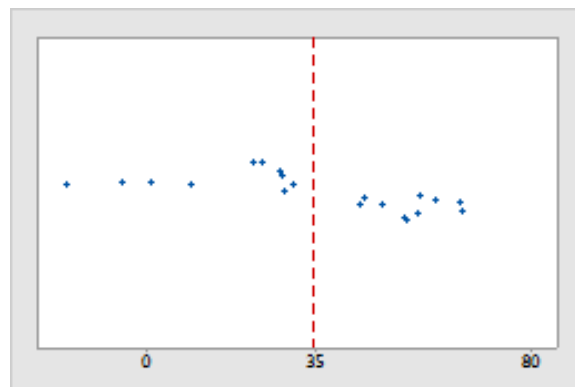
Aplicación de Desviación Estándar por resultado.

La desviación estándar es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos. El símbolo σ (sigma) se utiliza frecuentemente para representar la desviación estándar de una población, mientras que s se utiliza para representar la desviación estándar de una muestra. La variación que es aleatoria o natural de un proceso se conoce comúnmente como ruido.

La desviación estándar se puede utilizar para establecer un valor de referencia para estimar la variación general de un proceso.



Desviación estándar de un gráfico homogéneo



Desviación estándar de un gráfico disperso

La desviación estándar mide la dispersión de una distribución de datos. Entre más dispersa está una distribución de datos, más grande es su desviación estándar.

Es interesante que la desviación estándar no puede ser negativa. Una desviación estándar cercana a 000 indica que los datos tienden a estar más cerca a la media (se muestra por la línea punteada). Entre más lejos estén los datos de la media, más grande es la desviación estándar.

La desviación estándar de una población es normalmente representada por la letra griega (sigma), cuando se calcula sobre la base de toda la población; por la letra s (minúscula) cuando se infiere de una muestra; y por la letra S (mayúscula) cuando simplemente corresponde a la desviación estándar de una muestra.

La fórmula de la desviación estándar es $\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N}}$, donde $\sum x^2$ representa la suma de las diferencias al cuadrado entre cada observación y la media y N representa el número total de observaciones. La aparente complicación de la fórmula surge del hecho de que al restar la media a los valores de cada

observación individual para calcular las diferencias (\sum), los valores de las observaciones que están bajo la media producirán diferencias negativas, mientras que los valores de las observaciones que son mayores que la media proporcionarán valores positivos. Así, las diferencias positivas y negativas se compensarán entre sí y, en el caso de una distribución simétrica, producirán una suma igual a cero para la suma de las desviaciones individuales. Para evitar este problema, las desviaciones se elevan al cuadrado, de modo que todas las desviaciones sean positivas y se puedan sumar. Después, se calcula la raíz cuadrada para ‘compensar’, por decirlo así, la elevación al cuadrado anterior de los valores. Cuando no se incluye la raíz cuadrada, el resultado es otro famoso indicador de dispersión conocido como la “varianza”.

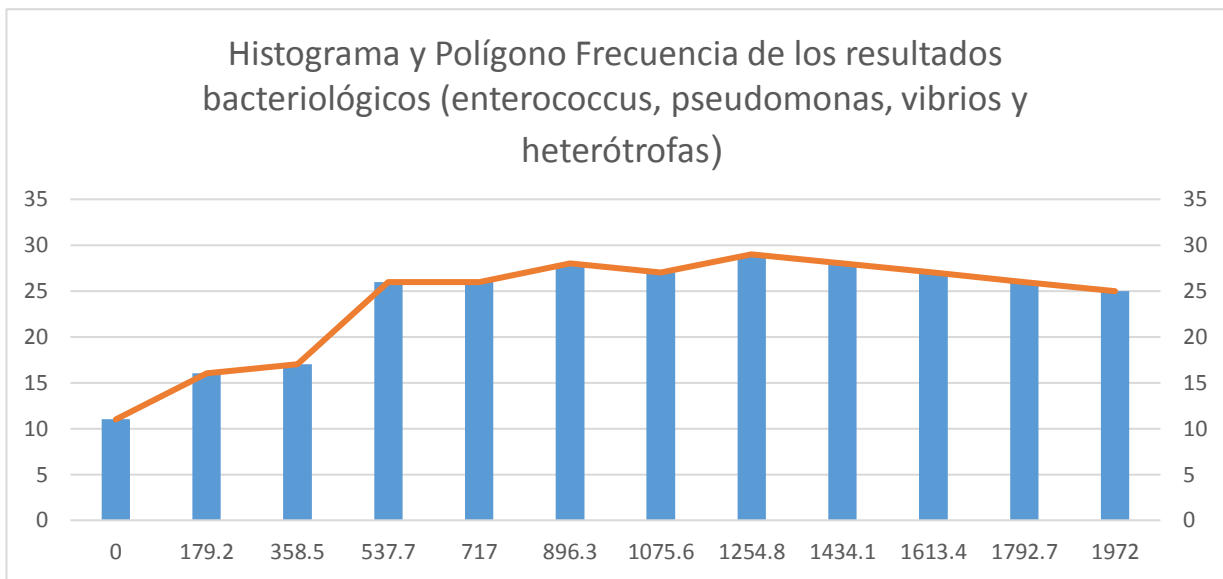
En la presente investigación se aplicó la Desviación Estándar para cada uno de los resultados obtenidos de parámetros físicos, químicos y biológicos.

6.3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Se realizó un análisis de estadística descriptiva, para describir las características y comportamientos del conjunto de datos obtenidos durante el muestreo realizado, las variables estadísticas consideradas son las Unidades Formadoras de Colonias, límites de referencia según normativa, meses monitoreados.

De acuerdo con los gráficos del histograma en función de los promedios de las cuatro bacterias (vibrios, enterococcus, pseudomonas y heterótrofas), podemos observar que durante los meses de enero y febrero los valores son bajos y a medida nos acercamos a la temporada invernal estos incrementan debido a las actividades que previamente describimos y que suman a cambiar la calidad microbiológica del agua. Y en el histograma de porcentajes acumulados observamos que efectivamente en los meses de mayor afluencia de lluvias estos valores aumentan mientras que a medida se acerca el periodo de verano estas disminuyen.

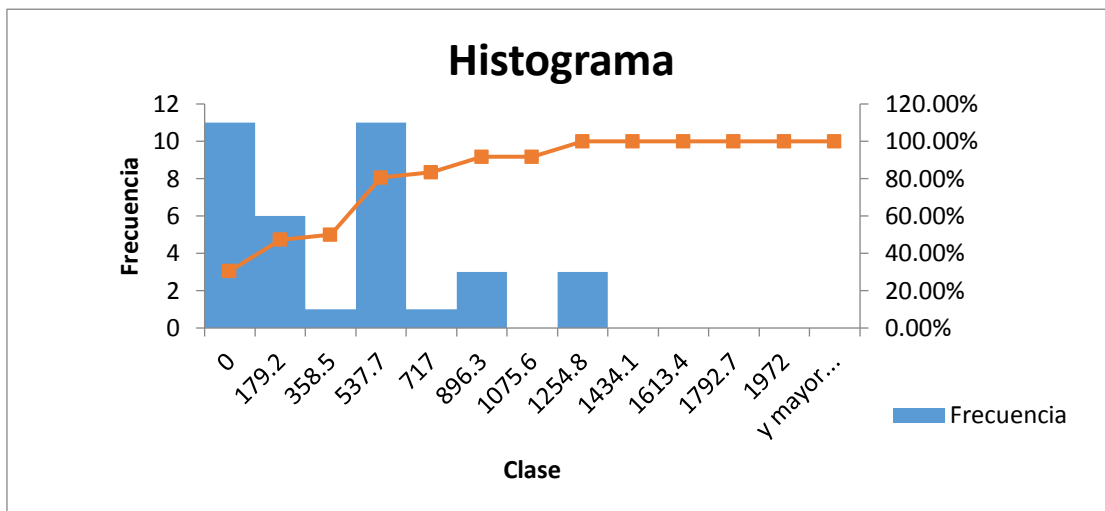
Intervalos		Grupos	Frecuencia
Li	Ls		
	0	0	11
0	179.3	179.2	16
179.3	358.6	358.5	17
358.6	537.8	537.7	26
537.8	717.1	717	26
717.1	896.4	896.3	28
896.4	1075.7	1075.6	27
1075.7	1254.9	1254.8	29
1254.9	1434.2	1434.1	28
1434.2	1613.5	1613.4	27
1613.5	1792.8	1792.7	26
1792.8	1972.0	1972	25



Histograma y polígono de frecuencia de 4 géneros de bacterias, monitoreadas durante doce meses

Se puede observar datos de crecimiento bacteriano máximas promedio, y en los cuales la menor tendencia es en el primer trimestre del año.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0	11	30.56%
179.2	6	47.22%
358.5	1	50.00%
537.7	11	80.56%
717	1	83.33%
896.3	3	91.67%
1075.6	0	91.67%
1254.8	3	100.00%
1434.1	0	100.00%
1613.4	0	100.00%
1792.7	0	100.00%
1972	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%



Análisis estadístico muestreos columna de agua Golfo de Fonseca	
Media	338.96
Error típico	57.68
Mediana	366.67
Moda	0
Desviación estándar	341.26
Varianza de la muestra	116458.0074
Curtosis	-0.0131
Coefficiente de asimetría	0.87
Rango	1100
Mínimo	0
Máximo	1100
Suma	11863.68
Cuenta	35

7. RESULTADOS

La calidad biológica del agua depende de la interrelación entre los factores físicos, químicos y biológicos (bacteriológicos), con las condiciones del medio ambiente, la contaminación del agua se genera cuando uno de estos parámetros se encuentra sensiblemente alterado.

7.1. CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA DEL GOLFO DE FONSECA Y SU IMPACTO EN EL DESARROLLO ECOLÓGICO

Para la presente investigación, se tomaron de referencia las normas de calidad del agua superficial establecidas por el Departamento de Protección Ambiental de la Florida de EE. UU, el límite de referencia para uso de agua con fines de Cultivo y extracción de moluscos es de 35 Numero Más Probable. (NMP), específicamente para las bacterias Enterococcus y para Heterótrofas, Vibrios y Pseudomonas se tomó de referencia lo establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010, el valor sugerido para actividades humanas como puede ser la acuicultura es ≤ 103 UFC/ml.

Las bacterias del género *Enterococcus*, se reportaron crecimiento bacteriano en 9 meses de los monitoreos realizados, que sobrepasan los límites de referencia establecidas en los Estándares de calidad del agua, del Departamento de Protección Ambiental de la Florida de EE. UU, el límite de referencia para uso de agua con fines de Cultivo y extracción de moluscos. En el mes de mayo no se obtuvo crecimiento bacteriano, existe la posibilidad que la transición de la época seca a la época lluvia haya incidido en los factores físicos y químicos como la temperatura y el PH, así como el tiempo para crecer y multiplicarse.

Para lo meses de noviembre y diciembre el crecimiento bacteriano fue por debajo de los estándares establecidos.

Los sectores de Ciudad de La Unión – bocana río Goascorán y estero El Tamarindo – Isla Meanguera, reportaron el mayor recuento de Unidades Formadoras de Colonias.

BACTERIAS ENTEROCOCCUS

En la tabla N° 5, se presentan los resultados obtenidos para bacterias *Enterococcus*, donde se puede observar que de enero a abril los puntos que mostraron mayor crecimiento bacteriano fueron los sectores “B” Ciudad de La Unión – bocana río Goascorán y “C” Estero El Tamarindo – Isla Meanguera, sectores que son alterados por diferentes tipos de contaminación, como es las descargas de aguas residuales de tipo especial y ordinarias, descartes de pesca, desechos sólidos entre otros, durante el mes de mayo no se obtuvieron resultado positivos, debido a la transición de época seca a lluviosa. De junio a octubre los sectores con mayor crecimiento bacteriano fueron “A” estero La Manzanilla-Isla Perico, en donde el manglar está degenerado debido a la deforestación y “C” estero El Tamarindo – Isla Meanguera. Los meses de noviembre y diciembre no se obtuvo ningún resultado, meses en los cuales se obtuvo mayor turbidez, a mayor turbidez menor calidad, en estos puntos se dan descarga de efluentes, como por ejemplo escorrentías urbanas mezclados en el agua.

Tabla 5. Resultados de laboratorio: Número más Probable por Unidades Formadoras de Colonia, de acuerdo al método de tubos múltiples, para la identificación de *Enterococcus spp*, y límite de referencia establecido en las normas de calidad del agua superficial, Departamento de Protección Ambiental de la Florida de EE. UU.

Mes	Muestra	Límite de Referencia (mg/L)	Resultado NMP-UFC/100 ml - Desviación estándar
Enero	A	35	0
	B		471.67 +/- 550.37
	C		416.67 +/- 596.52
Febrero	A	35	21.33 +/- 36.95
	B		206.67 +/- 233.52
	C		153.33 +/- 265.58
Marzo	A	35	0
	B		1100 +/- 0.00
	C		520.00 +/- 552.45
Abril	A	35	366.67 +/- 635.09
	B		543.33 +/- 482.74
	C		1100 +/- 0.00
Mayo	A	35	0

Mes	Muestra	Límite de Referencia (mg/L)	Resultado NMP-UFC/100 ml - Desviación estándar
	B		0
	C		0
Junio	A	35	484.67 +/- 544.74
	B		140.00 +/- 121.24
	C		366.67 +/- 635.09
Julio	A	35	813.33 +/- 496.52
	B		1100 +/- 0.00
	C		463.33 +/- 570.12
Agosto	A	35	484.67 +/- 544.74
	B		140.00 +/- 121.24
	C		733.33 +/- 635.09
Septiembre	A	35	484.67 +/- 544.74
	B		140.00 +/- 121.24
	C		733.33 +/- 635.09
Octubre	A	35	446.67 +/- 578.39
	B		66.67 +/- 25.11
	C		366.67 +/- 635.09
Noviembre	A	35	0
	B		0
	C		0
Diciembre	A	35	0
	B		0
	C		0

Representación gráfica y tendencia de resultados mostrados en la tabla N° 5, de acuerdo con los límites de referencia establecidos en las normas de calidad del agua superficial, Departamento de Protección Ambiental de la Florida de EE. UU, 35 Número Más Probable (NMP), para actividades de cultivo y extracción de moluscos.

Los máximos valores obtenidos son en los meses de marzo –abril (época seca) para los sectores “B” Y “C” y en la época lluviosa el mes de junio presentó los máximos valores en el sector “A” Y “C”, el mes de transición de época seca a verano no se obtuvo ningún crecimiento bacteriano, debido a la variación en las propiedades físicas y químicas del agua. El mismo comportamiento se obtuvo para noviembre y diciembre.

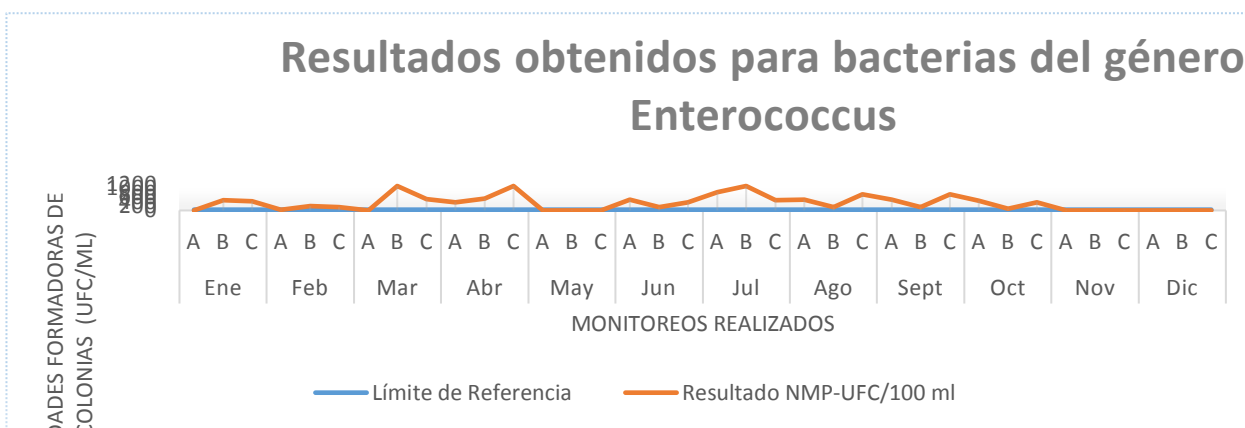


Gráfico 1: Resultados de las Unidades Formadoras de Colonias de *Enterococcus*, comparados con el límite de referencia establecido en las normas de calidad del agua superficial, Departamento de Protección Ambiental de la Florida de EE. UU.

Bacterias *Pseudomonas*

No se dispone de normativa o reglamentos que establezcan los límites máximos permitidos cuando se trata de muestras de aguas superficiales y muestras de tipo ambiental, por lo que para el análisis de *Pseudomonas*, se tomó de referencia el parámetro establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010, en el que indica que el límite permitido para actividades humanas como puede ser la acuicultura es de ≤ 103 UFC/ml, tomando como base este parámetro y de acuerdo a los resultados obtenidos durante los meses de enero, mayo y julio el sector “A”, presento mayor Unidades Formadoras de Colonias (UFC), 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.

En el mes de abril, los resultados obtenidos no sobrepasaron el límite de referencia, en febrero, marzo, junio, agosto, octubre, noviembre y diciembre no hubo crecimiento bacteriano, y se asocia a los resultados de pH ácido, el cual es limitante para el crecimiento bacteriano de *Pseudomonas*, aunado a la poca cantidad de materia orgánica durante estos meses, en general todas las *Pseudomonas* pertenecen a un grupo de bacterias llamadas “estimuladoras del crecimiento vegetal” por la virtud de producir sustancias estimuladoras del crecimiento como son las auxinas, giberelinas y citoquinas, además de aminoácidos y otros promotores específicos del crecimiento toda vez que en el medio haya suficiente cantidad de materia orgánica.

Tabla 6. Resultados de laboratorio: Unidades Formadoras de Colonia, de acuerdo siembra en placas de petri, para la identificación de *Pseudomona spp* y límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

Mes	Muestra	Límite de Referencia UFC/ml	Resultado NMP-UFC/100 ml – Desviación estándar
Enero	A	≤ 103	$0.9 \times 10^4 \pm 1.5 \times 10^4$
	B		$1.5 \times 10^5 \pm 1.6 \times 10^5$
	C		$1.3 \times 10^3 \pm 1.5 \times 10^3$
Febrero	A	≤ 103	0
	B		0
	C		0
Marzo	A	≤ 103	0

	B		0
	C		0
Abril	A	≤ 103	$1.3 \times 10^3 \pm 1.8 \times 10^3$
	B		$1.1 \times 10^3 \pm 1.2 \times 10^3$
	C		$4.4 \times 10^3 \pm 4.5 \times 10^3$
Mayo	A	≤ 103	$0.9 \times 10^4 \pm 1.5 \times 10^4$
	B		$4.6 \times 10^2 \pm 6.3 \times 10^2$
	C		$4.6 \times 10^3 \pm 4.9 \times 10^3$
Junio	A	≤ 103	0
	B		0
	C		0
Julio	A	≤ 103	$0.9 \times 10^4 \pm 1.5 \times 10^4$
	B		$6.5 \times 10^3 \pm 6.5 \times 10^3$
	C		0
Agosto	A	≤ 103	0
	B		0
	C		0
Septiembre	A	≤ 103	$2.0 \times 10^2 \pm 6.4 \times 10^2$
	B		0
	C		0
Octubre	A	≤ 103	0
	B		0
	C		0
Noviembre	A	≤ 103	0
	B		0
	C		0
Diciembre	A	≤ 103	0
	B		0
	C		0

En el gráfico N° 2, se muestra los resultados obtenidos durante los doce meses de muestreo, de acuerdo a la tendencia solo 5 meses reportan datos positivos de crecimiento de Pseudomonas, de los cuales dos meses están bajo los límites normales de referencia establecidos para actividades de acuicultura, el sector "A" estero La Manzanilla-Isla Perico, es donde hubo mayor crecimiento bacteriano, debido a los niveles de pH ligeramente alcalino. Los 7 meses restantes no hubo crecimiento de bacterias del género Pseudomonas, debidos a la poca cantidad de materia orgánica y al pH ácido, factores que inciden en el crecimiento de las UFC.

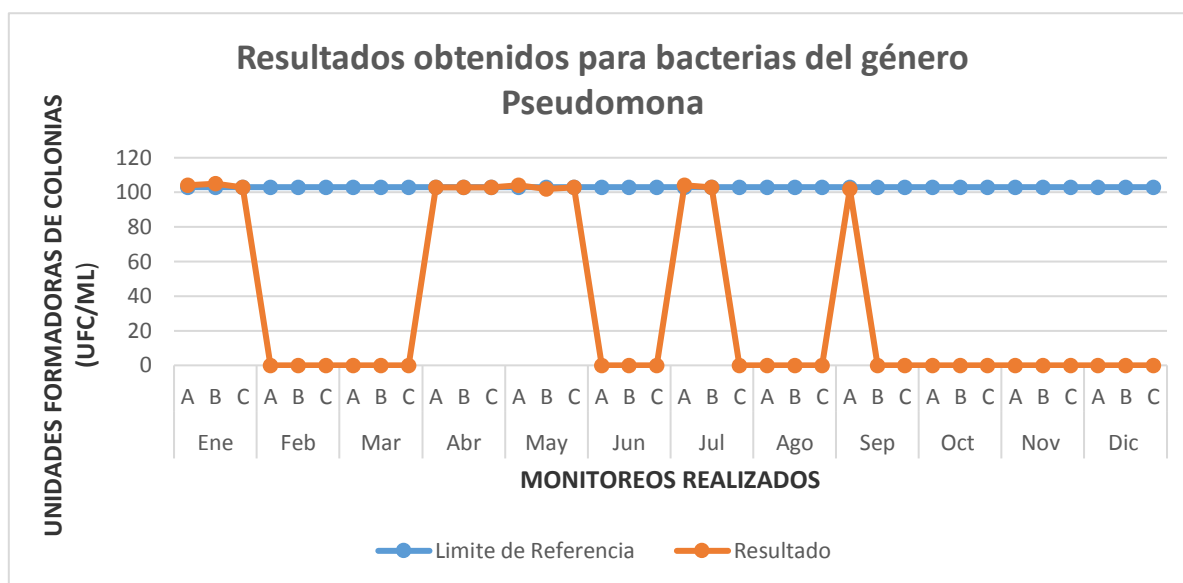


Gráfico 2: Resultados de las Unidades Formadoras de Colonias de *Pseudomonas*, comparado con el límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

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 enero, marzo, abril y julio, esto aplica para los tres sectores monitoreados. Se tomó como marco de referencia lo establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010, en el que indica que el límite permitido para actividades humanas como puede ser la acuicultura es de ≤ 103 UFC/ml, por lo que se determina que el agua es no apta para uso en acuicultura y existe riesgo al consumir producto pesquero.

Los resultados obtenidos en los meses de febrero, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre están bajo los límites de referencia y el único mes donde no se reporta crecimiento bacteriano es en agosto (ver tabla 7, gráfico 3). Las bacterias del género *Vibrio*, se aísla 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 11 meses de muestreo. El reservorio de este microorganismo lo constituyen las aguas (principalmente las saladas) y los alimentos de origen marino o contaminados con agua de mar.

Se identificaron 5 especies de bacterias, *Vibrio parahemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio harveyii* y *Vibrio cholerae* el cual es patógeno para humanos, constituyendo la causa específica de la enfermedad conocida como el cólera.

En la tabla N° 7, se presentan los resultados obtenidos para bacterias del género *Vibrio* y el límite de referencia establecido.

Tabla 7. Resultados de laboratorio: Unidades Formadoras de Colonia, de acuerdo siembra en placas de petri, para la identificación de Vibrio y límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

Mes	Muestra	Límite de Referencia	Resultado
		UFC/ml	NMP-UFC/100 ml
Enero	A	≤ 103	0
	B	≤ 103	1.1 x 10 ⁵ +/- 8.2 x 10 ⁵
	C	≤ 103	1.5 x 10 ⁴ +/- 2.7 x 10 ⁴
Febrero	A	≤ 103	2.6 x 10 ² +/- 4.0 x 10 ²
	B	≤ 103	0
	C	≤ 103	0
Marzo	A	≤ 103	4.8 x 10 ⁴ +/- 4.7 x 10 ⁴
	B	≤ 103	2.2 x 10 ⁴ +/- 3.2 x 10 ⁴
	C	≤ 103	4.7 x 10 ⁴ +/- 4.0 x 10 ⁴
Abril	A	≤ 103	4.3 x 10 ² +/- 7.5 x 10 ²
	B	≤ 103	1.8 x 10 ⁴ +/- 1.8 x 10 ⁴
	C	≤ 103	1.1 x 10 ⁴ +/- 9.5 x 10 ⁴
Mayo	A	≤ 103	4.5 x 10 ³ +/- 4.3 x 10 ³
	B	≤ 103	5.0 x 10 ³ +/- 6.9 x 10 ³
	C	≤ 103	4.6 x 10 ³ +/- 2.7 x 10 ³
Junio	A	≤ 103	4.5 x 10 ³ +/- 4.3 x 10 ³
	B	≤ 103	5.0 x 10 ³ +/- 6.9 x 10 ³
	C	≤ 103	4.6 x 10 ³ +/- 2.7 x 10 ³
Julio	A	≤ 103	2.9 x 10 ⁴ +/- 3.6 x 10 ⁴
	B	≤ 103	4.9 x 10 ⁴ +/- 4.5 x 10 ⁴
	C	≤ 103	4.5 x 10 ³ +/- 3.4 x 10 ³
Agosto	A	≤ 103	0
	B	≤ 103	0
	C	≤ 103	0
Septiembre	A	≤ 103	5.6 x 10 ³ +/- 3.3 x 10 ³
	B	≤ 103	0
	C	≤ 103	3.4 x 10 ⁴ +/- 1.6 x 10 ⁴
Octubre	A	≤ 103	1.6 x 10 ¹ +/- 2.8 x 10 ¹
	B	≤ 103	2.3 x 10 ³ +/- 3.8 x 10 ³
	C	≤ 103	0
Noviembre	A	≤ 103	3.8 x 10 ² +/- 2.7 x 10 ²
	B	≤ 103	1.1 x 10 ² +/- 2.0 x 10 ²
	C	≤ 103	1.1 x 10 ² +/- 2.0 x 10 ²
Diciembre	A	≤ 103	3.2 x 10 ³ +/- 2.3 x 10 ³
	B	≤ 103	2.5 x 10 ³ +/- 2.0 x 10 ³
	C	≤ 103	2.5 x 10 ³ +/- 4.2 x 10 ³

Representación en el gráfico N° 3 de la tendencia de los resultados del crecimiento bacteriano de Vibrios, en los cual se evidencia la tendencia en cuatro meses (enero, marzo, abril y julio), que sobrepasan los valores de referencia establecidos por Cuéllar-Anjel et al. 2010, en el mes de agosto no hubo crecimiento bacteriano y el resto de los meses monitoreados muestran una tendencia que no sobrepasa los límites de referencia. Un factor determinante para el crecimiento de estas bacterias es la temperatura.

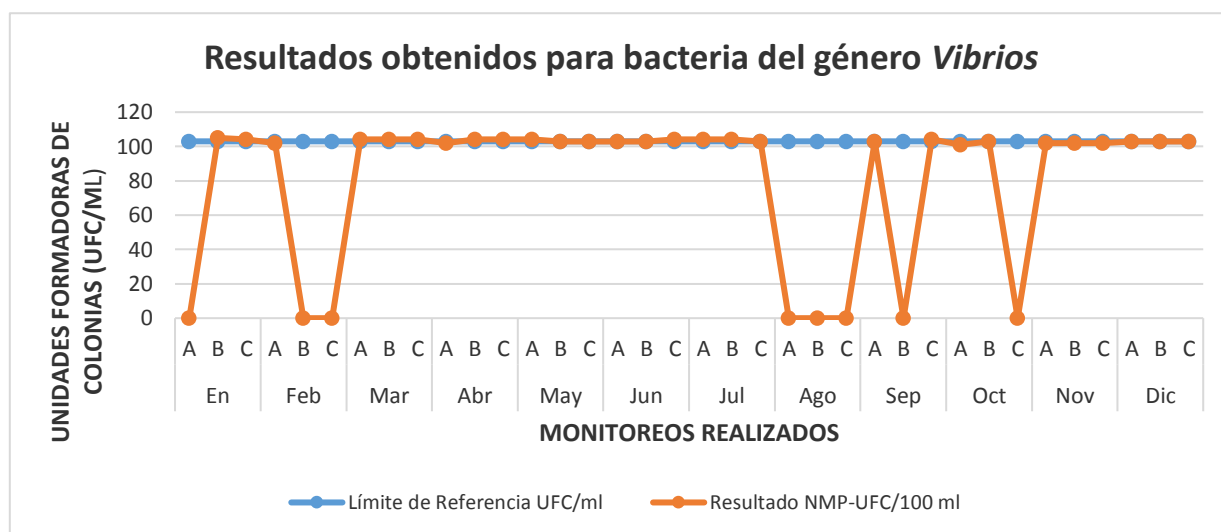


Gráfico 3: Resultados de las Unidades Formadoras de Colonias de *Vibrios*, comparado con el límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

BACTERIAS HETERÓTROFAS

Los valores máximos obtenidos del crecimiento bacteriano de bacterias heterótrofas, son de los puntos más cercanos a zonas urbanas, como es el caso de la ciudad de La Unión, donde se tiene evidencia de descargas de aguas de uso doméstico; así como frente a la playa El Tamarindo, el canal principal para la navegación de barcos (donde se hizo el dragado en el período 2005-2006) y además entre las islas Meanguera y Pirigallo. En ese último sitio existe una abundante población de aves marinas y todo el perímetro de la isla está cubierto por depósitos de guano. En los meses de noviembre y diciembre, no se obtuvieron resultados de crecimiento bacteriano.

No se dispone de normativa o reglamentos que establezcan los límites máximos permitidos cuando se trata de muestras de aguas superficiales, muestras de tipo ambiental, pero el valor sugerido para actividades humanas como puede ser la acuicultura es ≤ 103 UFC/ml (Cuéllar-Anjel et al. 2010, citado en OIRSA, 2014). En la tabla N° 8, se presentan los resultados obtenidos por mes muestreado de los tres sectores.

Tabla 8. Resultados de laboratorio: Unidades Formadoras de Colonia, de acuerdo siembra en placas de petri, para la identificación de bacterias Heterótrofas y límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

Mes	Muestra	Límite de Referencia UFC/ml	Resultado NMP-UFC/100 ml – Desviación estándar
Enero	A	≤ 103	$1.5 \times 10^4 \pm 2.6 \times 10^4$
	B	≤ 103	$3.0 \times 10^4 \pm 4.3 \times 10^4$
	C	≤ 103	$4.7 \times 10^4 \pm 1.5 \times 10^4$
Febrero	A	≤ 103	$2.7 \times 10^4 \pm 1.9 \times 10^2$
	B	≤ 103	$3.0 \times 10^4 \pm 3.1 \times 10^4$
	C	≤ 103	$2.7 \times 10^4 \pm 3.2 \times 10^4$
Marzo	A	≤ 103	$7.3 \times 10^4 \pm 1.0 \times 10^4$
	B	≤ 103	$3.0 \times 10^4 \pm 8.5 \times 10^4$
	C	≤ 103	$3.0 \times 10^4 \pm 3.4 \times 10^4$

Abril	A	≤ 103	$4.3 \times 10^2 \text{ +/- } 7.5 \times 10^2$
	B	≤ 103	$1.8 \times 10^4 \text{ +/- } 1.8 \times 10^4$
	C	≤ 103	$1.1 \times 10^4 \text{ +/- } 9.5 \times 10^4$
Mayo	A	≤ 103	$4.6 \times 10^3 \text{ +/- } 2.1 \times 10^3$
	B	≤ 103	$2.5 \times 10^4 \text{ +/- } 1.4 \times 10^4$
	C	≤ 103	$2.4 \times 10^4 \text{ +/- } 5.1 \times 10^4$
Junio	A	≤ 103	$4.6 \times 10^4 \text{ +/- } 2.1 \times 10^4$
	B	≤ 103	$2.8 \times 10^4 \text{ +/- } 1.2 \times 10^4$
	C	≤ 103	$2.7 \times 10^3 \text{ +/- } 5.8 \times 10^3$
Julio	A	≤ 103	$9.1 \times 10^4 \text{ +/- } 5.3 \times 10^4$
	B	≤ 103	$3.4 \times 10^5 \text{ +/- } 4.1 \times 10^5$
	C	≤ 103	$3.9 \times 10^5 \text{ +/- } 4.9 \times 10^5$
Agosto	A	≤ 103	0
	B	≤ 103	$1.3 \times 10^3 \text{ +/- } 1.5 \times 10^3$
	C	≤ 103	$3.6 \times 10^2 \text{ +/- } 5.5 \times 10^2$
Septiembre	A	≤ 103	$1.1 \times 10^3 \text{ +/- } 1.8 \times 10^3$
	B	≤ 103	$1.5 \times 10^3 \text{ +/- } 6.0 \times 10^3$
	C	≤ 103	$3.7 \times 10^2 \text{ +/- } 5.4 \times 10^2$
Octubre	A	≤ 103	0
	B	≤ 103	0
	C	≤ 103	0
Noviembre	A	≤ 103	0
	B	≤ 103	0
	C	≤ 103	0
Diciembre	A	≤ 103	0
	B	≤ 103	0
	C	≤ 103	0

En el gráfico 4, se presentan los resultados obtenidos para bacterias heterótrofas, la tendencia sobrepasa en 101, octubre noviembre y diciembre no hubo crecimiento bacteriano. Los valores máximos obtenidos son de los puntos más cercanos a zonas urbanas, como es el caso de la ciudad de La Unión, donde se tiene evidencia de descargas de aguas de uso doméstico; así como frente a la playa El Tamarindo, el canal principal para la navegación de barcos y además entre las islas Meanguera y Pirigallo. En ese último sitio existe una abundante población de aves marinas y todo el perímetro de la isla está cubierto por depósitos de guano.

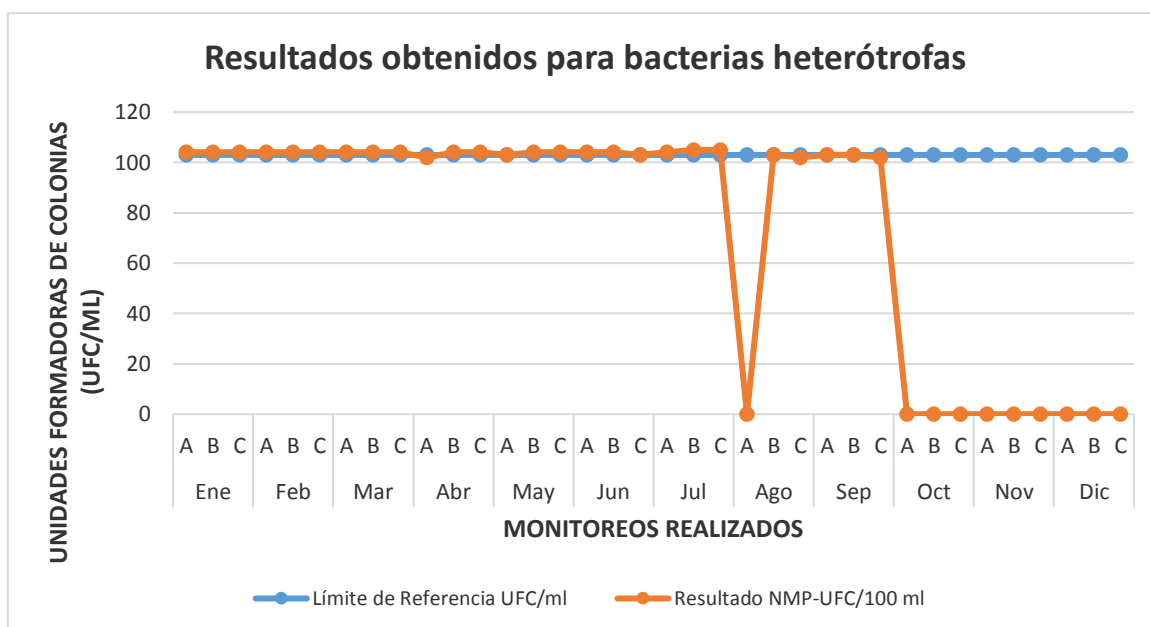


Gráfico 4: Resultados de las Unidades Formadoras de Colonias bacterias heterótrofas, comparado con el límite de referencia establecido por Cuéllar-Anjel et al. 2010.

7.2. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

Durante el año del monitoreo se analizaron los parámetros físicos en 9 puntos de muestreo y a tres niveles de profundidad de la columna de agua. Los parámetros físicos analizados mostraron fluctuaciones poco variantes. La temperatura y la turbidez se midieron in situ, con termómetro de alcohol y disco Secchi respectivamente.

Los valores más altos de temperatura se obtuvieron en época seca (ver tabla 9, gráfico 5), en época lluviosa fueron levemente inferiores. Se determinó que durante la época de invierno los niveles de turbidez del agua aumentaron en los diferentes puntos de muestreo, las causas pueden ser variadas entre las que se pudieron observar partículas de suelo suspendidas, sedimentación depositada en el fondo, descargas de aguas residuales de tipo ordinario, directas al cuerpo de agua.

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 que el sector “A” estero La Manzanilla-Isla Perico, presentó para los meses de marzo, abril, junio y agosto mayor grado de turbidez (ver tabla 9, gráfico 6), lo que está relacionado con factores que inciden como la presencia de fitoplancton, o crecimiento de las algas; presencia de sedimentos procedentes de la erosión; presencia de sedimentos suspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo).

Tabla 9. Resultados de parámetros físicos en los puntos de muestreo, correspondiente a los meses de enero a mayo. Golfo de Fonseca, 2019.

MESES DE MONITOREO	PUNTOS DE MUESTREOS	TEMPERATURA (°C)	TURBIDEZ (mt)
Enero	A	27.67 +/- 0.58	1.15 +/- 0.00
	B	27.33 +/- 1.53	1.12 +/- 0.06
	C	25.00 +/- 1.00	1.53 +/- 0.66
Febrero	A	29.67 +/- 0.58	1.58 +/- 0.52
	B	29.33 +/- 0.58	2.30 +/- 0.26
	C	27.00 +/- 1.00	2.08 +/- 0.30
Marzo	A	26.67 +/- 0.58	0.60 +/- 0.20
	B	27.33 +/- 0.58	1.11 +/- 0.01
	C	25.00 +/- 1.00	1.82 +/- 0.13
Abril	A	28.67 +/- 0.58	0.53 +/- 0.06
	B	27.33 +/- 0.58	1.17 +/- 0.06
	C	25.00 +/- 1.00	1.72 +/- 0.13
Mayo	A	28.67 +/- 0.58	0.80 +/- 0.10
	B	28.00 +/- 1.00	1.20 +/- 0.10
	C	26.00 +/- 1.00	1.42 +/- 0.08
Junio	A	24.00 +/- 1.00	0.50 +/- 0.10
	B	23.67 +/- 1.15	0.87 +/- 0.10
	C	28.00 +/- 1.00	0.63 +/- 0.15
Julio	A	27.00 +/- 1.00	0.80 +/- 0.10
	B	25.00 +/- 1.00	1.20 +/- 0.10
	C	25.00 +/- 1.00	1.52 +/- 0.06
Agosto	A	27.33 +/- 0.58	0.53 +/- 0.15
	B	25.00 +/- 1.00	0.60 +/- 0.20
	C	26.00 +/- 1.00	0.90 +/- 0.10
Septiembre	A	30.00 +/- 1.00	0.67 +/- 0.21
	B	25.00 +/- 1.00	0.78 +/- 0.15
	C	29.00 +/- 1.00	0.62 +/- 0.13
Octubre	A	29.67 +/- 0.58	0.58 +/- 0.08
	B	29.00 +/- 1.00	1.03 +/- 0.06
	C	27.00 +/- 1.00	0.90 +/- 0.10
Noviembre	A	30.00 +/- 0.50	1.20 +/- 0.10
	B	29.10 +/- 1.15	1.03 +/- 0.06
	C	27.27 +/- 0.93	0.85 +/- 0.05
Diciembre	A	28.47 +/- 0.50	0.70 +/- 0.05
	B	27.00 +/- 1.00	0.90 +/- 0.05
	C	28.00 +/- 1.00	0.58 +/- 0.08

En el gráfico 5, se muestra la tendencia de la temperatura durante los doce meses de muestreo y en la cual se reflejan las temperaturas máximas reportadas para los meses de febrero, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre, meses con menos probabilidades de lluvia a excepción del mes de mayo que se considera de transición de época seca a la época lluviosa.

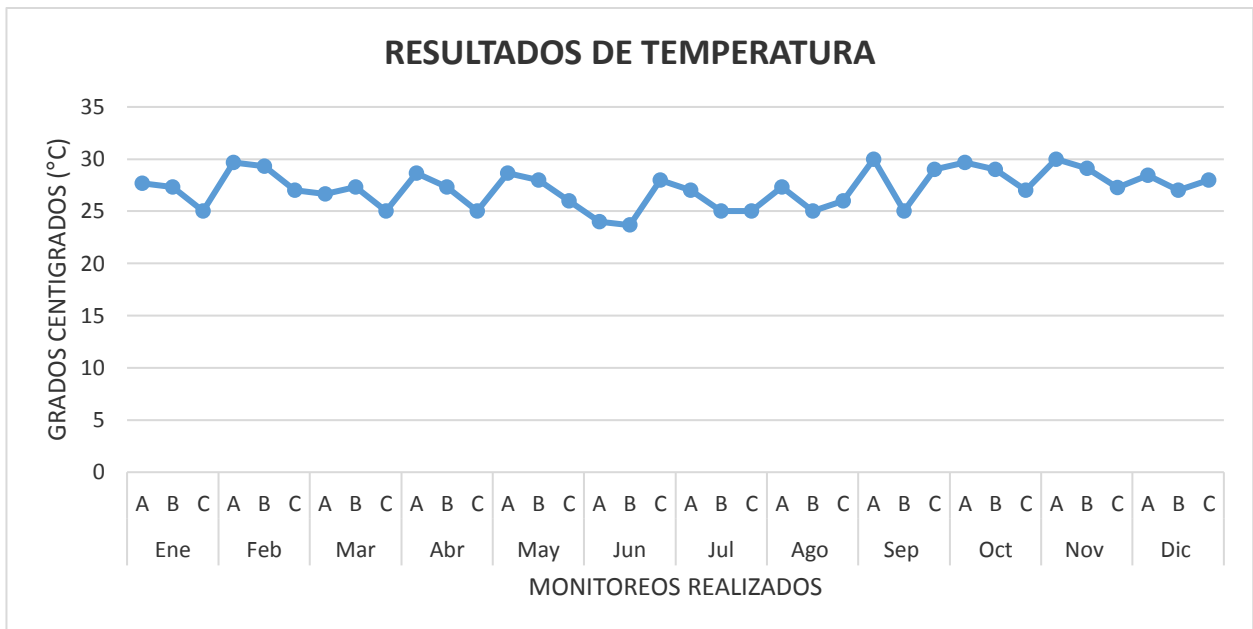


Gráfico 5: Resultados de temperatura obtenidos durante los meses muestreados en el Golfo de Fonseca, 2019.

El gráfico 6 muestra el comportamiento de la turbidez del agua durante el periodo de investigación, de acuerdo al análisis realizado de esta variante, cuando el valor de la turbidez es mayor cuando el valor obtenido es más bajo y el grado de transparencia es menor; la turbidez es menor cuando el valor obtenido es más alto, y el grado de transparencia es mayor.

Los meses que presentaron mayor turbidez son marzo, abril, junio, agosto, específicamente en el sector "A" estero La Manzanilla-Isla Perico, lo que se relaciona a la cantidad de sedimentos suspendidos en la columna de agua.

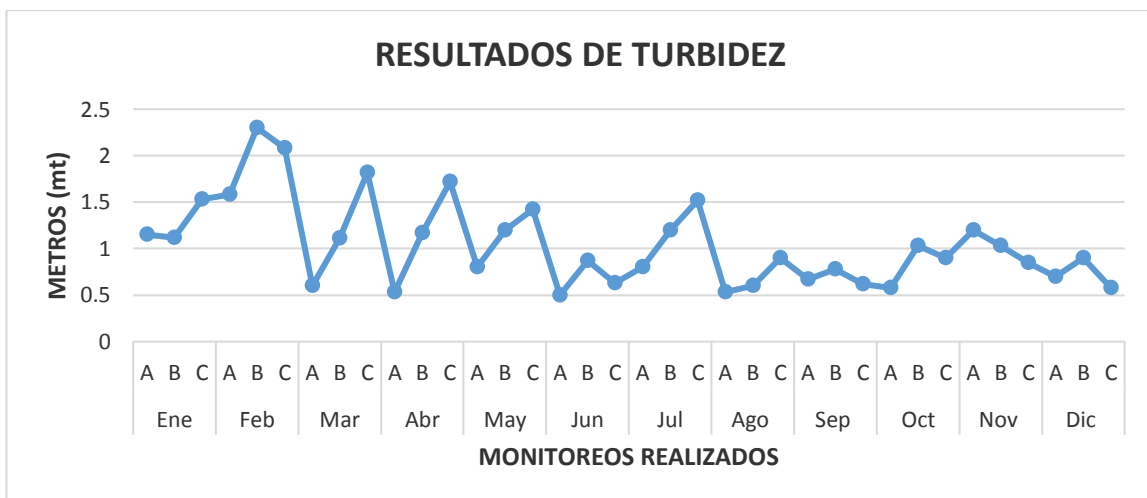


Gráfico 6: Resultados de turbidez obtenidos durante los meses muestreados en el Golfo de Fonseca, 2019.

7.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

Para el análisis e interpretación de resultados de parámetros químicos, se tomó de referencia Parámetros de calidad del agua. Interpretación y normas de la EPA, Estados Unidos. 2001. A continuación, se presenta en la tabla numero 10 los resultados obtenidos con su respectiva desviación estándar.

Tabla 10. Resultados de parámetros químicos en los puntos de muestreo, Golfo de Fonseca, 2019.

PARÁ-METRO	MESES/RESULTADOS (mg/l) – Desviación estándar																		VALOR DE REFERENCIA	
	ENE			FEB			MAR			ABR			MAY			JUN				
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
Amonio total	0.33 +/- 0.04	0.50 +/- 0.00	8.00 +/- 0.00	0.67 +/- 0.29	0.83 +/- 0.29	0.25 +/- 0.00	0.37 +/- 0.23	4.00 +/- 0.00	0.50 +/- 0.43	0.50 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	0	1.07 +/- 0.12	0.50 +/- 0.00	0	0.50 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	1.0 mg/l	
Amonio no ionizado NH₃	0.01 +/- 0.00	0.01 +/- 0.00	0.81 +/- 0.00	0.01 +/- 0.00	0.01 +/- 0.00	0.81 +/- 0.00	0.03 +/- 0.01	0.22 +/- 0.00	0.02 +/- 0.00	0.01 +/- 0.00	0.04 +/- 0.00	0.03 +/- 0.00	0	0.14 +/- 0.00	0.039 +/- 0.00	0	0.05 +/- 0.00	0.04 +/- 0.00	0.315 mg/l	
Nitrito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03 +/- 0.00	0	0.25 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	0	0	0.18 +/- 0.13	0	0.75 mg/l	
Nitrato	5.0 +/- 0.00	5.0 +/- 0.00	0	5.0 +/- 0.00	10.0 +/- 0.00	5.0 +/- 0.00	0	0	0	0	0	0	5.00 +/- 0.00	36.67 +/- 5.77	0	5.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	0.75 mg/l	
Fosfato	0.42 +/- 0.14	0.33 +/- 0.14	0.33 +/- 0.14	0.50 +/- 0.43	0.67 +/- 0.29	0.50 +/- 0.43	0.33 +/- 0.14	0.26 +/- 0.01	0.33 +/- 0.14	0.33 +/- 0.14	0.33 +/- 0.14	0.40 +/- 0.17	1.33 +/- 0.58	5.00 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	0.25 +/- 0.00	0.25 +/- 0.00	1.67 +/- 0.58	5.0 mg/l	
PARÁ-METRO	JUL			AGO			SEP			OCT			NOV			DIC			VALOR DE REFERENCIA	
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
Amonio total	0	0.50 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	0	1.0 +/- 0.00	1.0 +/- 0.00	0	0	0	0.50 +/- 0.00	0.25 +/- 0.01	0	0.50 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	0.25 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	4.00 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	1.0 mg/l	
Amonio no ionizado NH₃	0	0.05 +/- 0.00	0.039 +/- 0.00	0	0.12 +/- 0.00	0.10 +/- 0.00	0	0	0	0.03 +/- 0.01	0.04 +/- 0.00	0	0.04 +/- 0.01	0.04 +/- 0.01	0	0.04 +/- 0.00	0.22 +/- 0.00	0.03 +/- 0.00	0.315 mg/l	
Nitrito	0	0.25 +/- 0.01	0	0.25 +/- 0.01	0.25 +/- 0.01	0	0	0	0	0.25 +/- 0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75 mg/l	
Nitrato	5.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	5.00 +/- 0.00	0	0	0	5.00 +/- 0.00	0	0	5.00 +/- 0.00	0	0	0	0	0	0.75 mg/l	
Fosfato	0.25 +/- 0.01	0.25 +/- 0.01	1.67 +/- 0.58	1.0 +/- 0.00	1.0 +/- 0.00	2.0 +/- 0.00	1.33 +/- 0.58	1.67 +/- 1.15	1.33 +/- 0.58	0.25 +/- 0.01	0.50 +/- 0.00	0.25 +/- 0.01	1.33 +/- 0.58	0.25 +/- 0.00	0.25 +/- 0.00	0.25 +/- 0.00	0.25 +/- 0.00	0.25 +/- 0.00	0.50 +/- 0.00	5.0 mg/l

AMONIO TOTAL

Para el análisis de los resultados de Amonio Total se tomaron de referencia los parámetros de calidad del agua. Interpretación y normas EPA, Estados Unidos. 2001, la cual establece 1.0 mg/l.

Todos los resultados obtenidos se encuentran debajo de los límites de referencia, en general el amonio proviene de excreciones de animales marinos.

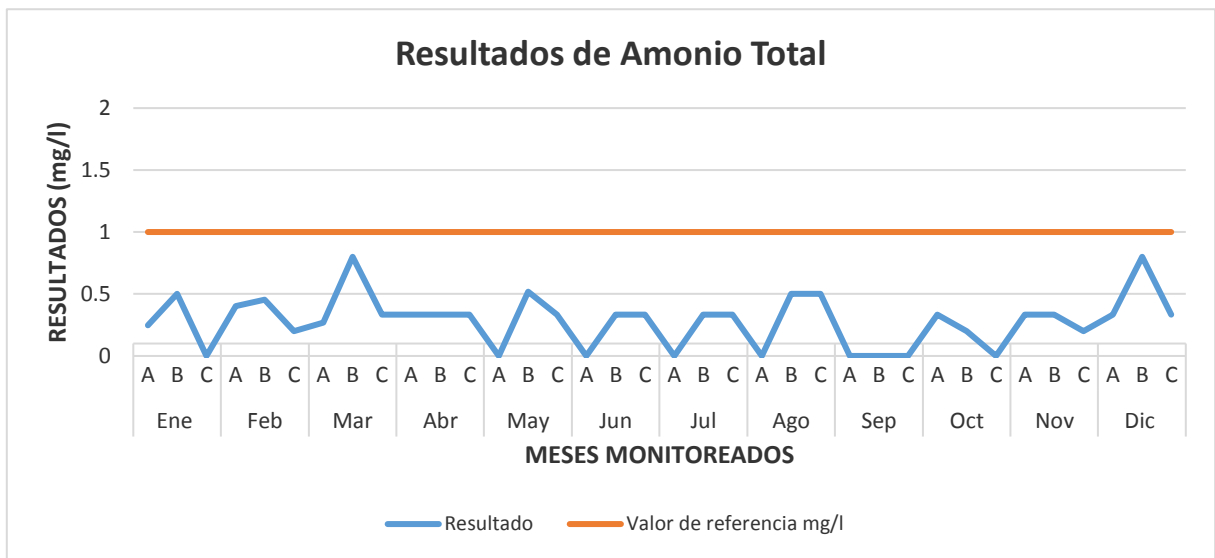


Gráfico 7: Resultados de Amonio Total comparado con el límite de referencia establecido por Parámetros de Calidad de Agua de EPA, Estados Unidos.

AMONIO NO IONIZADO.

Para el mes de enero los puntos “B” y “C”, sobrepasa el límite de referencia de 0.315 mg/l, para el mes de febrero el punto “C” estero El Tamarindo e Isla Meanguera, el valor obtenido de sobre pasa lo establecido en la norma, el resto de los puntos dieron resultados bajo la normativa.

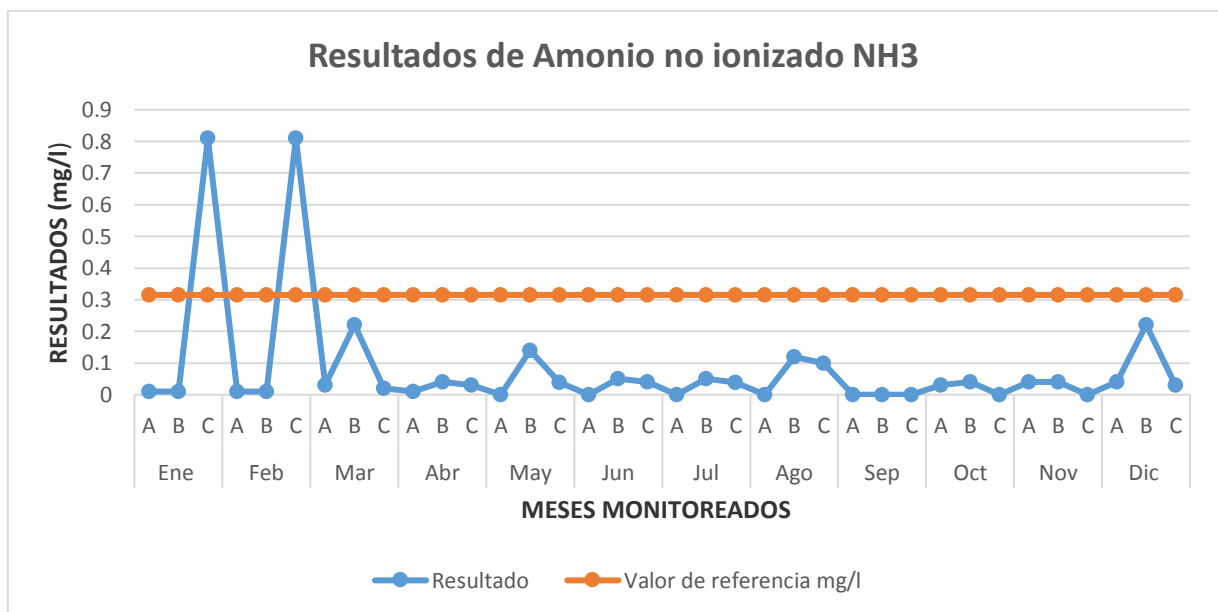


Gráfico 8: Resultados de Amonio no Ionizado NH3, comparado con el límite de referencia establecido por Vinatea et al. 2004.

NITRITO

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).

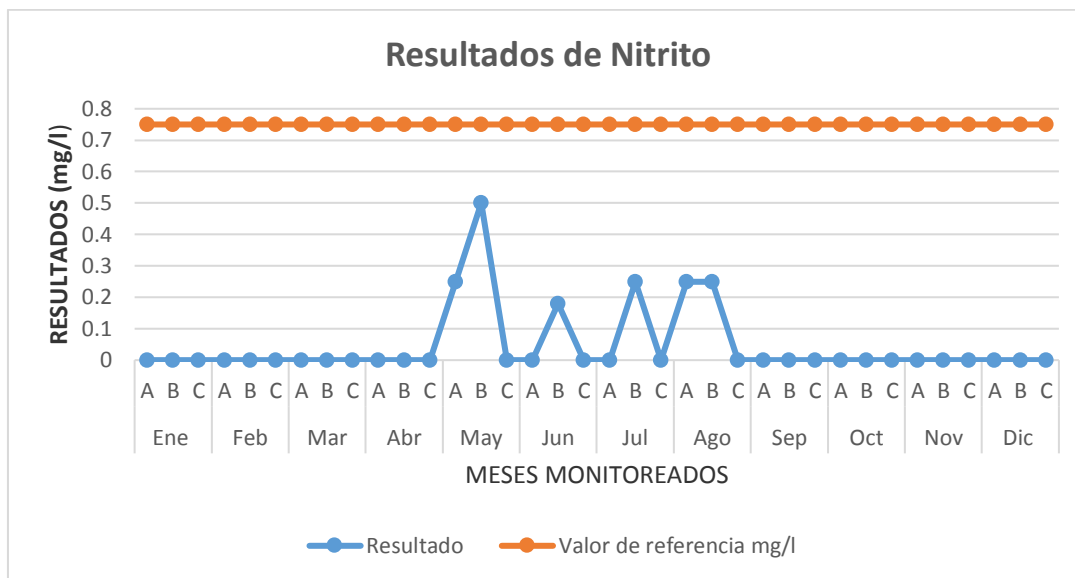


Gráfico 9: Resultados de Nitrito, comparado con el límite de referencia establecido por Parámetros de Calidad de Agua de EPA, Estados Unidos.

NITRATO

Los niveles más altos de Nitrato fueron reportados para los meses de junio, julio y agosto, sobrepasando 4.25 mg/L, de lo establecido por la normativa. El Nitrato se encuentra disueltos en el agua superficiales o subterráneas, su aumento de sus concentraciones se puede deber a un excesivo uso de abonos nitrogenados y su posterior arrastre o aguas lluvias o riegos. Los nitratos pueden ser producidos por fuentes naturales o por acciones antropogénicas.

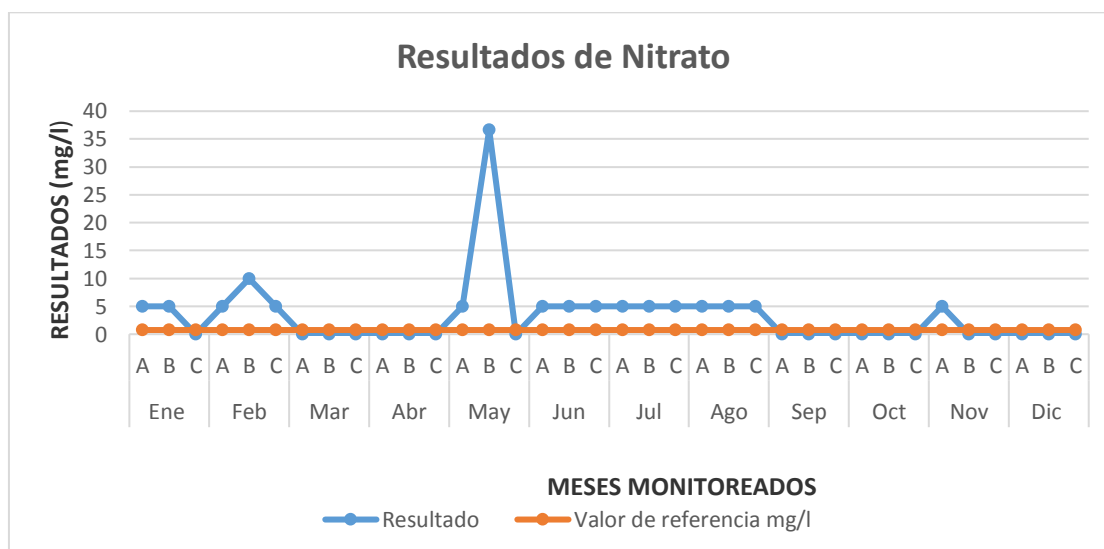


Gráfico 10: Resultados de Nitrato, comparado con el límite de referencia establecido por Parámetros de Calidad de Agua de EPA, Estados Unidos.

FOSFATO

En el siguiente gráfico se muestra la tendencia de los resultados obtenidos en base a las concentraciones de fosfato, de acuerdo con los datos obtenidos en los meses de enero, febrero, mayo, junio, julio, agosto y noviembre los resultados sobrepasan los límites de referencia establecidos en los Parámetros de Calidad de Agua de EPA, Estados Unidos (50. mg/l.) Marzo y diciembre los límites están debajo de la norma.

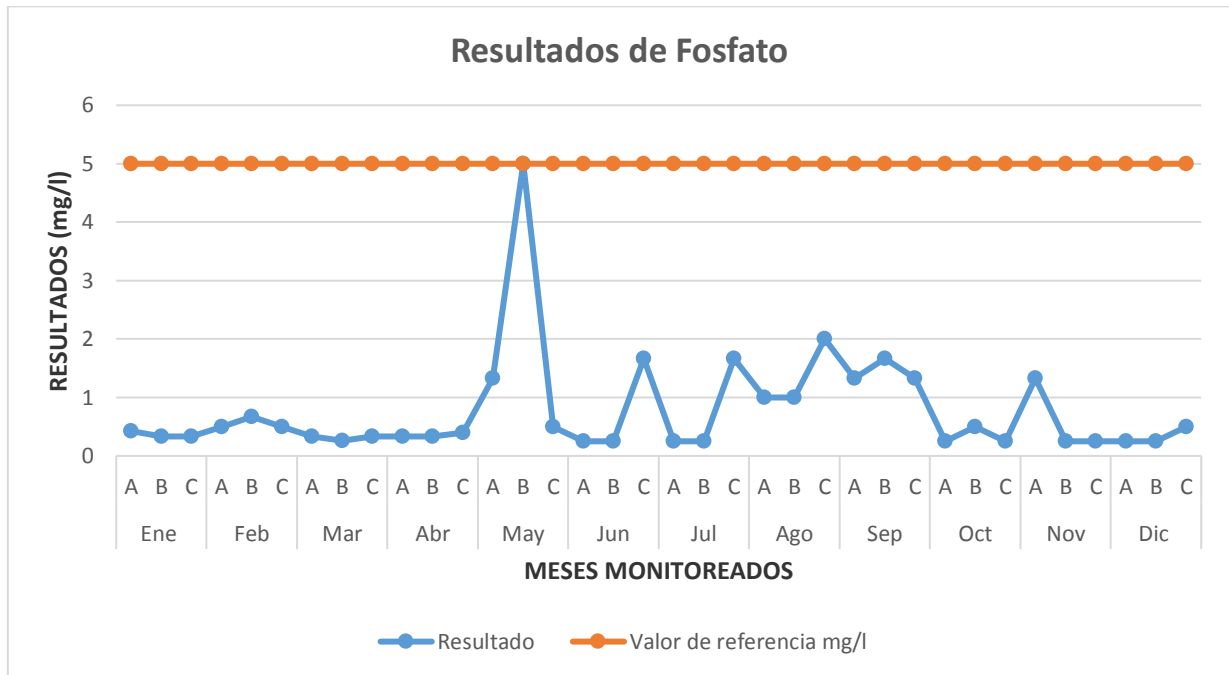


Gráfico 11: Resultados de Fosfato, comparado con el límite de referencia establecido por Parámetros de Calidad de Agua de EPA, Estados Unidos.

CONCENTRACIÓN DE IONES DE HIDRÓGENO PH

En cuanto a los resultados de PH, presentaron una fluctuación poco variable, la 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 y alcalófilas que toleran, o incluso necesitan, condiciones extremas de pH para su crecimiento (no se cuenta con un límite de referencia para pH). A continuación, se presentan los resultados en forma gráfica para cada punto de muestreo.

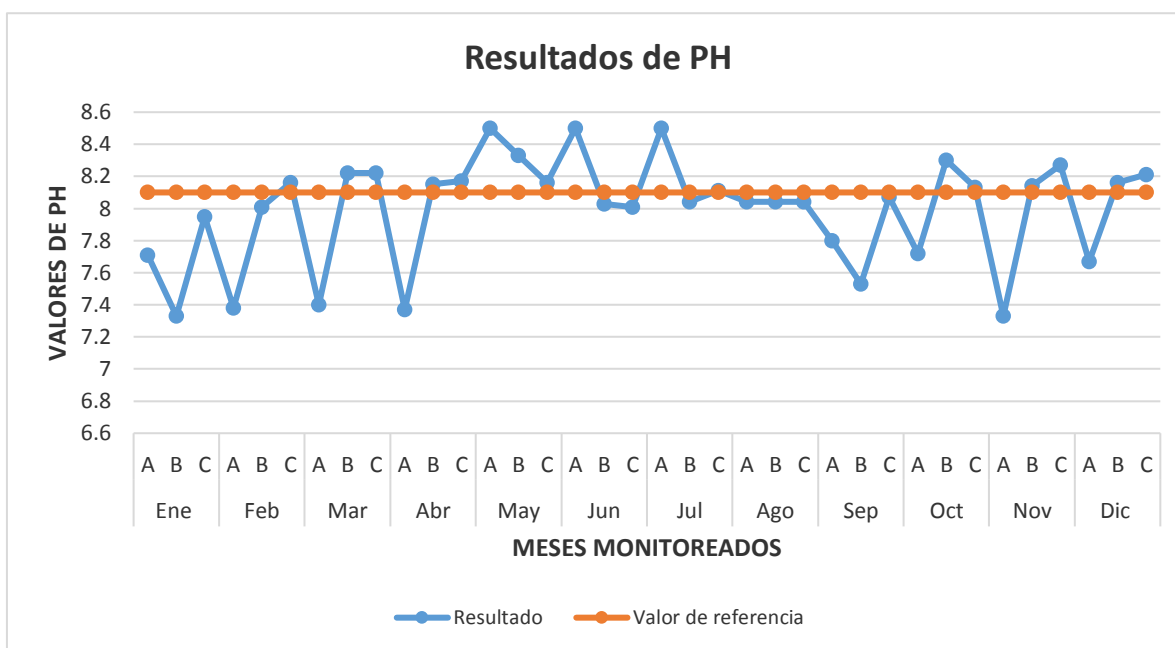


Gráfico 12: Resultados PH, reportados en los doce meses de muestreo. Golfo de Fonseca, 2019.

SALINIDAD

La Salinidad obtenida a lo largo del monitoreo se considera dentro de los límites permitidos, relativamente pocos microorganismos pueden crecer en aguas muy saladas. No existe una normativa que establezca un límite de referencia.

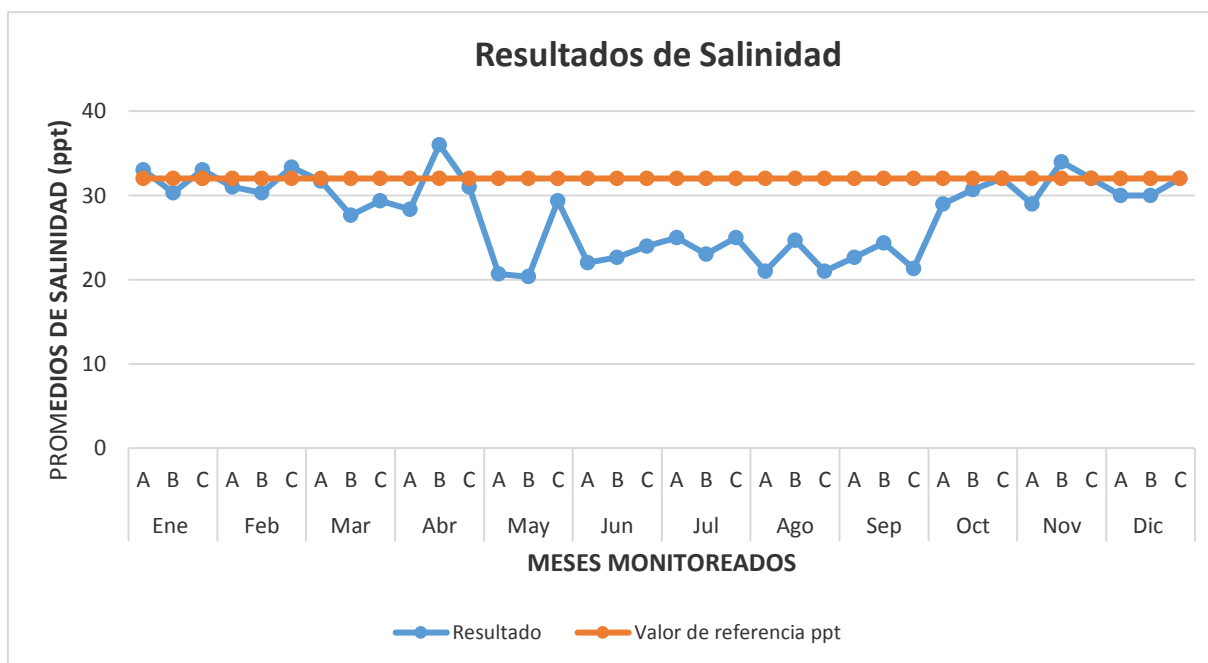


Gráfico 13: Resultados salinidad, reportados en los doce meses de muestreo. Golfo de Fonseca, 2019.

7.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE GENERAN ALTERACIÓN EN LA CALIDAD FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICA DEL AGUA EN EL GOLFO DE FONSECA.

Podemos remarcar que durante los monitoreos observamos las actividades realizadas por las personas que habitan y colindan con el Golfo de Fonseca, actualmente es necesario comprender que el agua es un recurso que conlleva e incorpora las relaciones sociales, a continuación, se presenta algunos de los principales factores que contribuyen a la alteración de la calidad de agua.

1. Agentes patógenos, como bacterias, virus, y parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.
2. La generación de residuos y emisiones es un factor intrínseco de las actividades humanas. Los asentamientos poblacionales, las actividades productivas y el consumo de bienes y servicios por parte de los habitantes y comunidades de la zona costero marina implican por si mismos una carga para los ecosistemas costeros.
3. Falta de ordenamiento territorial genera presiones sobre los recursos naturales de los ecosistemas costero marinos.
4. Utilización del Golfo de Fonseca como un cuerpo receptor para descargas de aguas residuales de **tipo ordinario** (negras y grises) y **tipo especial** (aguas de procesos industriales).
 - Aguas negras: provienen de inodoros de los asentamientos urbanísticos (estero de El Tamarindo) que no cuentan con sistemas para este tipo de aguas, ya que se vierten excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales directas al cuerpo de agua.
 - Aguas grises: provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas.
 - Aguas negras industriales: mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga.

Para el caso del municipio de La Unión se encontró que existen diversos sitios de descarga de agua y que estos provienen de las actividades domésticas (asentamientos urbanísticos que arrojan sus aguas residuales a quebradas o tuberías que llegan hasta el Golfo de Fonseca) y también de las actividades industriales.

5. Muchas personas de la zona desarrollan la pesca como su actividad económica de subsistencia y a pesar de tener conocimientos de los altos niveles de contaminación, generan y lanzan directamente al Golfo de Fonseca desechos de la pesca (viseras, escamas, peces muertos, etc.) son lanzados, no existe un control para el tratamiento de estos desechos.
6. Mal manejo y disposición de envases de aceites y lubricantes utilizados en motores para lanchas de pesca, los cuales son depositados a orillas de los atracaderos y durante la fluctuación de las mareas son arrastrados por todo el cuerpo de agua. Aunque no se tiene un dato exacto de los volúmenes generados son una fuente de contaminación.

7.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA ENTRE LA ÉPOCA LLUVIOSA Y LA ÉPOCA SECA

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la época seca y época lluviosa existe una fluctuación moderada en los datos obtenidos.

7.5.1 Análisis comparativo de resultados de parámetros biológicos

Todos los organismos que se encuentran en el agua son importantes al momento de establecer la calidad de la misma, sin embargo, existen factores u organismos que alteran la calidad.

Un elemento que influye en la calidad del agua en el Golfo de Fonseca son los desechos sólidos transportados por las escorrentías, para el caso del departamento de La Unión, La Ciudad de La Unión es donde se producen más desechos sólidos, procesos de erosión del suelo como producto de la deforestación y presencia de microorganismos como bacterias que contribuyen en la calidad de agua.

A continuación, se realiza un análisis de los cuatro tipos de bacterias estudiadas, acorde a los resultados obtenidos en las dos épocas del año, época seca y época lluviosa.

Bacterias del género *Enterococcus*

Durante la época seca comprendida de noviembre a abril y de acuerdo a los resultados hubo menos crecimiento bacteriano, reflejamos resultados para los meses de enero a abril, para noviembre y diciembre no se tuvo crecimiento bacteriano (ver tabla 5) a pesar de implementar la misma metodología y tiempo de incubación, en la época lluviosa comprendida de mayo a octubre los resultados demuestran un alza en las UFC que sobrepasa el límite de referencia establecido en la norma (calidad del agua superficial, Departamento de Protección Ambiental de la Florida de EE. UU), en el mes de mayo como se aprecia en la tabla no hubo resultados.

Bacterias del género *Pseudomonas*

Enero y abril, fueron los únicos meses de la época seca en la cual se obtuvieron datos positivos en el crecimiento bacteriano. En la época lluviosa se reportan cinco meses en los cuales los 9 puntos de muestreo presentan resultados positivos, con mayor énfasis el punto B2 lugar donde puede percibirse, sobre todo en marea baja, de fuerte mal olor cuando el substrato de suelo queda al descubierto y expuesto al aire.

Bacterias del género *Vibrios*

A excepción del mes de agosto, todos los meses dieron resultados de crecimiento bacteriano.

Bacterias Heterótrofas

Todos los meses reportaron carga bacteriana. Los valores máximos obtenidos son de los puntos más cercanos a zonas urbanas, como es el caso de la ciudad de La Unión. A excepción de los meses de noviembre y diciembre, todos los meses dieron resultados de crecimiento bacteriano.

En general durante la época lluviosa hubo mayor carga y crecimiento bacteriano, el hecho de que varias de las muestras de la época seca se realizaron en marea baja, hace suponer que este flujo de agua hace un efecto de arrastre y acumulación en dirección contraria a tierra firme.

7.5.2 Análisis comparativo de resultados de parámetros físicos y químicos

En general se puede determinar acorde a los resultados una distribución similar en los parámetros monitoreados en ambas época y puntos de muestreo, los parámetros físicos presentaron una fluctuación poco variable y que incidió en la carga bacteriana reportada. Los parámetros químicos Los niveles más altos de Nitrato fueron reportados durante la época lluviosa, sobrepasando 4.25 mg/L, de lo establecido por la normativa.

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados de la investigación, la calidad del agua del Golfo de Fonseca presenta carga bacteriana que sobrepasa los límites establecidos en las normativas vigentes.

Para el caso de *Enterococcus spp*, se utilizó la normativa establecida por Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Departamento de Salud de Hawai de EE. UU y Ministerio del Ambiente de Perú, para el uso recreativo. Departamento de Protección Ambiental de la Florida de EE. UU, para el cultivo y extracción de moluscos.

Para el caso de *Pseudomona*, no se dispone de normativa o reglamentos que establezcan los límites máximos permitidos cuando se trata de muestras de aguas superficiales y muestras de tipo ambiental, pero el valor sugerido para actividades humanas como puede ser la acuicultura es ≤ 103 UFC/ml.

- Los resultados obtenidos de *Vibrio* indican que el agua no es apta para uso en acuicultura, ni para para uso recreativo, el agua se encuentra en el límite de referencia en cuanto al uso con propósito de producción acuícola y límite de referencia en cuanto al riesgo de consumo de productos pesqueros.
- Los valores máximos obtenidos de los parámetros físicos, químicos y biológicos son de los puntos más cercanos a zonas urbanas, como es el caso de la ciudad de La Unión, donde se tiene evidencia de descargas de aguas de uso doméstico; así como también frente al estero El Tamarindo, además entre la isla Meanguera y Pirigallo. En ese último sitio existe una abundante población de aves marinas y todo el perímetro de la isla está cubierto por depósitos de guano.
- Los resultados indican presencia alta de los cuatro tipos de bacterias Heterótrofas, *Pseudomonas*, *Vibrios* y *Enterococcus*, cerca del sitio urbano del denominado “parque de la familia” de la ciudad de La Unión (punto B2), lugar donde puede percibirse, sobre todo en marea baja, de fuerte mal olor cuando el substrato de suelo queda al descubierto y expuesto al aire. Una inspección visual delata la presencia de descargas de aguas de desecho de origen doméstico, de manera permanente.
- Los parámetros físicos y químicos monitoreados en ambas épocas del año y puntos de muestreo presentaron una fluctuación poco variable y que incidió en la carga bacteriana reportada. En los parámetros químicos los niveles más altos de Nitrato fueron reportados durante la época lluviosa, sobrepasando 4.25 mg/L, de lo establecido por la normativa (EPA, USA. 2001. Interpretación de estándares de parámetros de la calidad del agua.)
- Entre las principales fuentes de contaminación identificadas en el Golfo de Fonseca, están las descargas de aguas residuales de tipo ordinario (aguas negras y aguas grises) y de tipo especial (de procesos industriales), que son vertidas directamente al golfo sin ningún tratamiento previo, el manejo inadecuado de los desechos sólidos es uno de los problemas más graves y evidentes, ya que

repercute en problemas ambientales mayores como la contaminación del suelo y la degradación de la calidad de las aguas, superficiales y subterráneas, descartes de la pesca, la destrucción de los bosques salados, la deforestación y consecuente erosión de los suelos de las cuencas de la Bahía, ha generado arrastre de sedimentos a la misma, se han detectado asolvamientos, modificando la profundidad del lecho marino.

- La calidad del agua marina es un aspecto de gran importancia para la preservación del medio marino y las zonas litorales que en los últimos años han experimentado un notable deterioro debido a incidentes de naturaleza antrópica.

9. RECOMENDACIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente diagnóstico, la calidad del agua del Golfo de Fonseca, específicamente en los 9 puntos muestreados, existe baja calidad del agua por la carga bacteriana encontrada y por el deterioro del mismo por las acciones antropogénicas realizadas. En base a ello se recomienda socializar los resultados con las instituciones pertinentes en el tema como Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), CENDEPESCA, Ministerio de Educación, Ministerio de Salud, Ministerio de Turismo, Alcaldía Municipal, a través de las Unidades Ambientales, comunidades aledañas, empresarios, cooperativas pesqueras, entre otras, con el objetivo de dar un seguimiento a la presente investigación y de realizar acciones que contribuyan a la restauración de la calidad del agua, así como de los medios de vida, ya que en estos espacios se realizan proyectos acuícolas.
- Es necesario implementar un programa de monitoreo permanente de la calidad del agua en el Golfo de Fonseca, para el diseño de estrategias enfocadas a la reducción de los niveles de contaminación.
- Construir plantas de tratamiento de aguas negras y aguas grises, para garantizar un tratamiento de las mismas previo a las descargas.
- Construcción de letrinas aboneras a las familias que no poseen, reduciendo de esta forma las descargas de aguas negras de forma directa al Golfo de Fonseca.
- Establecimiento de planta de procesamiento de harinas elaboradas a partir de los descartes de la pesca.
- Implementar un plan para la reforestación en las cuencas de los ríos para evitar la erosión de los suelos, en coordinación con las autoridades competentes en el ramo.
- Iniciar procesos de diseño y ejecución de un Plan de Educación Ambiental dirigido a comunidades (asentamientos urbanos directos al Golfo de Fonseca), centros escolares, cooperativas de pescadores, empresarios que inciden en los recursos naturales de los ecosistemas costero marinos, con el objetivo de sensibilizar y concientizar sobre la importancia de estos ecosistemas.
- El ordenamiento territorial y la zonificación ambiental son temas de importancia para el área de conservación del Golfo de Fonseca, de ahí la importancia de que las autoridades correspondientes establezcan mecanismos de acción para insertar estos procesos.

10. GLOSARIO

- **Ecosistema.** Sistema biológico constituido por una comunidad de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan.
- **Zona Costera Marino.** Franja costera comprendida dentro de los primeros 20 km, que va desde la línea costera tierra adentro y la zona marina en el área que comprende al mar abierto, desde 0 a 100 metros de profundidad, y en donde se distribuyen las especies de organismos del fondo marino.
- **In situ.** Expresión latina que significa 'en el sitio' o 'en el lugar', y que suele utilizarse para designar un fenómeno observado en el lugar.
- **Medios de cultivo.** Son una mezcla de nutrientes que, en concentraciones adecuadas y en condiciones físicas óptimas, permiten el crecimiento de los microorganismos.
- **Caja de Petri.** Recipiente redondo de cristal utilizado para la colocación de medios de cultivo.
- **Incubación.** Intervalo de tiempo para el crecimiento de microorganismos.
- **UFC.** Unidades Formadoras de Colonias.
- **Perítrico.** Rodeado de pelos, se aplica sobre todo a las bacterias provistas de flagelos.
- **Salinidad:** Es el contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua y se mide a través de refractómetro.
- **PH.** Potencial de Hidrogeno Indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H⁺).
- **Turbidez.** Grado de transparencia que pierde el agua por presencia de partículas en suspensión.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya Orellana G.L & Flores Salmerón F.H, 2006. Incidencias en los Recursos Costero- Marinos por la Construcción del Puerto en la Bahía de La Unión.
- Aurazo, M. 2004. Manual para el análisis de calidad de agua, Lima, Perú.
- EPA Ireland. 2001. Parameters of Water Quality. 132 p.
- Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y el Desarrollo Económico (FUNSALPRODESE). 2016. Plan de Desarrollo Local Sostenible (PDLS) para el Área de Conservación Golfo de Fonseca.
- Guevara Surio C. A. 2015. Determinación de la Calidad Microbiológica del Agua de 2 Playas: El Tunco y El Sunzal, ubicadas en el departamento de La Libertad, El Salvador.
- Herrera, M.D., Hernández N del S & Bravo J.R. (comps.). 2015 Manual de Adaptación al Cambio Climático en el Golfo de Fonseca.
- Hulten, C.R. (enero de 2000). Total Factor Productivity: A Short Biography. National Bureau of Economic Research.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentos.

- Ministerio del Ambiente de Perú. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. 6 p.
- Official Methods of Analysis of AOAC International, 18 ed. 2005. Chapter 17.3, pág. 5.
- Plan de Gobernanza y Gestión Turística en la Franja Marino Costera de El Salvador, 2015. Ministerio de Turismo de El Salvador.
- Pomeroy, R. et al. 2007. Ecología Marina. México.
- U.S Environmental Protection Agency (EPA). 2018. Water Quality Standars. 132 p.
- U.S. Hawaii Department of Health. 2014. Water Quality Standards. 110 p.
- U.S. Florida Department of Environmental Protections. 2016. Surface Water Quality Standards. 73 p.

12. ANEXOS

Resultados de laboratorio para la determinación de localización biológica del agua

Bacterias Enterococcus



Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE LECTURA EN CALDO DEXTROSA AZIDA

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 1/02/2019

Fecha de toma de muestras: 30 de enero de 2019

Hora de inicio de lectura: 12:50

Hora de fin de lectura: 1:25 pm

Muestra	Tubos positivos			Resultados <i>Enterococcus spp.</i>		Limite de referencia (NMP)	Referencia acerca del uso	Referencia
	0.1	0.01	0.001	NMP	UFC/100 ml			
A1	1	1	1	11	11	≤ 35	Recreativo	U.S Environmental Protection Agency (EPA). 2018. Water Quality Standars. 132 p.
A2	1	1	1	11	11	130	Recreativo	U.S. Hawaii Department of Health. 2014. Water Quality Standards. 110 p.
A3	1	1	1	11	11	35	Cultivo y extracción de moluscos	U.S. Florida Department of Environmental Protections. 2016. Surface Water Quality Standards. 73 p.
B1	3	3	3	≥ 1,100	≥ 1,100	200	Recreativo	Ministerio del Ambiente de Perú. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. 6 p.
B2	3	3	0	240	240	≤ 300	Recreativo	EPA Ireland. 2001. Parameters of Water Quality. 132 p.
B3	3	1	1	75	75			
C1	3	3	3	≥ 1,100	≥ 1,100			
C2	1	1	1	11	11			
C3	3	2	1	150	150			



Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE LECTURA EN CALDO DEXTROSA AZIDA

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 28/02/2019

Fecha de toma de muestras: 26 de febrero de 2019

Hora de inicio de lectura: 1305

Hora de fin de lectura: 1337

Muestra	Tubos positivos			Resultados <i>Enterococcus spp.</i>		Limite de referencia (NMP)	Referencia acerca del uso	Referencia
	0.1	0.01	0.001	NMP	UFC/100 ml			
A1	1	3	0	16	16	≤ 35	Recreativo	U.S Environmental Protection Agency (EPA). 2018. Water Quality Standars. 132 p.
A2	3	0	2	64	64	130	Recreativo	U.S. Hawaii Department of Health. 2014. Water Quality Standards. 110 p.
A3	0	0	0	< 3	3			
B1	3	3	1	460	460	35	Cultivo y extracción de moluscos	U.S. Florida Department of Environmental Protections. 2016. Surface Water Quality Standards. 73 p.
B2	3	1	3	160	160			
B3	1	0	1	7.2	7.2			
C1	3	3	1	460	460	200	Recreativo	Ministerio del Ambiente de Perú. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. 6 p.
C2	0	0	1	3	3			
C3	0	1	1	6.1	6.1	≤ 300	Recreativo	EPA Ireland. 2001. Parameters of Water Quality. 132 p.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE LECTURA EN CALDO DEXTROSA AZIDA

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 28/11/2019

Fecha de toma de muestras: 26 de noviembre de 2019

Hora de inicio de lectura: 11:40 am

Hora de fin de lectura: 12:45 pm

Muestra	Tubos positivos			Resultados <i>Enterococcus spp.</i>		Límite de referencia (NMP)	Referencia acerca del uso	Referencia
	0.1	0.01	0.001	NMP	UFC/100 ml			
A1	0	0	0	< 3	< 3	≤ 35	Recreativo	U.S Environmental Protection Agency (EPA). 2018. Water Quality Standars. 132 p.
A2	0	1	0	3	3	130	Recreativo	U.S. Hawaii Department of Health. 2014. Water Quality Standards. 110 p.
A3	0	0	0	< 3	< 3	35	Cultivo y extracción de moluscos	U.S. Florida Department of Environmental Protections. 2016. Surface Water Quality Standards. 73 p.
B1	0	0	0	< 3	< 3	200	Recreativo	Ministerio del Ambiente de Perú. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. 6 p.
B2	1	0	0	3.6	3.6	≤ 300	Recreativo	EPA Ireland. 2001. Parameters of Water Quality. 132 p.
B3	0	0	0	< 3	< 3			
C1	0	0	0	< 3	< 3			
C2	0	0	0	< 3	< 3			
C3	0	0	0	< 3	< 3			

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE LECTURA EN CALDO DEXTROSA AZIDA

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 13/12/2019

Fecha de toma de muestras: 10 de diciembre de 2019

Hora de inicio de lectura: 08:00 am

Hora de fin de lectura: 10:30 pm

Muestra	Tubos positivos			Resultados <i>Enterococcus spp.</i>		Limite de referencia (NMP)	Referencia acerca del uso	Referencia
	0.1	0.01	0.001	NMP	UFC/100 ml			
A1	1	0	0	3.6	3.6	≤ 35	Recreativo	U.S Environmental Protection Agency (EPA). 2018. Water Quality Standars. 132 p.
A2	0	0	0	< 3	< 3	130	Recreativo	U.S. Hawaii Department of Health. 2014. Water Quality Standards. 110 p.
A3	0	0	0	< 3	< 3	35	Cultivo y extracción de moluscos	U.S. Florida Department of Environmental Protections. 2016. Surface Water Quality Standards. 73 p.
B1	0	3	0	9.4	9.4	200	Recreativo	Ministerio del Ambiente de Perú. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. 6 p.
B2	0	3	3	19	19	≤ 300	Recreativo	EPA Ireland. 2001. Parameters of Water Quality. 132 p.
B3	2	0	3	26	26			
C1	0	0	0	< 3	< 3			
C2	1	2	0	11	11			
C3	0	3	2	24	24			

Bacterias Heterótrofas



Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, sede regional La Unión

Laboratorio de Microbiología
 REPORTE DE RESULTADOS EN AGAR TSA

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha: 28/02/2019

Hora de inicio de lectura: 09:15

Hora de fin de lectura: 09:30

N° de muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra	Resultados		
			Bacteria	UFC/ml	Interpretación del resultado
1	A1	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	3.2×10^4	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
2	A2	Agua de mar 1/1,000	Heterótrofa	6.6×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
3	A2	Agua de mar 1/1,000	Autótrofa	1.6×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
4	A2	Agua de mar 1/1,000	Autótrofa	6.6×10^1	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
5	A3	Agua de mar 1/1,000	Heterótrofa	4.5×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
6	A3	Agua de mar 1/1,000	Autótrofa	6.6×10^2	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
7	B1	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	6.6×10^4	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
8	B2	Agua de mar 1/100,000	Autótrofa	2.5×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
9	B2	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	7.2×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
10	B3	Agua de mar 1/1,000	Heterótrofa	1.9×10^4	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
11	C1	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	4.4×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
12	C2	Agua de mar 1/1,000	Heterótrofa	1.4×10^4	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
13	C2	Agua de mar 1/100,000	Autótrofa	3.2×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
14	C2	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	8.0×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, sede regional La Unión

Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE RESULTADOS EN AGAR TSA

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 28/03/2019

Fecha de recolección de las muestras: 26/03/2019

Hora de inicio de lectura: 1542

Hora de fin de lectura: 1634

N° de muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra	Resultados		
			Bacteria	UFC/ml	Interpretación del resultado
1	A1	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	7.7×10^4	Sobrepasa el valor de referencia
2	A2	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	8.1×10^4	Sobrepasa el valor de referencia
3	A3	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	6.2×10^4	Sobrepasa el valor de referencia
4	B1	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	3.9×10^4	Sobrepasa el valor de referencia
5	B2	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	2.9×10^4	Sobrepasa el valor de referencia
6	B3	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	2.2×10^4	Sobrepasa el valor de referencia
7	C1	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	1.1×10^5	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
8	C2	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	1.0×10^5	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
9	C3	Agua de mar Siembra directa	heterótrofa	7.0×10^4	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, sede regional La Unión

Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE RESULTADOS EN AGAR TSA

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha: 26/07/2019

Hora de inicio de lectura: 11:14

Hora de fin de lectura: 12:58

N° de muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra	Resultados		
			Bacteria	UFC/ml	Interpretación del resultado
1	B1	Agua de mar 1/10	Heterótrofa	1.0 X 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
2	B1	Agua de mar 1/100	Heterótrofa	5.2 X 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
3	B1	Agua de mar 1/10,000	Heterótrofa	1.8 x 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua Sobrepasa el valor de referencia
4	B1	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	2.0 X 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua Sobrepasa el valor de referencia
5	B2	Agua de mar 1/10	Heterótrofa	2.4 x 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
6	B2	Agua de mar 1/100	Heterótrofa	3.0 X 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua Sobrepasa el valor de referencia
7	B2	Agua de mar 1/1,000	Heterótrofa	7.3 x 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
8	B2	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	1.3 x 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
9	C1	Agua de mar 1/100	Heterótrofa	1.0 x 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
10	C1	Agua de mar 1/1,000	Heterótrofa	6.0 x 10 ²	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
17	C1	Agua de mar 1/10,000	Heterótrofa	1.4 x 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
18	C1	Agua de mar 1/10,000	Heterótrofa	1.0 x 10 ²	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, sede regional La Unión

Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE RESULTADOS EN AGAR TSA

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha: 05/09/2019

Hora de inicio de lectura: 10:00

Hora de fin de lectura: 11:30

N° de muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra	Resultados		
			Bacteria	UFC/ml	Interpretación del resultado
1	A1	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	1.3 X 10 ²	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
2	A2	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	6.6 X 10 ¹	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
3	A3	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	3.3 x 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
4	B1	Agua de mar 1/10,000	Heterótrofa	6.6 X 10 ¹	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
5	B1	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	4.6 x10 ²	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
6	B2	Agua de mar 1/10,000	Heterótrofa	6.6 X 10 ¹	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
7	B3	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	6.6 X 10 ¹	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
8	C1	Agua de mar 1/10,000	Heterótrofa	1.3 x10 ²	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
9	C2	Agua de mar 1/100,000	Heterótrofa	1.0 x 10 ³	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua
10	C2	Agua de mar 1/1,000	Heterótrofa	5.3 x 10 ²	Abundante cantidad de materia orgánica en el agua

OBSERVACIONES:

1. No se dispone de normativa o reglamentos que establezcan los límites máximos permitidos cuando se trata de muestras de aguas superficiales, muestras de tipo ambiental, pero los valores sugeridos para actividades humanas como puede ser la acuicultura es $\leq 10^3$ UFC/ml (Cuéllar-Anjel *et al.* 2010, citado en OIRSA, 2014).

Bacterias Pseudomonas



Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE LECTURA DE PLACAS DE AGAR CETRIMIDE

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de toma de las muestras: 30/01/2019

Hora de inicio de lectura: 1635

Fecha: 02/02/2019

Hora de fin de lectura: 1652

N° de muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra Dilución	Resultados		
			Bacteria	UFC/ml	Interpretación del resultado
1	A1	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
2	A2	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
3	A3	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
4	B1	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
5	B2	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomonas spp.</i>	5.3 x 10 ⁵	Abundante cantidad de materia orgánica.
6	B3	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
7	C1	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
8	C2	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
9	C3	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano

OBSERVACIONES:

1. No se dispone de normativa o reglamentos que establezcan los límites máximos permitidos cuando se trata de muestras de aguas superficiales, muestras de tipo ambiental, pero los valores sugeridos para actividades humanas como puede ser la acuicultura es $\leq 10^3$ UFC/ml (Cuéllar-Anjel *et al.* 2010, citado en OIRSA, 2014).
2. *Pseudomonas spp.* es un patógeno oportunista de importancia clínica tanto para la salud humana como para formas de vida animal que viven en un medio acuático. Provoca altas mortalidades en estadios larvales de crustáceos, peces y moluscos.
3. También son considerados microorganismos claves en el reciclado de materia orgánica en los hábitats aeróbicos de los ecosistemas y juega, por lo tanto, un papel esencial en la mejora y el mantenimiento de la calidad medioambiental. Es clasificada como una bacteria heterótrofa.
4. Los resultados indican presencia alta cerca del sitio urbano del denominado "parque de la familia" de la ciudad de La Unión (punto B2), lugar donde puede percibirse, sobre todo en marea baja, de fuerte mal olor cuando el substrato de suelo queda al descubierto y expuesto al aire. Una inspección visual delata la presencia de descargas de aguas de desecho de origen doméstico, de manera permanente.



Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE LECTURA DE PLACAS DE AGAR CETRIMIDE

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión
Fecha de toma de las muestras: 23/04/2019 Hora de inicio de lectura: 1635

Fecha: 03/05/2019
Hora de fin de lectura: 1652

N° de muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra Dilución	Resultados		
			Bacteria	UFC/ml	Interpretación del resultado
1	A1	Agua de mar 1/10	–	0	No hubo crecimiento bacteriano
2	A2	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	3.4×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica.
3	A3	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	5.3×10^2	Abundante cantidad de materia orgánica.
4	B1	Agua de mar 1/10	–	0	No hubo crecimiento bacteriano
5	B2	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	1.0×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica.
6	B3	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	2.4×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica.
7	C1	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	4.1×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica.
8	C2	Agua de mar 1/10	–	0	No hubo crecimiento bacteriano
9	C3	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	9.1×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica.

OBSERVACIONES:

- No se dispone de normativa o reglamentos que establezcan los límites máximos permitidos cuando se trata de muestras de aguas superficiales, muestras de tipo ambiental, pero los valores sugeridos para actividades humanas como puede ser la acuicultura es $\leq 10^3$ UFC/ml (Cuéllar-Anjel *et al.* 2010, citado en OIRSA, 2014).
- Pseudomona spp.* es un patógeno oportunista de importancia clínica tanto para la salud humana como para formas de vida animal que viven en un medio acuático. Provoca altas mortalidades en estadios larvales de crustáceos, peces y moluscos.
- También son considerados microorganismos claves en el reciclado de materia orgánica en los hábitats aeróbicos de los ecosistemas y juega, por lo tanto, un papel esencial en la mejora y el mantenimiento de la calidad medioambiental. Es clasificada como una bacteria heterótrofa.
- Los resultados indican presencia alta cerca del sitio urbano del denominado "parque de la familia" de la ciudad de La Unión (punto B2), lugar donde puede percibirse, sobre todo en marea baja, de fuerte mal olor cuando el substrato de suelo queda al descubierto y expuesto al aire. Una inspección visual delata la presencia de descargas de aguas de desecho de origen doméstico, de manera permanente.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología
REPORTE DE LECTURA DE PLACAS DE AGAR CETRIMIDE

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha: 07/06/2019

Fecha de toma de las muestras: 30/06/2019

Hora de inicio de lectura: 09:20

Hora de fin de lectura: 10:00

N° de muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra Dilución	Resultados		
			Bacteria	UFC/ml	Interpretación del resultado
1	A1	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	2.7×10^4	Abundante cantidad de materia orgánica.
2	A2	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
3	A3	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
4	B1	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	1.3×10^2	Abundante cantidad de materia orgánica.
			<i>Pseudomona fluorescens</i>	6.6×10^1	
5	B2	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
6	B3	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	3.4×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica.
			<i>Pseudomona fluorescens</i>	1.2×10^3	
7	C1	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	1.5×10^4	Abundante cantidad de materia orgánica.
8	C2	Agua de mar 1/10	--	0	No hubo crecimiento bacteriano
9	C3	Agua de mar 1/10	<i>Pseudomona spp.</i>	1.4×10^3	Abundante cantidad de materia orgánica.
			<i>Pseudomona fluorescens</i>	6×10^2	

OBSERVACIONES:

- No se dispone de normativa o reglamentos que establezcan los límites máximos permitidos cuando se trata de muestras de aguas superficiales, muestras de tipo ambiental, pero los valores sugeridos para actividades humanas como puede ser la acuicultura es $\leq 10^3$ UFC/ml (Cuéllar-Anjel *et al.* 2010, citado en OIRSA, 2014).
- Pseudomona spp.* es un patógeno oportunista de importancia clínica tanto para la salud humana como para formas de vida animal que viven en un medio acuático. Provoca altas mortalidades en estadios larvales de crustáceos, peces y moluscos.
- También son considerados microorganismos claves en el reciclado de materia orgánica en los hábitats aeróbicos de los ecosistemas y juega, por lo tanto, un papel esencial en la mejora y el mantenimiento de la calidad medioambiental. Es clasificada como una bacteria heterótrofa.
- Los resultados indican presencia alta cerca del sitio urbano del denominado "parque de la familia" de la ciudad de La Unión (punto B2), lugar donde puede percibirse, sobre todo en marea baja, de fuerte mal olor cuando el substrato de suelo queda al descubierto y expuesto al aire. Una inspección visual delata la presencia de descargas de aguas de desecho de origen doméstico, de manera permanente.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión

Laboratorio de Microbiología

REPORTE DE LECTURA DE PLACAS DE AGAR TCBS

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 02/02/2019

Fecha de toma de muestras: 30 de enero de 2019

Hora de inicio de lectura: 1505

Hora de fin de lectura: 1537

N° de muestra	Punto de muestreo Tipo de muestra Dilución	Resultados		Límite	Referencia	Interpretación del resultado
		Bacteria	UFC/ml			
1	A1 Agua de mar 1/1,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
2	A1 Agua de mar 1/10,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
3	A2 Agua de mar 1/1,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
4	A2 Agua de mar 1/10,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
5	A3 Agua de mar 1/1,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
6	A3 Agua de mar 1/10,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
7	B1 Agua de mar 1/1,000	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	1.0×10^5	$\leq 10^2$	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
8	B1 Agua de mar 1/10,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
9	B2 Agua de mar 1/1,000	<i>Vibrio alginolyticus</i>	2.0×10^5	$\leq 10^2$	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura.
	"	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	1.0×10^7	$\leq 10^2$	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
10	B2 Agua de mar 1/10,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano

**Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología**

REPORTE DE LECTURA DE PLACAS DE AGAR TCBS

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 28/02/2019

Fecha de toma de muestras: 26 de febrero de 2019

Hora de inicio de lectura: 0945

Hora de fin de lectura: 1015

N° de muestra	Punto de muestreo Tipo de muestra Dilución	Resultados		Limite	Referencia	Interpretación del resultado
		Bacteria	UFC/ml			
1	A1 Agua de mar 1/1,000	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	4 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
2	A1 Agua de mar 1/10,000	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	7.3 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
3	A2 Agua de mar 1/1,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
4	A2 Agua de mar 1/10,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
5	A3 Agua de mar 1/1,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
6	A3 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	6.0 X 10 ¹	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
7	B1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	6.0 X 10 ¹	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
8	B1 Agua de mar 1/10,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
9	B2 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	2.0 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura.
	"	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano
10	B2 Agua de mar 1/10,000	--	0	--	--	No hubo crecimiento bacteriano

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología

REPORTE DE LECTURA DE PLACAS DE AGAR TCBS

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 27/11/2019

Fecha de toma de muestras: 26 de noviembre de 2019

Hora de inicio de lectura: 1141

Hora de fin de lectura: 1330

N° de muestra	Punto de muestreo Tipo de muestra Dilución	Resultados		Límite	Referencia	Interpretación del resultado
		Bacteria	UFC/ml			
1	A1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	7.0 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
2	A1 Agua de mar 1/1,000	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	5.0 x 10 ¹	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
3	A2 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	2.0 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
4	A2 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	1.0 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
5	A3 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	2.5 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
6	A3 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	2.0 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
7	A3 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	1.0 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
8	B1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	1.5 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
9	B1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahemolyticus</i>	5.0 x 10 ¹	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
10	B1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	3.5 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
11	C1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	3.5 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE sede regional La Unión
Laboratorio de Microbiología

REPORTE DE LECTURA DE PLACAS DE AGAR TCBS

Procedencia: Golfo de Fonseca, aguas adyacentes al Departamento de La Unión

Fecha de lectura: 11/12/2019

Fecha de toma de muestras: 10 de diciembre de 2019

Hora de inicio de lectura: 0800

Hora de fin de lectura: 1030

N° de muestra	Punto de muestreo Tipo de muestra Dilución	Resultados		Limite	Referencia	Interpretación del resultado
		Bacteria	UFC/ml			
1	A1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	8.5 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
2	A1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	5.8 x 10 ³	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
3	A2 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	1.3 x 10 ³	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
4	A2 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	4.4 x 10 ³	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
5	A3 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	1.5 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
6	A3 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	2.6 x 10 ³	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
7	B1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	2.5 x 10 ³	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
8	B1 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	3.6 x 10 ³	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
9	B2 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	2.0 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
10	B2 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio alginolyticus</i>	3.0 x 10 ³	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.
11	B3 Agua de mar DIRECTA	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4.0 x 10 ²	≤ 10 ²	Cuéllar-Anjel <i>et al.</i> 2010, citado por OIRSA, 2014.	Agua no apta para uso en acuicultura. Riesgo al consumir producto pesquero.

SECUENCIA FOTOGRÁFICA DEL PROCESO DE MONITOREO EN EL GOLFO DE FONSECA, 2019.

COLECTA DE MUESTRAS DE AGUA



TOMA DE PARÁMETROS FÍSICOS



TOMA DE PARÁMETROS QUÍMICOS



RESULTADOS DE CRECIMIENTO BACTERIANO EN MEDIOS DE CULTIVO



SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400

2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.
Tel.: (503) 2440-4348

3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión.
Tel.: (503) 2668-4700

4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y
(503) 2334-0768

5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298