



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



INFORME DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DE LA BAHÍA DE LA UNIÓN EN EL SALVADOR Y BAHÍA DE CHISMUYO EN HONDURAS

CRÉDITOS

El siguiente Informe de Calidad de Agua Superficial de la Bahía de La Unión en El Salvador y la Bahía de Chismuyo en Honduras, fue elaborado gracias al apoyo del generoso pueblo de Estados Unidos por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID Centroamérica. Las opiniones expresadas en este material son de los autores y no necesariamente reflejan las opiniones de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del gobierno de Estados Unidos."

El proyecto número P01795 es ejecutado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y este documento ha sido elaborado con el apoyo y coordinación de los socios implementadores del proyecto la Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y Desarrollo Económico (Funsalprodese) y el Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca (CODDEFFAGOLF), y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN) y el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, de Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) Región Forestal del Pacífico de Honduras.

Emelie B. Weitnauer

Coordinadora Proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida

Milena Berrocal

Oficial Técnico UICN

José Alberto Leiva

Johana Segovia

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES)/ Facultad de Ciencias Naturales y Matemática/ Universidad de El Salvador



El proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida se desarrolla durante el periodo 2016 – 2019, y es parte de una iniciativa de la UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza donde cuatro proyectos complementan y coordinan acciones para promover la gestión integrada de la cuenca mediante la promoción de la protección de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, la generación de medios de vida sostenibles para las comunidades, las prácticas locales para adaptación al cambio climático y el apoyo a procesos de gobernanza del agua con enfoque participativo en todos los niveles.

Este proyecto se realiza gracias a la cooperación de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID).

INDICE

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 GENERAL.....	3
2.2 ESPECÍFICOS.....	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	4
3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESTACIONES DE MUESTREO..	5
3.3 ANÁLISIS DE VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS.....	9
<u>3.3.1 REGISTRO EN CAMPO.....</u>	<u>11</u>
<u>3.3.2 FASE DE LABORATORIO.....</u>	<u>12</u>
<u>3.3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....</u>	<u>14</u>
3.4 ANÁLISIS BACTERIANO.....	14
<u>3.4.1 RECOLECTA DE MUESTRE EN CAMPO.....</u>	<u>15</u>
<u>3.4.2 FASE DE LABORATORIO.....</u>	<u>16</u>
<u>3.4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</u>	<u>17</u>
3.5 ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF).....	19
<u>3.5.1 MUESTREO EN CAMPO.....</u>	<u>20</u>
<u>3.5.2 FASE DE LABORATORIO.....</u>	<u>20</u>
<u>3.5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</u>	<u>20</u>
3.6 CALIDAD DE AGUA - NORMAS AMBIENTALES.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 BAHÍA DE LA UNIÓN.....	23
<u>4.1.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....</u>	<u>23</u>
<u>4.1.2 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS.....</u>	<u>38</u>
<u>4.1.3 ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF) EN EL TRAMO BAJO DEL RÍO GOASCORÁN.....</u>	<u>43</u>
<u>Enero.....</u>	<u>43</u>
<u>Marzo.....</u>	<u>46</u>
4.2 BAHÍA DE CHISMUYO.....	49

4.2.1	<u>PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....</u>	49
	<u>Relación entre variables físicas y químicas del agua superficial de la Bahía de Chismuyo y los sitios de muestreo.....</u>	59
4.2.2	<u>PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS.....</u>	62
	<u>Relación entre parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua superficial de la Bahía de Chismuyo y los sitios de muestreo.....</u>	66
4.2.3	<u>ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF) EN EL TRAMO BAJO DEL RÍO NACAOME.....</u>	68
	<u>Febrero</u>	69
	<u>Marzo.....</u>	71
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
VII.	ANEXOS.....	79
7.1.1	<u>ANEXO 1 HOJA DE COLECTA EN CAMPO PARA PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRIENTES Y MICROBIOLÓGICOS.....</u>	80
7.1.2	<u>ANEXO 2 HOJA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y ESCHERICHIA COLI.....</u>	81
7.1.3	<u>ANEXO 3 HOJA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE VIBRIO SPP.....</u>	82
7.1.4	<u>ANEXO 4 HOJA DE LABORATORIO – IBF/SV.....</u>	83

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

Aa	Abundancia absoluta
ACP	Componentes Principales
Ar	Abundancia relativa
CAP	Circunferencia a la Altura de 1.3m
CPUE	Captura por Unidad de Esfuerzo
Da	Dominancia absoluta
DAP	Diámetro a la Altura del Pecho (1.3)
Dr	Dominancia relativa
Fa	Frecuencia absoluta
Fr	Frecuencia relativa
FUNSALPRODESE	Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y el Desarrollo Económico
HND	Honduras
IBF	Índice Biológico a nivel de Familia
ICMARES	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
ICWL	Proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida” (por sus siglas en inglés Improved Coastal Watersheds and Livelihoods Project)
IVI	Índice de Valor de Importancia
MANOVA	Prueba de Análisis Multivariante de la Varianza
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador
NMP	Número más Probable
SIMPER	Prueba de Porcentajes de Similitud
SLV	El Salvador
TSD	Total de Sólidos Disueltos
UES	Universidad de El Salvador
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

I. INTRODUCCIÓN

La intensa interacción entre ambientes caracteriza a las zonas costeras creando a través de estas interacciones, ambientes únicos y particulares como los estuarios y bahías; que se rigen por procesos físicos, químicos y biológicos muy dinámicos; y que, a su vez, están sujetos a cambios en escala geográfica, tiempo y duración, haciéndolos sistemas biológicamente muy productivos, pero vulnerables a presiones humanas (Marcovecchio et al. 2013).

Sin embargo, esta riqueza y diversidad de recursos presentes en los estuarios y bahías conllevan la correspondiente concentración de actividades y asentamientos humanos a lo largo de los litorales y estuarios en todo el mundo (Small & Nichols 2003). La contaminación, la eutrofización, la industrialización, los desarrollos urbanos, la reclamación de tierras, la producción agrícola, la sobrepesca -entre otros factores- impactan de manera continua la sustentabilidad de los ambientes costeros, entre ellos directamente a los estuarios. El mayor reto que enfrenta la humanidad hoy en día es cómo administrar correctamente el uso de esa importante y vital área (Vasquez Botello et al. 2005).

En esta labor, la generación de información actualizada y sistemática sobre los ambientes costeros, principalmente de estuarios y bahías, es importante en el presente y futuro para afrontar retos impuestos por factores antropogénicos, la variación natural y los efectos del cambio climático; así como para valorar correctamente sus consecuencias en los ecosistemas, sus servicios ambientales y los riesgos potenciales para la población (Marcovecchio et al. 2013).

Es por esto que el monitoreo y estudio para darle seguimiento a la calidad de agua se vuelve importante como indicador de salud y límite permisible para determinadas actividades, generalmente se basan en análisis de parámetros físicos y químicos; y, bio-indicación con macro invertebrados acuáticos; esta última, ha demostrado su eficacia en la detección de puntos de alteración y la cartografía de la calidad de agua, sobre todo como indicador de materia orgánica. La combinación de ambas metodologías permite registrar datos de eventos en el momento de la medición y, además, reflejar afectaciones anteriores al momento de muestreo (Alba-Tercedor 1996).

En el presente estudio, se busca determinar la calidad de agua superficial de las Bahías de La Unión y Chismuyo, en el Golfo de Fonseca; a través de describir la dinámica de las variables físico-químicas, determinar la concentración bacteriana (coliformes totales, *Vibrio* spp. y *E. coli*); y, conocer la contaminación orgánica del agua que desemboca en los Ríos Goascorán y Nacaome a través del índice biológico a nivel de familia (IBF SV 2010).

II. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Determinar la calidad de agua superficial de la Bahía de La Unión, El Salvador y la Bahía de Chismuyo, Honduras.

2.2 ESPECÍFICOS

- a. Describir la dinámica de las variables físico-químicas de las aguas superficiales del estuario de las bahías de La Unión, El Salvador y Chismuyo, Honduras.
- b. Determinar la concentración bacteriana (coliformes totales, *Vibrio* spp. y *E. coli*) del agua superficial del estuario de las bahías de La Unión, El Salvador y Chismuyo, Honduras.
- c. Conocer la contaminación orgánica del agua que desemboca en los ríos Goascorán y Nacaome a través del índice biológico a nivel de familia (IBF SV 2010), de la Bahía de La Unión, El Salvador y Chismuyo, Honduras.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Bahía de La Unión, El Salvador y la Bahía de Chismuyo, Honduras. La Bahía de La Unión se adscribe política y administrativamente a los municipios de Pasaquina, San Alejo, La Unión y Conchagua, forma parte del sistema de paisaje Planicie Costera, y del subsistema Esteros del Golfo de Fonseca. Es un estuario tropical; su bocana tiene una orientación SE-NO y una longitud de 35,50 Km. Según Chicas et al. (2009) el bosque de manglar tiene una extensión de 5, 858 ha en territorio de El Salvador. Por su parte, la Bahía de Chismuyo (Figura 1), Honduras, es un Área Natural Protegida con un área de 31,616.01 km² (UICN 2005) se encuentra entre las coordenadas 13°29'47.60", 13°21'49.30" LN y 87°37'26.59", 87°39'35.75" LO, y se adscribe políticamente y administrativamente a los municipios de Alianza, Goascorán, Nacaome y Amapala como parte del Departamento de Valle, Honduras. (Imagen 1).



Imagen 1. Ubicación de la zona de estudio, A: Bahía de La Unión, El Salvador y B: Bahía de Chismuyo, Honduras.

La cuenca del Río Goascorán es compartida entre El Salvador y Honduras, el Río Goascorán presenta un área de drenaje de 420 km² y un caudal de descarga de 1,040 m³/s, con precipitación anual de 5,660 m³/s (Buckalew et al. 1998), desembocando en la vertiente occidental de la Bahía de La Unión, Golfo de Fonseca, y presenta importantes afluentes como El Sauce, Aguas Calientes, Pasaquina y Polorós por la parte salvadoreña, y por Honduras el Río

Guajiniquil, y el Patagua, entre otros (Mena 2007). Por su parte, el Río Nacaome pertenece a Honduras y desemboca directamente en la Bahía de Chismuyo, en el Golfo de Fonseca; tiene una longitud de 110 km desde su nacimiento en la sierra de Lepaterique, Departamento de Francisco Morazán, Honduras; en esta zona se encuentra un promedio de precipitación 1,570 mm/año (UNAH-IHCT 2014).

3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESTACIONES DE MUESTREO

Las estaciones de muestreo que se seleccionaron tienen la finalidad de capturar la máxima variabilidad presente en la Bahía de La Unión, El Salvador y la Bahía de Chismuyo, Honduras; por lo que se eligió sitios cercanos a actividades antropogénicas, como asentamientos humanos, acuicultura (camaroneras), salineras, puertos e industria de procesamiento de pescado. Así mismo, se seleccionarán sitios influenciados por agua dulce (ríos Goascorán y Nacaome) y canales dónde se evidenció áreas con diferente desarrollo de vegetación de manglar o bosque seco, y a su vez, sitios con desarrollo de estanques o infraestructura.

Toda la información base sobre las características que reunían los sitios, se recopiló de estudios previos realizados en la zona, así como análisis de imágenes en reuniones del equipo multidisciplinario, el objetivo fue ubicar sitios de muestreo en zonas con menor perturbación y zonas con alto grado de perturbación (Imagen 2).

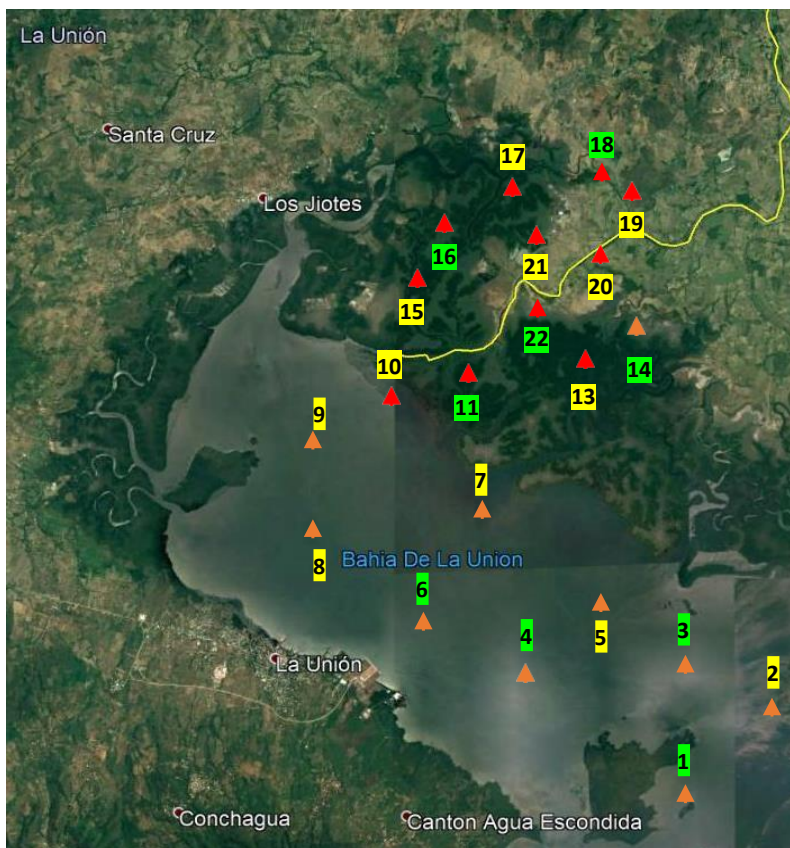


Imagen 2. Sitios de muestreo identificados por el equipo multidisciplinario para el registro de parámetros de calidad de agua superficial de la Bahía de La Unión, El Salvador.

Luego, con la información recolectada, se realizaron talleres de futuro para la consulta con los usuarios locales de ambas bahías; en su mayoría pescadores de punches, curiles y cascacos de burros (Imagen 3). Como primer paso, se delimitó áreas (con ayuda de mapas a escala), dónde según la percepción de los asistentes, el recurso es abundante y dónde el mismo ha disminuido; obteniendo como resultado una zonificación de los recursos bajo la percepción del usuario (Imagen 4).



Imagen 3. Proceso de selección de las estaciones de muestreo con las comunidades aledañas a las bahías. A, B y C: talleres con pescadores locales de las dos bahías, D: verificación en campo de los sitios de muestreo.

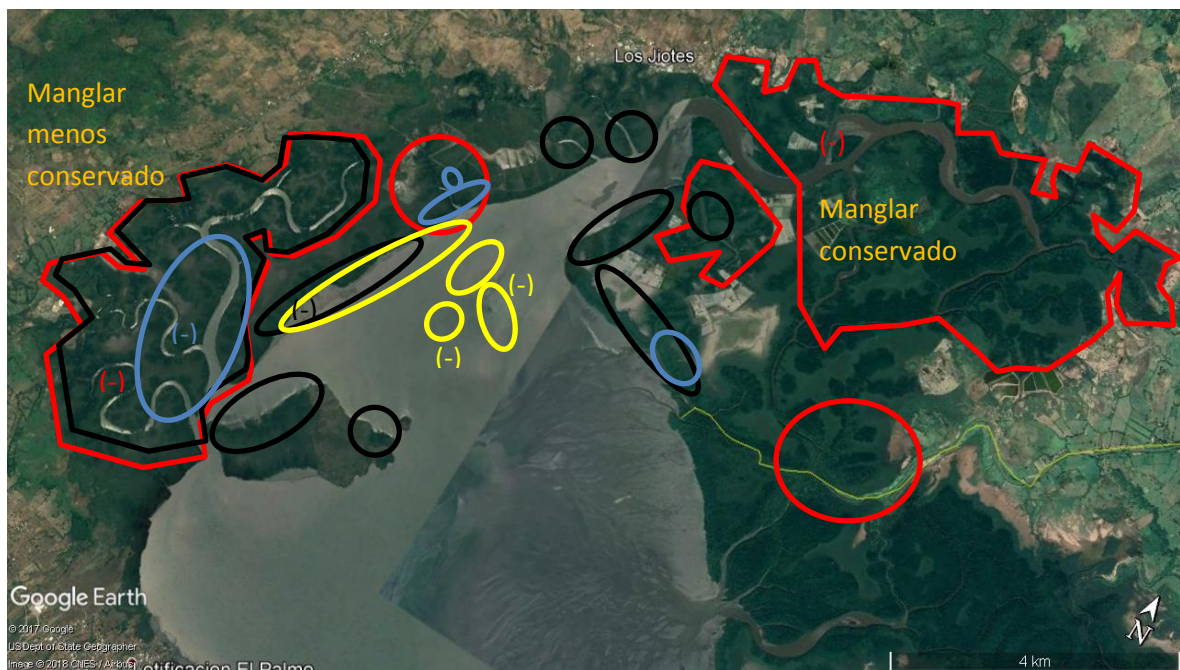


Imagen 4. Zonificación de los recursos bajo la percepción de los usuarios. Rojo: zonas de extracción de punche, Negro: zonas de extracción de curil y currilia, Amarillo: zonas de extracción

de Casco de burro, Celeste: zonas de extracción de Churria, (-): zonas dónde se observa el recurso en menor abundancia.

Finalmente, se identificaron amenazas para el ecosistema y el recurso, utilizando la metodología de lluvia de ideas a través de fichas, cada asistente contó con tres fichas; y, debió priorizar los problemas que perciben en las bahías. En la dinámica se destinó 15 minutos para escritura y ordenamiento de las fichas, buscando conglomerar las fichas cuya problemática fuera similar. Con esta información, se realizó un análisis de la frecuencia con la que se expresó el problema, con el objetivo de jerarquizarlos según su ocurrencia. Además, se invitó a los participantes a colocar los puntos más representativos donde se visualiza el problema percibido en un mapa. Posteriormente, se identificó si el problema lo perciben con severidad y en que temporalidad se presenta.

Con la recopilación de toda la información y la percepción comunitaria, se analizó y se confrontó los insumos para verificar áreas coincidentes y seleccionar los sitios de muestreo, y como último paso, se seleccionando de esos puntos, los más convenientes según la percepción de las localidades aledañas a las bahías, en aspectos de acceso y seguridad (Imagen 5, Tabla 1 A y B).

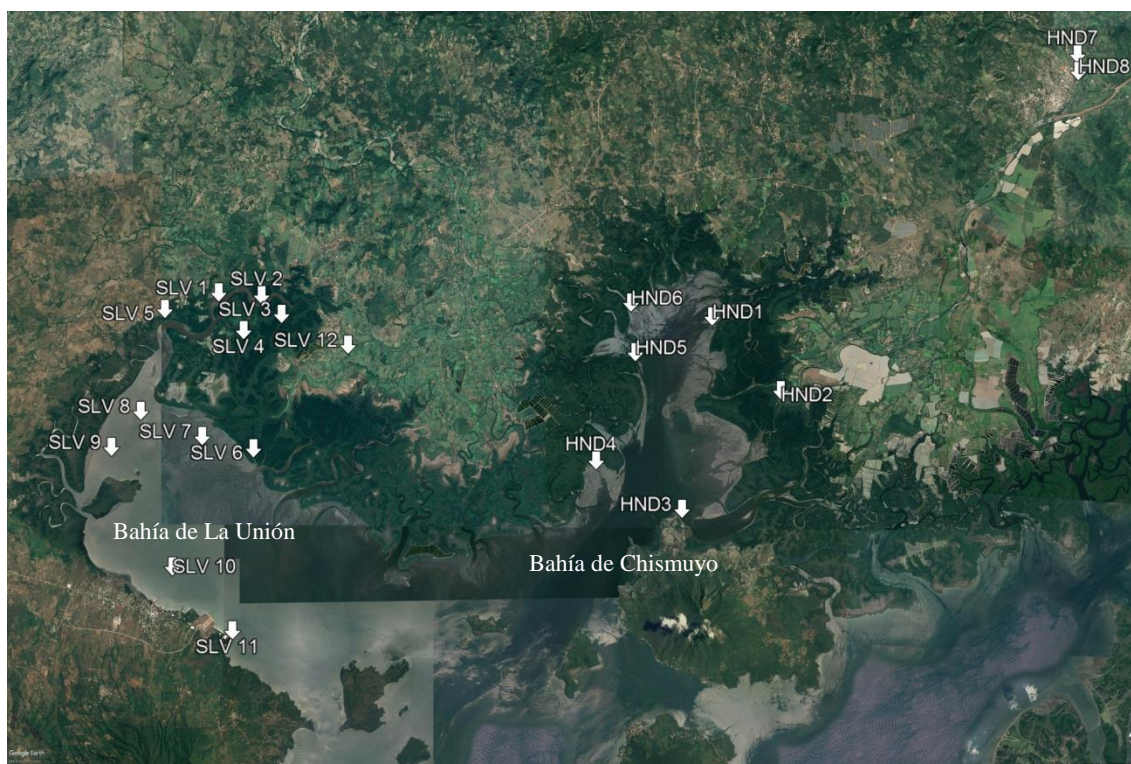


Imagen 5. Sitios de muestreo para el registro de calidad de agua superficial de las bahías de La Unión, El Salvador y Chismuyo, Honduras. SLV: puntos ubicados en El Salvador, HND: puntos ubicados en Honduras. Registro de nutrientes (Nitratos y Sulfatos) y concentración bacteriana (coliformes totales, *Vibrio* spp. y *E. coli*): SLV 3, SLV 5, SLV 9, SLV10, SLV11, SLV 12, HND 1, HND 3, HND 4, HND 5 y HND 8.

Tabla 1A. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo para análisis de calidad de agua superficial de las Bahías de La Unión, El Salvador y Chismuyo, Honduras.

N°	Código	Nombre	Coordenadas	
			X	Y
1	SLV1	Entre El Tigre y frente la isla San Juan	13°27'18.7 N	87°49'02.1"O
2	SLV2	Esquina de la isla San Juan	13°27'15" N	87°48' 01.4"O
3	SLV3	En medio del canal de El Robalón	13°26'49.2"N	87°47'33.1"O
4	SLV4	A la mitad del canal de la isla San Juan	13°26'26.9"N	87°48'36.8"O
5	SLV5	Entrada de los Jíotes	13°26'55.9"N	87°50'18.3"O
6	SLV6	Bocana del río Goascorán	13°23'44.6"N	87°48'12.8"O
7	SLV7	En medio del playón entre Punta de Pecho y Goascorán	13°24'01.4"N	87°49'25.3"O
8	SLV8	En medio de los playones, frente al Canalón	13°24'35.9"N	87°50'52.4"O
9	SLV9	Entre isla Periquito e isla Perico	13°23'46.4"N	87°51'33.9"O
10	SLV10	Frente a Ciudad de La Unión	13°21'02.2"N	87°50'07.4"O
11	SLV11	Frente a CORSAIN	13°19'34.5"N	87°48'42.6"O
12	SLV12	Río Goascorán a la altura de Barrancones	13° 26' 06.9"N	87°45' 59.09" O
13	HND1	Puerto Nuevo, al salir del canal de la Brea	13°26'45.9"N	87° 37' 24.2"O
14	HND2	Bocana del río Nacaome	13° 25' 4.5" N	87° 35' 47" O
15	HND3	Jiotillo, frente a Tierras Cheles	13° 22' 21.6"N	87° 38' 6.7 " O
16	HND4	Abajo del Jiotón	13° 23'28.3" N	87°40'8.2" O
17	HND5	Mojote	13° 25' 56.8" N	87° 39' 12.7" O
18	HND6	El Aceituno	13° 27' 5"N	87° 39' 18.9"O
19	HND7	Río Nacaome 1	13°32'46.33"N	87°28'46.25"O
20	HND8	Río Nacaome 2	13°32'23.08"N	87°28' 45.31"O

Tabla 1B. Análisis de calidad de agua superficial por sitio de muestreo de las Bahías de La Unión, El Salvador y Chismuyo, Honduras. T: temperatura, Sal.: salinidad, Cond.: conductividad, TSD: total de sólidos disueltos, Turb.: turbidez, N: nitrato, S: sulfato, Col. T.: Coliformes totales, °C: grados centígrados, ppm: partes por millón, mS/cm: miliSiemens por centímetro, ppt: partes por mil, FNU: unidad nefelométrica de formacina, 0: Ausencia de medición del parámetro, 1: registro del parámetro.

N°	Código	Parámetros Físico-Químicos con sonda HANNA							Nutrientes		Bacterias			IBF	TOTAL
		T (°C)	pH	Sal. (ppm)	Cond. (mS/cm)	OD (ppm)	TDS (ppt)	Turb. (FNU)	N	S	Col. T.	Vibrios	<i>E. coli</i>		
1	SLV1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
2	SLV2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
3	SLV3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
4	SLV4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
5	SLV5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
6	SLV6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
7	SLV7	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
8	SLV8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
9	SLV9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
10	SLV10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
11	SLV11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
12	SLV12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
13	HND1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
14	HND2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
15	HND3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12

16	HND4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
17	HND5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
18	HND6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
19	HND7	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	8
20	HND8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
TOTAL		20	20	20	20	20	20	20	11	11	11	11	11	3	

3.3 ANÁLISIS DE VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS

La calidad de agua es importante monitorearla, realizando mediciones sistemáticas y periódicas de diversos parámetros físico-químicos. Dentro de ellos, se eligieron los siguientes (Tabla 1B):

1. **Temperatura (°C):** la temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica. En las zonas tropicales la temperatura se mantiene más o menos constante, cálida a nivel del mar. Los organismos sometidos a cambios estacionales soportan más los cambios de temperatura y sus ciclos de vida están acoplados a estos cambios. Las descargas de aguas a altas temperaturas pueden causar daños a la fauna y flora de las aguas receptoras al intervenir con la reproducción de especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos no autóctonos (es decir, no originario). Además, la solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura, es decir, a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa (Faña 2002).
2. **pH:** es el logaritmo del inverso de la concentración de hidrogeniones (H⁺), el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítica, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce la diversidad por estrés fisiológico y reproductivo (Roldán 2003).
3. **Salinidad (ppm):** propiedad importante de aguas industriales y de cuerpos de agua naturales. La cantidad de sales en solución afecta varios procesos físicos importantes, así como las propiedades del agua y de sustancias disueltas en agua como la densidad, viscosidad, tensión superficial, solubilidad de gases, entre otros. Las diferencias de salinidad entre el agua dulce proveniente del río y el agua marina hacen que las especies biológicas que habitan los estuarios sean muy especializadas y adaptadas a tolerar esos extremos (Marcovecchio y Freije 2013).
4. **Conductividad eléctrica (mS/cm):** propiedad de las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, la cual depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y la temperatura. La variación de la conductividad proporciona información acerca de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, e igualmente contribuye a la detección de fuentes de contaminación, a la evaluación de la actitud del agua para riego y a la evaluación de la naturaleza geoquímica del terreno (Faña 2002).

5. **Oxígeno Disuelto (ppm):** es un indicador importante de la calidad de agua, los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L, es la fuente principal del oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán 2003). El oxígeno es un compuesto ligeramente soluble en el agua y su presencia en solución está determinada por la solubilidad del gas, la presión, la temperatura y la pureza del agua; además de ser dependiente de factores como re oxigenación atmosférica, respiración animal y vegetal, demanda béntica y bioquímica (Perdomo y Gómez 2000).
6. **Total de Sólidos Disueltos (ppt):** es el contenido de materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103-105°C. Los sólidos totales disueltos son aquellos que quedan después del secado de la muestra de agua previa filtración de partículas mayores a 1.2µm (Metcalf y Heddy 1985).
7. **Turbidez (FNU):** expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra. Es producida por materiales en suspensión como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y demás microorganismos. Incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema. La turbiedad define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada en suspensión, estos materiales son responsables del color (Roldán 2003).
8. **Concentración de nitratos (mg/L):** el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo sus niveles. Las diferentes formas del nitrógeno son importantes para determinar el tiempo transcurrido desde un evento contaminante en el cuerpo de agua (Roldán 2003). La concentración de nitrato en aguas superficiales normalmente es baja (0 a 18 mgL⁻¹), pero puede llegar a alcanzar elevados niveles como consecuencia de las prácticas agrícolas o residuos urbanos y ganaderos, o por aportación de aguas subterráneas ricas en nitrato. La principal preocupación deriva de la presencia de nitrato en alimentos o en agua potable, ya que tiene efectos tóxicos o pueden causar efectos cancerígenos. Los niveles elevados de nitrato pueden sugerir la posible presencia de otros contaminantes, tales como bacterias que podrían causar problemas de salud (Hunter et al. 2000, Antón y Lizaso, 2001).
9. **Concentración de sulfatos (mg/L):** es un ion abundante en aguas naturales, presente con un rango amplio de concentraciones en agua de lluvia y su determinación proporciona valiosa información respecto a la contaminación y a fenómenos ambientales; adicionalmente, puede aportar datos acerca de la información de ácido sulfúrico proveniente del dióxido de azufre presente en la atmosfera. Además, puede tener su origen al tener contacto con terrenos ricos en yesos, así como por la contaminación con aguas residuales industriales. El contenido de estos no suele presentar problemas de potabilidad en las aguas de consumo humano,

pero contenidos superiores a 300 mg/L pueden causar trastornos gastrointestinales en los niños (Arboleda 2000, Orozco 2005, Wilson et al. 2007, Guzmán 2011).

3.3.1 REGISTRO EN CAMPO

Los datos físico-químicos de temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, total de sólidos disueltos, conductividad, turbidez y nutrientes (sulfatos y nitratos), se registraron en cada estación de muestreo en aguas superficiales (Imagen 5) con una sonda multiparámetro HANNA Modelo HI 9829 (Imagen 6, Tabla 2), con excepción del componente de nutrientes, para el cual se recolectó muestras de agua para su posterior análisis en el laboratorio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y el laboratorio de la Escuela de Química. Los datos se anotaron en hojas de colectas pre diseñadas para tal fin (Anexo 1).



Imagen 6. Registro de parámetros físico químicos con la sonda multiparámetro HANA HI 9829 en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Tabla 2. Precisión de toma de dato por variable de la sonda multiparámetro HANNA Modelo HI 9829.

Parámetr	Precisión ¹
Temperatura	±0.015 °C
Salinidad	±0.01 PSU
pH	± 1.0 mV
Oxígeno disuelto	0 a 30 ppm (mg/L): ± 0.10 ppm (mg/L)
Total de Sólidos Disueltos	±1 ppm (mg/L)
Conductividad	±1µS/cm

¹Cualidad del instrumento que se refiere a la capacidad de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones, reflejando la proximidad de distintas medidas entre sí, y es función exclusiva de errores accidentales.

La muestra de agua superficial para el análisis de nutrientes se recolectó en dos muestras de agua en frascos de plástico de 1 litro de capacidad, una

muestra se utilizó para determinar sulfatos y la otra para determinar nitratos, para este último análisis, se le adicionó 1 ml de ácido sulfúrico concentrado por cada 250 ml de agua, para conservar la muestra hasta su procesamiento en laboratorio (Imagen 7A). Las muestras fueron recolectadas en marea alta para asegurar una mayor representatividad de las muestras, cada frasco se enjuagó tres veces con agua marina o dulceacuícola, dependiendo del sitio de muestreo, al momento de la recolección de la muestra de agua se evitó que el frasco quedará con burbujas de aire (Imagen 7B).



Imagen 7. Recolecta y preparación de las muestras de agua para el análisis de nutrientes, A: colocación de ácido sulfúrico a la muestra de agua superficial para análisis de nitratos, B: obtención de la muestra para traslado al laboratorio.

Finalmente, todas las muestras de agua se mantuvieron depositadas en una hielera a una temperatura de 4°C, para posteriormente ser trasladadas al laboratorio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y el laboratorio de la Escuela de Química para su posterior procesamiento.

3.3.2 FASE DE LABORATORIO

A. Determinación de concentración de Nitrato

Los nitratos fueron medidos por ultravioleta a una longitud de onda de 220 nm, pero esta longitud también puede ser absorbida por la materia orgánica presente en las muestras, por lo que se midió también, a una longitud de onda de 275 nm para corregir el valor de nitrato.

Curva de calibración a partir de la solución patrón de 994 ppm: para este análisis, se midieron volúmenes en orden creciente de la solución patrón para obtener seis (6) concentraciones entre 0 y 30 ppm, antes de aforar con agua des ionizada se agregaron 0.2 mL de HCL 12M a cada solución. Posteriormente se realizaron las medidas espectrofotométricas en dos longitudes de ondas: 220nm y 275nm. Para la elaboración de la curva de calibración se grafica la resta de las absorbancias leídas de cada solución de ambas longitudes de onda ($A = A_{220nm} - A_{275nm}$). Antes de realizar las medidas en el espectrofotómetro, en caso de observarse turbidez las muestras se procedieron a filtrar, para el análisis de las muestras de aguas, se realizó la lectura del agua pura y las respectivas longitudes de onda (Imagen 8).



Imagen 8. Procesamiento y análisis de la muestra de agua superficial para la determinación de nitratos.

B. Determinación de concentración de sulfato

El ion sulfato se encuentra distribuido en la naturaleza y son abundantes en aguas duras, este se puede medir por medio de la reacción de este compuesto químico con cloruro de bario en medio ácido donde forman cristales de tamaño uniforme. Estos cristales son proporcionales a la concentración de estos en la muestra, cuya absorbancia se puede medir a 420nm. Su determinación se hace a través de una curva de calibración de un estándar del ion sulfato, permitiendo calcular concentraciones no mayores a 40 ppm.

Este método es aplicable a aguas naturales, tratadas y aguas de proceso. Para preparar la solución acondicionadora de sulfatos, se colocó en un balón de 500ml en el siguiente orden y mezclando después de cada adición, 30 ml de ácido sulfúrico concentrado, 300 ml de agua des ionizada, 100 ml de alcohol isopropílico y 75 g de cloruro de sodio. Luego se agregó 50 ml de glicerol y enrazar con agua.

Curva de calibración: para el análisis, se midieron volúmenes en orden creciente de la solución patrón para obtener por lo menos seis concentraciones de solución entre 0 y 40 ppm, a continuación, se transfirieron las soluciones de los patrones a vasos de precipitados de 100 ml, luego, a cada solución se le adicionaron 2.5 ml de solución acondicionadora y se agitó con varilla de vidrio; luego se adicionó 0.5 g de cloruro de bario di hidratado y se agitó nuevamente. Se hicieron las lecturas de cada solución patrón a una longitud de onda de 420nm, antes de que pasaran 5 minutos de haber preparado la mezcla anterior (Imagen 9).



Imagen 9. Procesamiento y análisis de las muestras de agua superficial para la determinación de sulfatos.

3.3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los registros de los parámetros físicos y químicos fueron descritos con gráficas de líneas, identificando valores mínimos, máximos, promedios y su desviación típica. Así mismo, con un análisis de correlación de Pearson se determinó las posibles relaciones directas que se registraron en los datos de las variables. Luego, fueron analizados los datos a través de Componentes Principales (ACP), en base a matrices de correlación, para conocer el peso de cada variable y la relación entre ellas; así como la relación entre las variables y los puntos muestreados; con la mayor variabilidad acumulada en los dos primeros componentes. Este análisis permitió identificar con mayor precisión el aporte de cada variable a la dinámica registrada en los sitios de muestreo.

Posteriormente, en los análisis donde se logró observar agrupaciones en las observaciones, se les realizó una prueba de análisis multivariante de la varianza (MANOVA), y así comprobar si las variables seleccionadas en el análisis de ACP, son estadísticamente adecuadas para explicar la discriminación de los grupos de los sitios muestreados; por último, se realizó una prueba de Porcentajes de Similitud (SIMPER) para identificar específicamente cuáles de estas variables físico químicas analizadas que están conformando estos agrupamientos.

3.4 ANÁLISIS BACTERIANO

La calidad de agua es importante monitorearla, realizando mediciones sistemáticas y periódicas de diversos parámetros biológicos, entre ellos, de origen bacteriano. Dentro de ellos, se eligieron los siguientes (Tabla 1B):

1. **Coliformes Totales y Fecales:** el análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua, el ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas de aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto, en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de

la presencia del grupo coliformes se constituye en un indicio de contaminación, así como la eficiencia y la purificación y potabilidad del agua. Las bacterias coliformes están siempre presentes en la flora intestinal y aunque algunas especies están ampliamente distribuidas en la naturaleza, su presencia indica contaminación en el agua (Roldán 2003).

2. ***E. coli***: su abundancia se ha asociado más al riesgo sanitario en comparación con el resto del grupo de coliformes y se utiliza mucho para la evaluación de la calidad de agua en varios países. Son susceptibles a factores como la temperatura, la disponibilidad de nutrientes y la depredación por protozoos. Sin embargo, las poblaciones encontradas en hábitat secundarios (fuera de la parte baja del intestino de los seres humanos y animales homeotermos) son aparentemente mantenidas por el constante arribo de microorganismos del hábitat primario, ya que no viven en ambientes inertes (un día en agua y tres en el suelo), pero el continuo volumen transferido de fuentes humanas y animales mantienen una estable población fuera del hospedante animal (Faust et al. 1975, Winfield y Grosman 2003).
3. ***Vibrios spp.***: es un grupo que forma parte del plancton marino, se encuentra en todas las épocas del año y en dependencia de los factores físico y químicos más las fuentes nutritivas, podemos encontrar una o varias especies en determinado momento. Estas bacterias son las responsables de causar grandes mortalidades en los organismos marinos (peces y camarones), sobre todo si estos se encuentran cultivados en estanques cerrados donde el agua de este tiene muy poca comunicación con el agua oceánica (Brock 1993).

3.4.1 RECOLECTA DE MUESTRE EN CAMPO

Para la recolecta de las muestras de agua superficial se utilizó una botella de plástico con capacidad de 500 ml, previamente esterilizada para evitar contaminación externa, el frasco cerrado se sumergió a una profundidad de 30 cm desde la superficie del espejo de agua, luego se abrió la tapa para el llenado del frasco; evitando el contacto de los dedos u otra fuente contaminante al cuello del frasco (Imagen 10A). La recolecta del agua se realizó en condiciones de marea alta, asegurando que el sitio de muestreo no presentase fuerte remoción de agua por acción de las corrientes locales. El frasco se llenó por lo menos a dos terceras partes de su capacidad, ya que una cantidad menor sería insuficiente, y una mayor disminuiría el espacio de aire disponible necesario para homogenizar la muestra, los tapones de los frascos se cubrieron con papel aluminio desde el cuello (Imagen 10C) (APHA/AWWA/WPCF 1998).

Las muestras de agua superficial para este análisis fueron transportadas en una hielera con temperatura controlada de 4°C, para evitar la degradación de la muestra, posteriormente en las instalaciones del Laboratorio del Instituto de Ciencias del mar y Limnología fueron procesadas antes de las 24 horas de su

colecta para asegurar la viabilidad de la muestra (APHA/AWWA/WPCF 1998) (Imagen 10B).

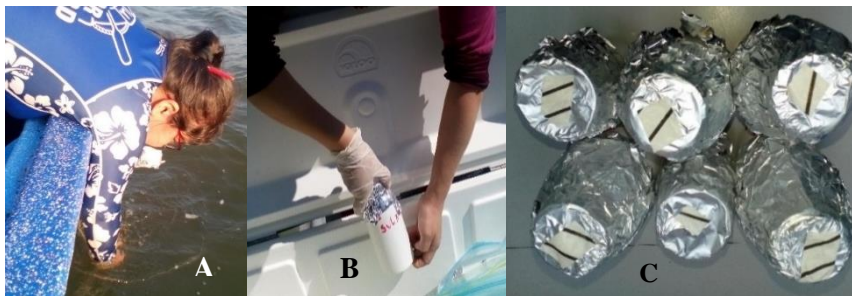


Imagen 10. Proceso de recolecta. A: recolecta de la muestra de agua superficial in situ, B: transporte acondicionado para la temperatura correspondiente, C: protección de muestras de agua superficial.

3.4.2 FASE DE LABORATORIO

A. Determinación de coliformes totales y Escherichia coli

Para conocer las concentraciones de coliformes totales y *E. coli*, se utilizó la metodología de tubos múltiples (APHA/AWWA/WEF 2012). En la cual se procede usando el caldo LMX, que se enriquece de forma selectiva para la identificación simultánea de coliformes totales y *E. coli*. En el procedimiento, se colocaron 5 tubos con 10 ml del caldo LMX, cada tubo estaba previamente rotulado y se inoculó con las diluciones de la muestra (en diluciones decimales decrecientes), se mezclaron los tubos mediante agitación suave y se llevaron a incubar a una temperatura de 35°C durante 24 horas y se observó si se produjo cambio en la coloración del agar de amarillo a verde azulado.

Posteriormente, los tubos que muestrearon cambio de color, pasaron a las pruebas de determinación de *E. coli*; para esto se colocaron bajo una lámpara de luz UV y se observó la fluorescencia de ser positivos, a la fluorescencia se colocaron de 1 a 3 gotas de Indol, según KOVAC, para confirmar *E. coli* (Imagen 11) con la presencia de un anillo color violeta (Cabrera y Ospina 2006). Todos los resultados en laboratorio fueron registrados en una hoja de recolecta de datos diseñada para este fin (Anexo 2).



Imagen 11. Verificación de los análisis de coliformes totales y *E. coli*. A: resultado positivo del análisis de coliformes totales, B y C: fluorescencia positiva y confirmación de *E. coli* con el anillo violeta producido por el Indol.

B. Determinación de Vibrio spp.

Las muestras se prepararon en diluciones de agua peptonada desde 10-1 hasta 10-5, el método de siembra fue por dispersión en placa (Miranda-Baeza 2015), se tomó con una micro pipeta 100 μ l de la dilución y se sembraron en placas con Agar Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa (TCBS), el cuál es un medio selectivo para el aislamiento y cultivo de *Vibrio spp.*, cada dilución se sembró por duplicado.

Posteriormente, se preparó una placa “control” conteniendo únicamente el medio de cultivo y una segunda placa “control” conteniendo el medio de cultivo y el agua de dilución; esto se realiza para asegurar la esterilidad de los medios y del agua de las diluciones.

Todas las placas se incubaron a una temperatura de 35°C por 48 horas (Imagen 12A y B), posteriormente se examinó y observó el crecimiento bacteriano de las placas, luego se procedió a realizar el conteo de colonias viables (UFC) para determinar la concentración de *Vibrio spp.*, (Imagen 12C), en las diferentes muestras de agua (Arias et al. 2006). Todos los resultados en laboratorio fueron registrados en una hoja de recolecta de datos diseñada para este fin (Anexo 3).



Imagen 12. Procesamiento de muestras de agua para la determinación de *Vibrio spp.*, A: proceso de siembra de la muestra de agua, B: incubación de las muestras y C: crecimiento de las colonias de *Vibrio spp.*

3.4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Concentración de coliformes totales y E. coli

Los resultados del estudio de los tubos múltiples y diluciones se informan como Número más Probable (NMP) de microorganismos existentes, éste se basa en fórmulas de probabilidad, dónde se calcula la densidad media de coliformes en la muestra. Para ello, se identificó los tubos positivos de las diluciones múltiples y se estimó la densidad bacteriana con la tabla de NMP (APHA/AWWA/WPCF

1998), la cual se basa en la hipótesis de una distribución de Poisson (probabilidad discreta, que expresa que a partir de una frecuencia de ocurrencia media, la probabilidad de que ocurra un determinado número de eventos durante cierto período de tiempo, es decir la probabilidad de ocurrencia con probabilidad muy pequeña o sucesos raros) (APHA/AWWA/WEF 2012) (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de NMP, límites de aceptación del 95 por 100, para distintas combinaciones de resultados positivos cuando se usan cinco tubos por dilución (10 ml, 1,0 ml, 0,1 ml) (Fuente: APHA/AWWA/WPCF 1998).

Combinación de positivos	Índice NMP/100 ml	Límites de confianza 95%		Combinación de positivos	Índice NMP/100 ml	Límites de confianza 95%	
		Superior	Inferior			Superior	Inferior
0-0-0	<2	-----	-----	4-3-0	27	12	67
0-0-1	2	1	10	4-3-1	33	15	77
0-1-0	2	1	10	4-4-0	34	16	80
0-2-0	4	1	13	5-0-0	23	9	86
1-0-0	2	1	11	5-0-1	30	10	110
1-0-1	4	1	15	5-0-2	40	20	140
1-1-0	4	1	15	5-1-0	30	10	120
1-1-1	6	2	18	5-1-1	50	20	150
1-2-0	6	2	18	5-1-2	60	30	180
2-0-0	4	1	17	5-2-0	50	20	170
2-0-1	7	2	20	5-2-1	70	30	210
2-1-0	7	2	21	5-2-2	90	40	250
2-1-1	9	3	24	5-3-0	80	30	250
2-2-0	9	3	25	5-3-1	110	40	300
2-3-0	12	5	29	5-3-2	140	60	360
3-0-0	8	3	24	5-3-3	170	80	410
3-0-1	11	4	29	5-4-0	130	50	390
3-1-0	11	4	29	5-4-1	170	70	480
3-1-1	14	6	35	5-4-2	220	100	580
3-2-0	14	6	35	5-4-3	280	120	690
3-2-1	17	7	40	5-4-4	350	160	820
4-0-0	13	5	38	5-5-0	240	100	940
4-0-1	17	7	45	5-5-1	300	100	1300
4-1-0	17	7	46	5-5-2	500	200	2000
4-1-1	21	9	55	5-5-3	900	300	2900
4-1-2	26	12	63	5-5-4	1600	600	5300
4-2-0	22	9	56	5-5-5	>1600	-----	-----
4-2-1	26	12	65				

El NMP para combinaciones que no aparecen en la tabla se calculó mediante la fórmula de Thomas (APHA/AWWA/WPCF 1998):

$$\text{NMP/100ML} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{(\text{ml de muestras en los tubos negativos}) (\text{ml de muestras en todos los tubos})}}$$

B. Concentración de Vibrio spp.

Para el cálculo del número de unidades formadoras de colonias, se contó las colonias que crecieron en las placas, para luego calcular la media aritmética entre las réplicas y multiplicar el promedio del número de colonias por el recíproco de la dilución usada. Los resultados se reportan en Unidades Formadoras de Colonias por mililitros (UFC/mL) para las muestras de agua (Ayuntamiento 2008).

3.5 ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF)

Este índice se destaca la cualidad de los organismos de macro invertebrados que habitan los cuerpos de agua para revelar las condiciones ecológicas cambiantes o estables del recurso, y su relación con la medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos *in situ* y *ex situ*. Ellos proporcionan excelentes señales sobre la calidad ambiental del agua de los ríos, porque algunos requieren una muy buena calidad para desarrollarse y sobrevivir, mientras que otros, por el contrario, crecen y abundan en aguas muy contaminadas. Esto se debe a que las diferentes especies tienen diferentes grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas de los ríos.

También, son considerados excelentes indicadores de la calidad ambiental, debido a que su periodo de vida es lo suficientemente largo para mostrar como son afectados por la presencia de agentes contaminantes, incluyendo aquellos de bajas concentraciones, pero con capacidad de acumularse a través del tiempo. Asimismo, tienen la ventaja de ser relativamente inmóviles y fáciles de recolectar o muestrear y tienden a formar comunidades características que se asocian a condiciones físicas y químicas de las aguas de los ríos, lo que permite conocer los diferentes grados de contaminación.

Además, permiten detectar situaciones de toxicidad aguda (envenenamiento) en los cuerpos de agua superficiales, lo cual generalmente no es detectado tan fácilmente por las mediciones físico-químicas tradicionales. Debido a estas ventajas, el uso de bio indicadores para medir la calidad de agua, especialmente de ríos y quebradas, ha cobrado cada vez más importancia a nivel mundial, y recientemente también se está implementado en varios países latinoamericanos (Sermeño et al. 2010).

3.5.1 MUESTREO EN CAMPO

El muestreo de macro invertebrados acuáticos se realizó con la metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de insectos acuáticos mediante el uso de la red tipo “D” en los ríos de El Salvador (Sermeño et al., 2010), para tener una representatividad de los datos, la recolecta de individuos se realizó en los diferentes micro hábitats del río, como rápidos, remansos y vegetación sumergida. Del tramo bajo de los Ríos Goascorán y Nacaome se seleccionaron dos sitios para su representatividad.

Para cada recolecta, los individuos se separaron del resto de materia orgánica; para ello, se utilizaron pinzas y pinceles, posteriormente, las muestras se colocaron en bolsas de cierre hermético con alcohol 70%; debidamente rotuladas.

3.5.2 FASE DE LABORATORIO

La materia orgánica colectada con la red y preservada con alcohol 70%, se colocó en un recipiente y fue lavado con agua y tamiz para asegurar la colecta de organismos. Las muestras fueron separadas y debidamente etiquetadas, para finalmente realizar su identificación taxonómica con el uso de estereoscopio. Todos los resultados en laboratorio fueron registrados en una hoja de recolecta de datos diseñada para este fin (Anexo 4)

3.5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Debido a la diversidad ecológica y de rangos de tolerancia de las familias de los macro-invertebrados dulceacuícolas, son ampliamente utilizados como bio-indicadores de la calidad del agua y salud del ecosistema (Springer 2006). Con base a la identificación taxonómica de los insectos acuáticos a nivel de familia, se puede determinar la abundancia absoluta de los individuos para cada familia, con esta información se calculó el IBFSV-2010 adaptado para El Salvador (Sermeño et al., 2010). Los valores de abundancia de cada familia se ponderan con el grado de sensibilización de contaminación orgánica del agua, el rango de tolerancia es de 0.0 a 10.0 (Hilsenhoff, 1988), de acuerdo a esto, el agua se puede clasificar en diferentes categorías de calidad del agua (Cuadro 4). El IBF se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$IBF = 1/N \sum n_i t_i$$

Donde ***n_i*** es el número de individuos en una familia, ***t_i*** es el puntaje de tolerancia de cada familia y ***N*** es el número total de individuos en cada estación o sitio de muestreo (Figuroa et al, 2003). Los valores obtenidos del IBF se expresan en siete clases de calidad ambiental, correspondiente a una escala de condición biológica que fue desarrollada para determinar el grado de contaminación orgánica (Resh et al, 1996), esta escala se encuentra entre el rango de categoría propuesta por Hilsenhoff (1988), que va desde 0.0 a 10.0 (Tabla 4).

Tabla 4. Cuadro de nivel de sensibilidad de los invertebrados acuáticos a la contaminación del agua propuesto por Hilsenhoff (1988), para el cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de Hauer y Lamberty (1996).

Valor IBF SV-2010	Categoría	Calidad del agua	Interpretación del grado de contaminación orgánica
0.00 - 3.75	1	Excelente	Contaminación orgánica improbable
3.76 - 4.25	2	Muy buena	Contaminación orgánica leve posible
4.26 - 5.00	3	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5.01 - 5.75	4	Regular	Contaminación orgánica bastante probable
5.76 - 6.50	5	Regular pobre	Contaminación sustancial probable
6.51 - 7.25	6	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
7.26 - 10.00	7	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable

3.6 CALIDAD DE AGUA - NORMAS AMBIENTALES

Los datos obtenidos en el análisis de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua superficial, se compararon con rangos permisibles en normativas y propuestas de estándares de calidad ambiental de la región (Chile, Perú y Panamá) (Tabla 5):

1. Guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile.
2. Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78 (1987): Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Sección: Agua para riego.
3. Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú (Decreto Supremo No 002-2018-MINAM).
 - a. Categoría 2: Actividades marino costeras, Subcategoría 1: Extracción y cultivo de moluscos bivalvos.
 - b. Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.
 - c. Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, Estuarios.
4. Anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales de Panamá (2007), Capítulo 4: Estándares de calidad de agua, Art. 16: Cuerpos de agua marinos y costeros, Clase 1 M: Aguas destinadas a la protección y conservación de las comunidades acuáticas, recreación por contacto directo y desarrollo de acuicultura y actividades de pesca.

Tabla 5. Normativas y propuestas de estándares de calidad ambiental de Chile, Perú y Panamá.

Parámetro	Unidad	Chile ¹			Chile ²	Perú ^{3a} : Extracción y cultivo de moluscos bivalvos		Perú ^{3c} : Conservación de ambientes acuáticos	Perú ^{3b} : Riego de vegetales y bebidas de animales	Panamá ⁴
		Clase 1: Muy buena calidad	Clase 2: Buenas calidad	Clase 3: Regular calidad						
Coliformes totales	NMP/100 ml	<70	70-1000	<1000	N/A		N/A	2000	5000	N/A
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<2	<43	<1000	≤1000		N/A	N/A	N/A	<50
					NMP/100ml					
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	N/A	N/A	N/A	N/A	≤14 ^{****}	≤88 ^{*****}	1000	2000	N/A
<i>E. coli</i>	NMP/100 ml	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	N/A
<i>Vibrio cholerae</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Ausente	N/A
pH	Rango	7.5 a 8.5	6.5-9.5	6.0-9.5	5.5-9	7 a 8.5		5 a 8.8	6.5 a 8.4	N/A
Oxígeno disuelto	mg/L	N/A	N/A	N/A	N/A	≥4		≥4	>5	>5
Temperatura	°C	D2*	D3**	D5***	N/A	N/A		N/A	N/A	N/A
Sólidos disueltos totales	mg/L	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		500	N/A	N/A
Nitratos	mg/L	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		10	50	<0.40
Sulfatos	mg/L	N/A	N/A	N/A	250	N/A		N/A	500	N/A

*D2: La variación no debe ser mayor a 2 °C (temperatura promedio mensual ± 2 °C).

**D3: La variación no debe ser mayor a 3 °C (temperatura promedio mensual ± 3 °C).

***D5: La variación no debe ser mayor a 5 °C (temperatura promedio mensual ± 5 °C).

****Área aprobada: Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

*****Área restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano luego de ser depurados.

N/A: Variable no considerada en la normativa.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 BAHÍA DE LA UNIÓN

4.1.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

En los sitios de muestreo seleccionados para el análisis de calidad de agua superficial de la Bahía de La Unión realizados en los meses de enero y marzo 2018, se registró la presencia del alga *Phaeocystis sp.* (Imagen 13), en mayoría de canales la cual se visualizó en etapa de descomposición con un tono blanco/transparente, formando una capa blancuzca con apariencia de espuma.



Imagen 13. Alga *Phaeocystis sp.* en los sitios de muestreo para el registro de parámetros físicos y químicos en el agua superficial de la Bahía de La Unión, El Salvador. A: sitio SLV7, B: Embarcadero Los Coquitos.

El dato promedio de temperatura fue $28.004 \pm 0,921^{\circ}\text{C}$, con valor mínimo en enero de 26.76°C en el sitio SLV2, y máximo en marzo de 29.807°C en SLV9; para el pH se registró un valor promedio de $7,746 \pm 0,316$, registrando el valor mínimo en marzo de 7.21 en SLV3 y el máximo en enero de 8.23 en SLV 10.

La salinidad promedio fue $34.390 \pm 8.103\text{ppm}$, con valor mínimo en marzo de 0.13ppm en SLV12 y máximo en marzo de 39.93ppm en SLV3; para el oxígeno disuelto se registró $4,084 \pm 1,933\text{ppm}$ en promedio, con valor mínimo en marzo de 1.83ppm en SLV4 y máximo en enero de 7.42ppm.

El total de sólidos disueltos promedio fue $32,218 \pm 23,474\text{ppt}$, con valor mínimo de 20.6ppt en enero en la estación SLV6 y máximo en marzo de 137.00ppt en SLV12; para conductividad se registró un valor promedio de $64,385 \pm 46,737\text{mS/cm}$, con un valor mínimo de 41.2 mS/cm en enero en la estación SLV6 y máximo en marzo de 273.0 mS/cm en SLV12.

Finalmente, la turbidez promedio fue de $12,301 \pm 9,284\text{FNU}$, con valor mínimo de 2.7FNU en marzo en la estación SLV2 y máximo de 41.4FNU en enero de en la estación SLV6 (Tabla 6).

Tabla 6. Valores promedio (DE) y registro de valores mínimos y máximos de los parámetros físicos y químicos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

	T° (°C)	pH	Sal (ppm)	OD (ppm)	TDS (ppt)	Cond (mS/cm)	Turb (FNU)
Promedio (DE)	28,004±0,92 1	7,746±0,316	34,390±8,103	4,084±1,933	32,218±23,474	64,385±46,73 7	12,301±9,284
Valor mínimo	26,76	7,21	0,13	1,83	20,6	41,2	2,7
Valor máximo	29,807	8,23	39,93	7,42	137,0	273,0	41,4

En enero y marzo 2018 existieron pares de variables físicas y químicas del agua superficial con relación directa o inversa, los cuales se observan en el análisis de correlación de Pearson (Tabla 7), con valores p por debajo de 0,05:

1. Temperatura y oxígeno disuelto: relación media, inversa (-0.61 p : 0.003).
2. pH y oxígeno disuelto: relación alta, directa (0.91 p : 0.00).
3. Salinidad y total de sólidos disueltos: relación alta, inversa (-0.92 p : 0.00).
4. Salinidad y conductividad: relación alta, inversa (-0.92 p : 0.00).
5. Oxígeno disuelto y temperatura: relación media, inversa (-0.61 p : 0.003).
6. Sólidos disueltos totales y conductividad: relación alta, directa (1.0 p : 0.00).

Es decir, que, al haber mayor temperatura, se registra una menor concentración de oxígeno disuelto, así mismo, entre mayor salinidad hay una menor concentración de sólidos disueltos totales y menor conductividad. Relaciones que también aplican de forma inversa. Luego, a mayores registros de pH mayor concentración de oxígeno disuelto, así mismo a mayor concentración de sólidos disueltos totales mayor conductividad (Tabla 7).

Tabla 7: Correlación de Pearson y prueba de significancia estadística (nivel de confianza: 95%) de las variables físicas y químicas de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

	T° (°C)	pH	Sal (ppm)	OD (ppm)	TDS (ppt)	Cond (mS/cm)	Turb (FNU)
pH	-0,2947						
p	0,1830						
Sal (ppm)	-0,1544	-0,0651					
p	0,4928	0,7735					
OD (ppm)	-0,6069	0,9059	0,0584				
p	0,0027	0,0000	0,7961				
TDS (ppt)	0,2871	-0,0385	-0,9158	-0,2058			
p	0,1952	0,8651	0,0000	0,3583			
Cond (mS/cm)	0,2872	-0,0386	-0,9157	-0,2059	1,0000		
p	0,1950	0,8646	0,0000	0,3579	0,0000		
Turb (FNU)	0,0196	0,1434	-0,0341	0,1381	-0,2512	-0,2514	
p	0,9310	0,5242	0,8802	0,5398	0,2595	0,2591	
T° (°C)		-0,2947	-0,1544	-0,6069	0,2871	0,2872	0,0196
p		0,1830	0,4928	0,0027	0,1952	0,1950	0,9310

Temperatura

La temperatura del agua superficial mostró una elevación de enero para marzo, en enero se registró un valor promedio de $27.18 \pm 0.42^\circ\text{C}$ y en marzo de $28.69 \pm 0.6^\circ\text{C}$. En enero los sitios de muestreo que registraron menor temperatura fueron SLV1, SLV2, SLV3, SLV4 y SLV5 (de 26.76 a 26.9°C); y las de mayor temperatura en SLV6, SLV7, SLV8, SLV9 y SLV10 (de 27.18 a 27.9°C). Mientras en marzo, el de menor valor de temperatura se registró en SLV3 con 27.73°C , y el valor más alto en SLV9, SLV11 y SLV12 (de 29.08 a 29.8°C) (Figura 1).

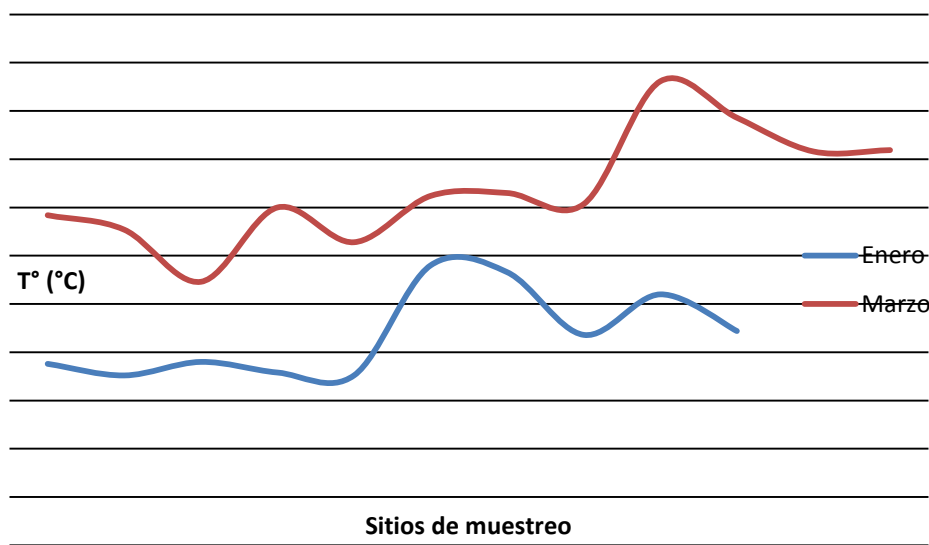


Figura 1. Variación de temperatura del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Los seis (6) sitios de muestreo (SLV3, SLV5, SLV9, SLV10, SLV11 y SLV12) cumplen con el rango permisible de temperatura según la guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile para la clase 1 (Tabla 8).

Salinidad

La variación de salinidad del agua superficial mostró una elevación de enero para marzo, en enero se registró un valor promedio de $34.18 \pm 2.79\text{ppm}$ y en marzo fue de $37.7 \pm 1.21\text{ppm}$; valorando de forma independiente el sitio SLV12 en marzo con 0.09ppm , ya que este sitio pertenece al río Goascorán. En enero el sitio de muestreo que registró menor salinidad fue SLV6 con 26.31ppm siendo este la bocana del río Goascorán; y las de mayor valor fueron SLV1, SLV2, SLV5, SLV7 y SLV9 con valores de 35.08 a 35.8ppm . Mientras en marzo, el de menor valor de salinidad fue SLV11 con 35.97ppm , punto frente a CORSAIN, y el mayor valor fue en SLV3 con 39.93ppm , siendo este el canal El Robalón (Figura 2).

Las diferencias de salinidad entre el agua y el agua marina crean un ambiente salino que hacen que las especies biológicas que los habitan sean especializadas y

adaptadas a tolerar ciertos rangos de salinidad. El cambio de salinidad, parece estar más relacionado a la concentración de sólidos disueltos totales y la conductividad. Mostrando una menor salinidad en puntos con registros mayores de estas dos variables. Sin embargo, aún que es un factor importante en los ciclos de vida biológicos no es valorado en las normativas de calidad de agua existentes en la región.

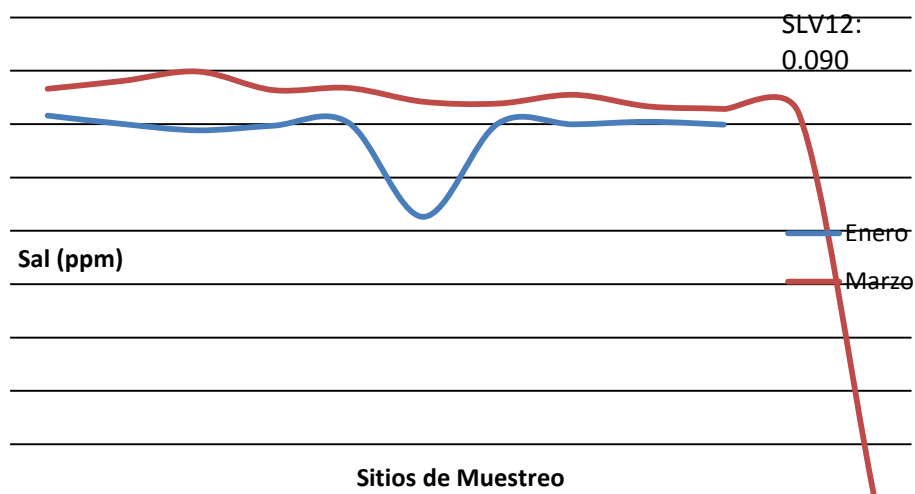


Figura 2. Variación de salinidad del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

PH

La variación del pH del agua superficial se observa una disminución de enero a marzo, en donde enero se registró un valor promedio de 7.94 ± 2.72 y en marzo de 7.58 ± 0.26 . En enero el sitio de muestreo que registró menor pH fue SLV6 con 7.34 específicamente en la bocana del río Goascorán; y el valor más alto en SLV10 frente a la ciudad de La Unión con 8.23. Mientras en marzo se registró el de menor valor de pH en SLV3 canal El Robalón con 7.21, y mayor valor se registró en SLV11 frente a CORSAIN con 7.21 (Figura 3).



Figura 3. Variación de pH del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Los seis (6) sitios de muestreo (SLV3, SLV5, SLV9, SLV10, SLV11 y SLV12) cumplen con el rango permisible de pH de la guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile para la clase 1 (Tabla 8). Al igual que para los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú en la categoría de riego de vegetales y bebidas (Tabla 9), en la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios; y, actividades marino costeras para extracción y cultivo de moluscos bivalvos, de la misma normativa (Tabla 38). Así mismo, cumple los rangos permisibles de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78 (1987) de calidad del agua para riego (Tabla 11).

Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto del agua superficial variaron hacia una disminución de enero para marzo, dónde para enero se registró un valor promedio de 5.77 ± 1.44 ppm y en marzo de 2.68 ± 0.85 . En enero el sitio de muestreo que registró menor oxígeno disuelto fue SLV6 río Goascorán con 2.52 ppm; y el de mayor fue en SLV9 entre las islas Periquito y Perico 7.42 ppm. Mientras en marzo, el valor de menor oxígeno disuelto se registró en SLV4 canal de isla San Juan con 1.83 ppm, y el mayor valor en SLV7 entre Punta de Pecho y Goascorán con 3.97 ppm (Figura 4).

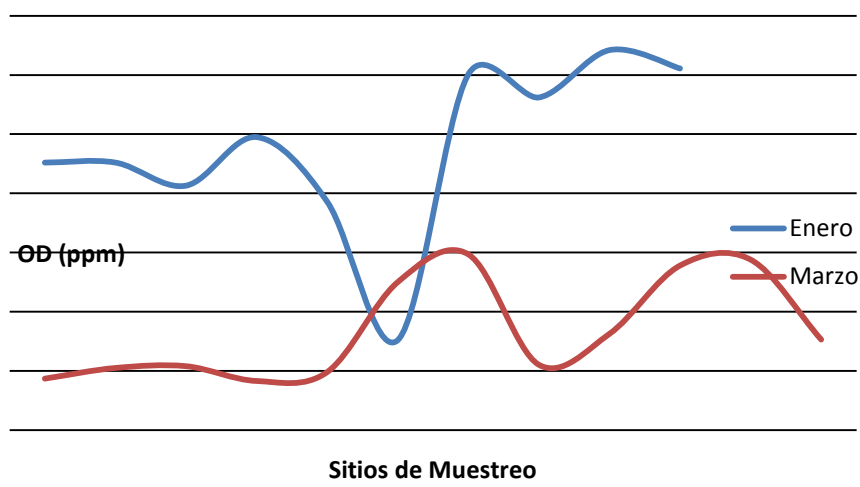


Figura 4. Variación de oxígeno disuelto del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

La información indica que ninguno de los seis (6) sitios de muestreo (SLV3, SLV5, SLV9, SLV10, SLV11 y SLV12) cumplen con el límite permisible de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú en categoría de riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 9); y, para el caso de la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios solo lo cumple el sitio de muestreo SLV9 entre las islas Periquito y Perico (Tabla 10), coincidiendo a su vez con la categoría de actividades marino costeras de extracción y cultivo de moluscos bivalvos de la misma normativa (Tabla 12). Así mismo, para los rangos permisibles del anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales de Panamá, el sitio SLV9 a un costado de isla Periquito y Perico, es el único sitio que cumple

según el artículo de cuerpos de agua marinos y costeros en la clase de aguas destinadas a la protección y conservación de las comunidades acuáticas, recreación por contacto directo y desarrollo de acuicultura y actividades de pesca (Tabla 13).

Este factor se relaciona inversamente a la temperatura, es decir que se observó registros de menor concentración de oxígeno disuelto en puntos donde la temperatura era mayor, esto se debe a que bajo estas condiciones es menos soluble en agua. Sin embargo, es importante conocer otros factores como la re-oxigenación, la respiración animal y vegetal, la demanda béntica y bioquímica para conocer otras variables de las cuales depende, y si como es su dinámica en los ciclos del cuerpo de agua.

Sólidos disueltos totales

En la variación de sólidos disueltos total del agua superficial se observa un aumento de enero para marzo, dónde para enero se registró en promedio de 25.94 ± 1.79 ppt y en marzo de 28.52 ± 0.85 ; valorando de forma independiente el sitio SLV12 (137ppt) que pertenece al río Goascorán, mostró el mayor valor. En enero el sitio de muestreo que registró menor sólidos disueltos totales fue SLV6 bocana del río Goascorán con 20.6ppt; y el de mayor fue SLV9 entre islas Periquito y Perico con 26.71ppt. Mientras en marzo se mostró el menor valor en SLV11 frente a CORSAIN con 27.28ppt y el mayor valor en SLV3 canal Robalón con 29.88ppt (Figura 5).

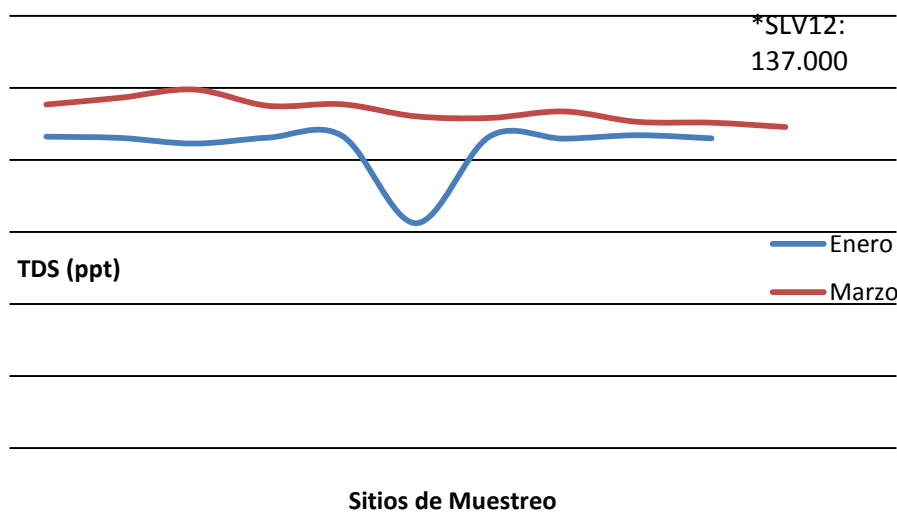


Figura 5. Variación de sólidos disueltos totales del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Los seis (6) sitios de muestreo (SLV3, SLV5, SLV9, SLV10, SLV11 y SLV12) cumplen con el rango permisible de sólidos disueltos totales de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú para la conservación del ambiente acuático de estuarios (Tabla 10).

Conductividad eléctrica

En la variación de conductividad del agua superficial se observa una elevación de enero para marzo, dónde en enero se registró el valor promedio de

51.87±3.57mS/cm y en marzo de 56.80±1.53mS/cm; valorando de forma independiente el sitio SLV12 que pertenece al río Goascorán mostró el mayor valor con 273mS/cm. En enero el sitio que registró la menor conductividad fue SLV6 bocana del río Goascorán con 41.20mS/cm; y el de mayor valor fue SLV9 entre islas Periquito y Perico con 53.42mS/cm. Mientras en marzo el de menor fue en SLV11 frente CORSAIN con 54.55mS/cm, y el mayor valor en SLV3 canal El Robalón con 59.75 mS/cm (Figura 6).

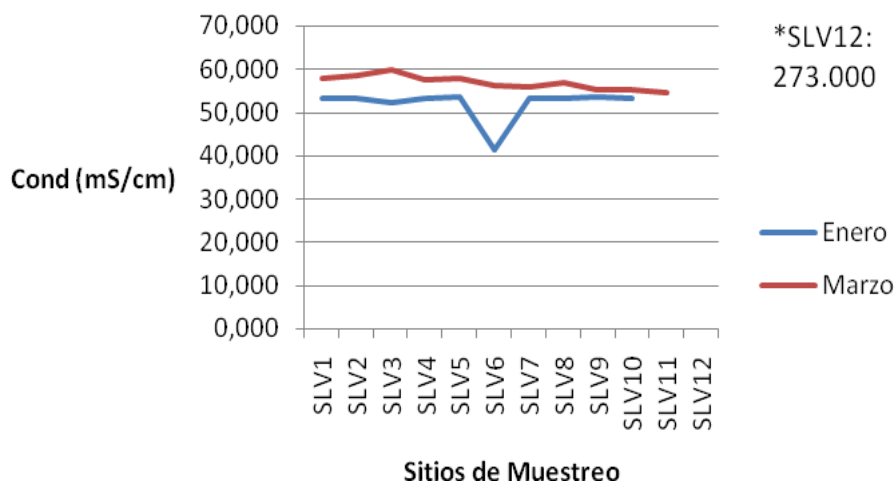


Figura 6. Variación de conductividad del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

La conductividad eléctrica proporciona información acerca de la productividad primaria y la descomposición de la materia orgánica, así también ayuda a detectar fuentes de contaminación.

Turbidez

En la variación de turbidez del agua superficial se observa una disminución de enero para marzo, en enero se registró un promedio de 15.02±10.21FNU y en marzo de 10.04±7.25FNU. En enero el sitio de muestreo que registró menor turbidez fue SLV2 Isla San Juan con 6.2FNU; y el mayor fue SLV6 bocana del río Goascorán con 41.4FNU. Mientras en marzo, el de menor valor fue SLV3 canal El Robalón con 2.7FNU, y el mayor valor en SLV6 bocana del río Goascorán con 28.40FNU (Figura 7).

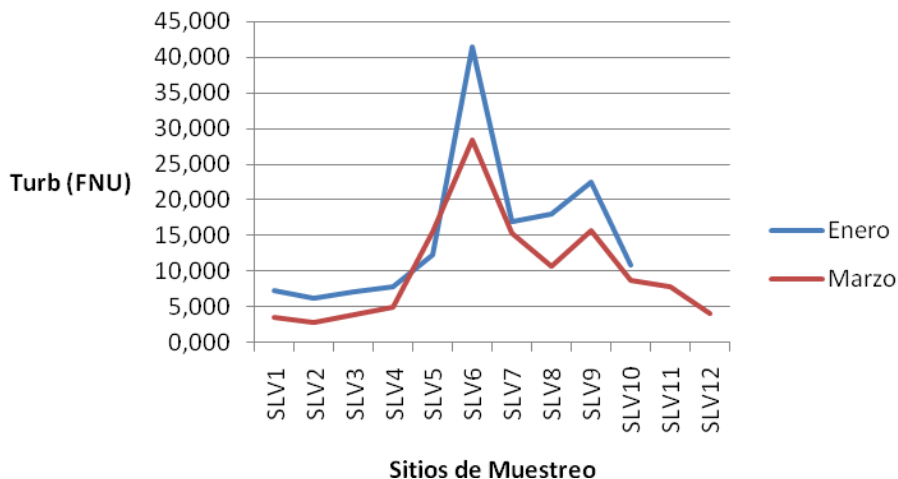


Figura 7. Variación de turbidez del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Al ser la turbidez una expresión del grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada en suspensión, se observa una mayor concentración de estos materiales en la bocana del río Goascorán, y los sitios más protegidos por el manglar, el cual funciona como trampas de sedimento natural, con mayor transparencia en el agua.

Nutrientes

Concentración de nitratos

Las concentraciones de nitratos del agua superficial en los sitios de muestreo registraron para marzo en promedio de $0.978 \pm 1.06 \text{ mg/L}$, los sitios de muestreo que registraron menor concentración fueron SLV10, SLV11 y SLV12 (no cuantificable); y el de mayor valor fue SLV3 con 2.41 mg/L (Figura 8).

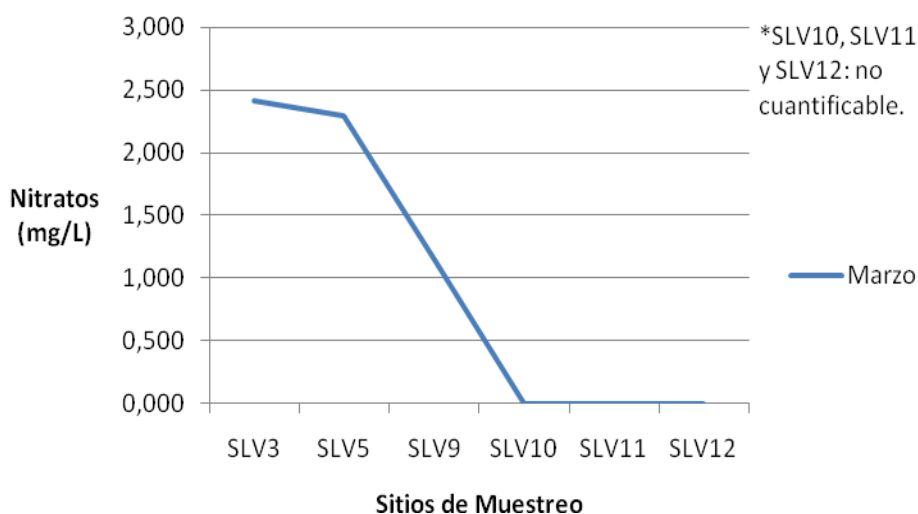


Figura 8. Variación de concentración de nitratos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Los seis (6) sitios de muestreo (SLV3, SLV5, SLV9, SLV10, SLV11 y SLV12) cumplen con el rango permisible de concentración de nitratos de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú para riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 12). Lo que coincide con la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios de la misma normativa (Tabla 10). Sin embargo, solo los sitios SLV10, SLV11 y SLV12 cumplen en los estándares del anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales de Panamá, en calidad de agua de cuerpos de agua marinos costeros de aguas destinadas a la protección y conservación de las comunidades acuáticas, recreación por contacto directo y desarrollo de acuicultura y actividades de pesca (Tabla 13). Dichos sitios se encuentran frente a la ciudad de La Unión, CORSAIN y en el tramo bajo del río Goascorán.

Concentración de sulfatos

La concentración de sulfatos en el agua superficial en los sitios de muestreo para marzo registró un valor promedio de $11.04 \pm 6.7 \text{ mg/L}$, los sitios de muestreo que registraron menor concentración de nitratos fueron SLV12 río Goascorán y SLV3 con 0.35 y 5.28 mg/L respectivamente; y el de mayor valor fue en SLV11 con 18.15 mg/L (Figura 9).

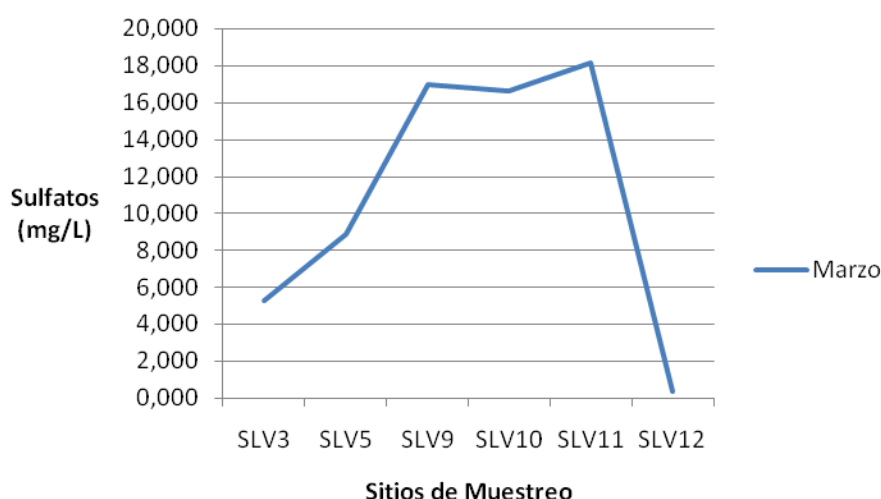


Figura 9. Variación de concentración de sulfatos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Los seis (6) sitios de muestreo (SLV3, SLV5, SLV9, SLV10, SLV11 y SLV12) cumplen con el rango permisible de concentración de sulfatos de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú para riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 9). Así mismo, se encuentran dentro de los rangos permisibles de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, para calidad de agua para riego (Tabla 11).

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de Bahía de La Unión dentro de rangos permisibles de la Guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile.

Sitio de Muestreo	Coliformes totales			pH			Temperatura		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3
SLV3	X			X			X		
SLV5	X			X			X		
SLV9	X			X			X		
SLV10	X			X			X		
SLV11	X			X			X		
SLV12			X	X			X		

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de Bahía de La Unión dentro de rangos permisibles de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú (Decreto Supremo No 002-2018-MINAM). Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.

Sitio de Muestreo	Coliformes totales	<i>E. coli</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	pH	Oxígeno disuelto	Nitratos	Sulfatos
SLV3	X	X		X		X	X
SLV5	X	X		X		X	X
SLV9	X	X		X		X	X
SLV10	X	X		X		X	X
SLV11	X	X		X		X	X
SLV12		X		X		X	X

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de Bahía de La Unión dentro del rango permisible de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua de Perú: Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, Estuarios.

Sitio de Muestreo	Coliformes totales	pH	Oxígeno disuelto	Sólidos disueltos totales	Nitratos
SLV3	X	X		X	X
SLV5	X	X		X	X
SLV9	X	X	X	X	X
SLV10	X	X		X	X
SLV11	X	X		X	X
SLV12		X		X	X

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de la Bahía de La Unión dentro del rango permisible de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78 (1987): Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Sección: Agua para riego.

Sitio de Muestreo	pH	Sulfatos
SLV3	X	X
SLV5	X	X
SLV9	X	X
SLV10	X	X
SLV11	X	X
SLV12	X	X

Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de la Bahía de La Unión dentro del rango permisible de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú: Categoría 2: Actividades marino costeras, Subcategoría 1: Extracción y cultivo de moluscos bivalvos.

Sitio de Muestreo	pH	Oxígeno disuelto
SLV3	X	
SLV5	X	
SLV9	X	X
SLV10	X	
SLV11	X	
SLV12	X	

Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de la Bahía de La Unión dentro del rango permisible de la norma de calidad ambiental para aguas naturales de Panamá (2007), Capítulo 4: Estándares de calidad de agua, Art. 16: Cuerpos de agua marinos y costeros, Clase 1 M: Aguas para protección y conservación de comunidades acuáticas, recreación por contacto directo y desarrollo de acuicultura y actividades de pesca.

Sitio de Muestreo	Oxígeno disuelto	Nitratos
SLV3		
SLV5		
SLV9		
SLV10		X
SLV11		X
SLV12		X

Relación entre variables físicas y químicas del agua superficial de la Bahía de La Unión y los sitios de muestreo.

Valoraciones por mes

El análisis de componentes principales (ACP) resume en dos componentes prioritarios el 75% de la variabilidad de los datos de los parámetros fisicoquímicos registrados en los sitios de muestreo de la bahía, siendo las variables de conductividad, TSD y salinidad; las que más aportan a la construcción del componente 1 (lectura en el eje X); dónde la salinidad actúa de forma inversa a la conductividad y TSD (Tabla 14).

Tabla 14. Valores de los componentes principales uno y dos de los parámetros fisicoquímicos del agua por mes de los sitios de muestreo, para calidad de agua de la Bahía de La Unión, El Salvador.

	PC 1	PC 2
T° (°C)	0.27633	-0.3378
pH	-0.16768	0.59438
Sal (ppm)	-0.47635	-0.30244
OD (ppm)	-0.2736	0.59383
TDS (ppt)	0.53527	0.20584
Cond (mS/cm)	0.53529	0.20571
Turb (FNU)	-0.14393	0.061778

Lo que indica que los sitios dónde se encontraron altos registros de conductividad y TSD, se obtuvo datos bajos de salinidad. Condición que se encuentra en el grupo 2, registros pertenecientes a marzo, haciendo la consideración que el grupo 2A presenta bajos valores de salinidad que el grupo 2B. En el grupo 1 se observan los registros de febrero, sin embargo, se tienen bajos registros de conductividad y TDS en comparación al grupo 2; así como, niveles bajos de salinidad (Figura 10). Mientras las variables de pH y oxígeno disuelto son las que construyen el componente 2 (lectura en el eje Y) (Tabla 14); actuando de forma directa. Es decir, que dónde se observa valores altos de pH se registraron valores bajos de oxígeno disuelto y viceversa. Esto se observa claramente en la separación entre el grupo 1 (enero) y 2 (marzo), dónde el grupo 1A se relaciona a los sitios con los valores altos de oxígeno disuelto y pH, disminuyendo en el grupo 1B, aún más en el grupo 2A; y siendo bajo los valores encontrados en el grupo 2B (Figura 10).

Al comparar el nivel de asociación de los sitios de muestreo por mes, la prueba de MANOVA mostró un modelo globalmente significativo (MANOVA: lambda de Wilks: 0.047, $F_{(7, 14)}: 40.46$, $p < 0.05$), lo cual indica que las variables seleccionadas en el ACP, son estadísticamente adecuadas para discriminar o segregar los sitios muestreados de ambos grupos. En el análisis pareado se observa que el grupo 1 (enero) y 2 (marzo) poseen diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Por otra parte, la prueba SIMPER pone en evidencia que las variables que marcan la diferencia del 95% son conductividad (76%) y TDS (19%).

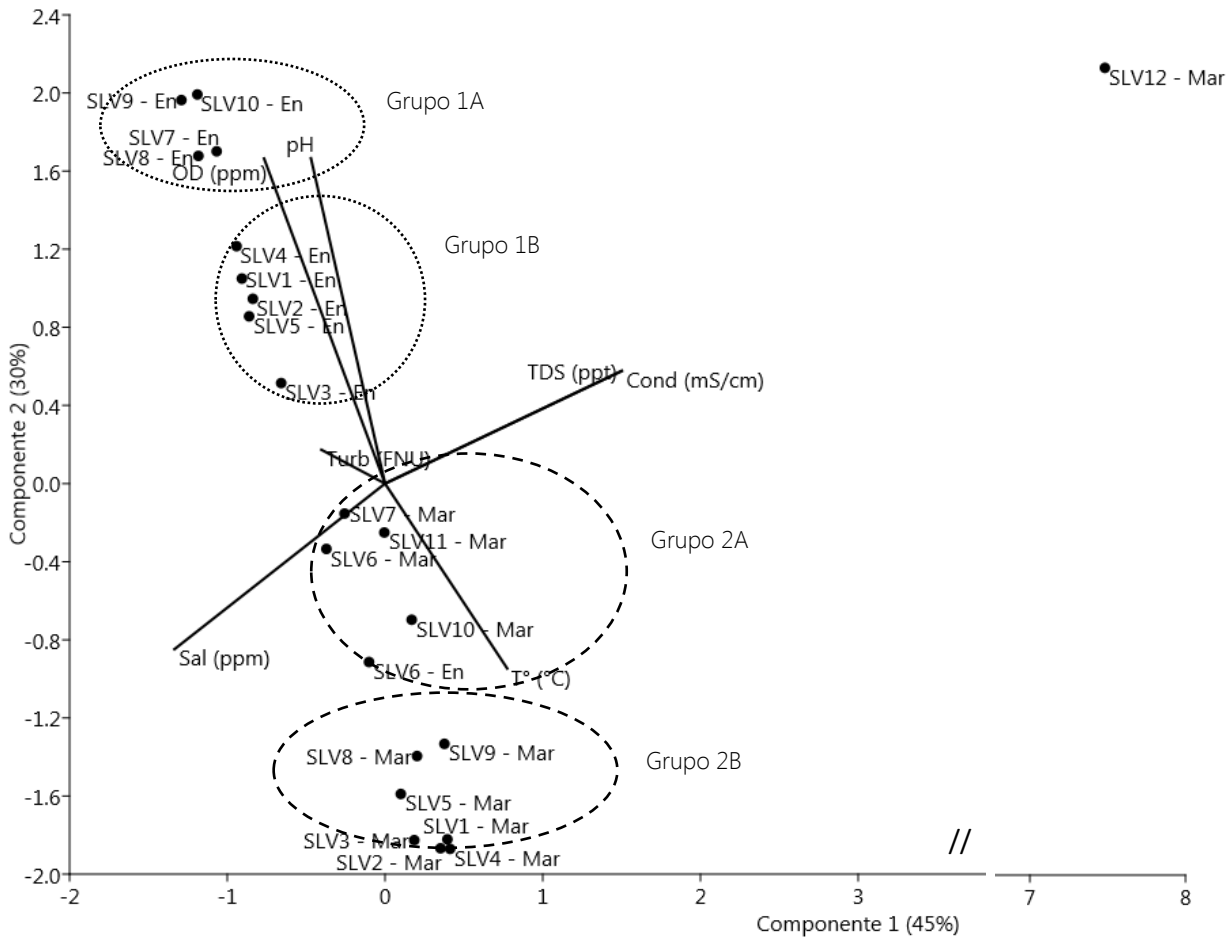


Figura 10. Análisis de Componentes Principales de las variables físicas y químicas por mes de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Valoraciones en promedio

El análisis de componentes principales (ACP) resume en dos componentes el 87% de la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos, siendo las variables de salinidad, TDS, conductividad y turbidez las que más aportan a la construcción del componente 1 (lectura en el eje X); dónde la turbidez actúa de forma inversa a las otras variables (Tabla 15). Lo que indica que los sitios dónde se encontraron registros altos de salinidad, TDS y conductividad, se obtuvieron datos bajos de turbidez; condición que se encuentra en el grupo 2, registros pertenecientes a los sitios ubicados en el interior de los canales del manglar (SLV1, SLV2, SLV3, SLV4, SLV5 y SLV8).

Mientras el grupo 1, donde se encuentran los sitios expuesto al canal principal y zona abierta de la bahía (SLV6, SLV7, SLV9, SLV10 y SLV11) registraron datos con alta turbidez y baja conductividad, las variables de pH y oxígeno disuelto son las que construyen el componente 2 (lectura en el eje Y) (Tabla 15), actuando de forma directa. Es decir, que dónde se observan altos valores de pH se registraron altos valores de oxígeno disuelto y viceversa. Esto se observa claramente en la separación entre el grupo 1 y 2 (sitios de canales interiores del manglar), dónde el

grupo 1 relaciona a los sitios con valores altos de oxígeno disuelto y pH, y valores bajos en el grupo 2 (Figura 11).

Tabla 15. Componentes principales 1 y 2 de los parámetros fisicoquímicos promedio de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

	PC 1	PC 2
T° (°C)	-0.20732	0.45338
Sal (ppm)	0.49353	0.029779
TDS (ppt)	0.49347	0.047323
OD (ppm)	0.07515	0.5761
pH	-0.048105	0.67455
Cond (mS/cm)	0.4935	0.047088
Turb (FNU)	-0.46736	-0.04678

Al comparar el nivel de asociación de los sitios de muestreo, la prueba de MANOVA mostró un modelo globalmente significativo (MANOVA: lambda de Wilks: 0.024, $F_{(3, 7)}: 17.13$, $p: 0.02$), lo cual indica que las variables seleccionadas en el ACP, son estadísticamente adecuadas para discriminar o segregar los sitios muestreados de ambos grupos. En el análisis pareado se observa que el grupo 1 y 2 poseen diferencia estadísticamente significativa ($p: 0.02$). Por otra parte, la prueba SIMPER pone en evidencia que las variables que marcan la diferencia del 97% son turbidez (93%) y oxígeno disuelto (4%).

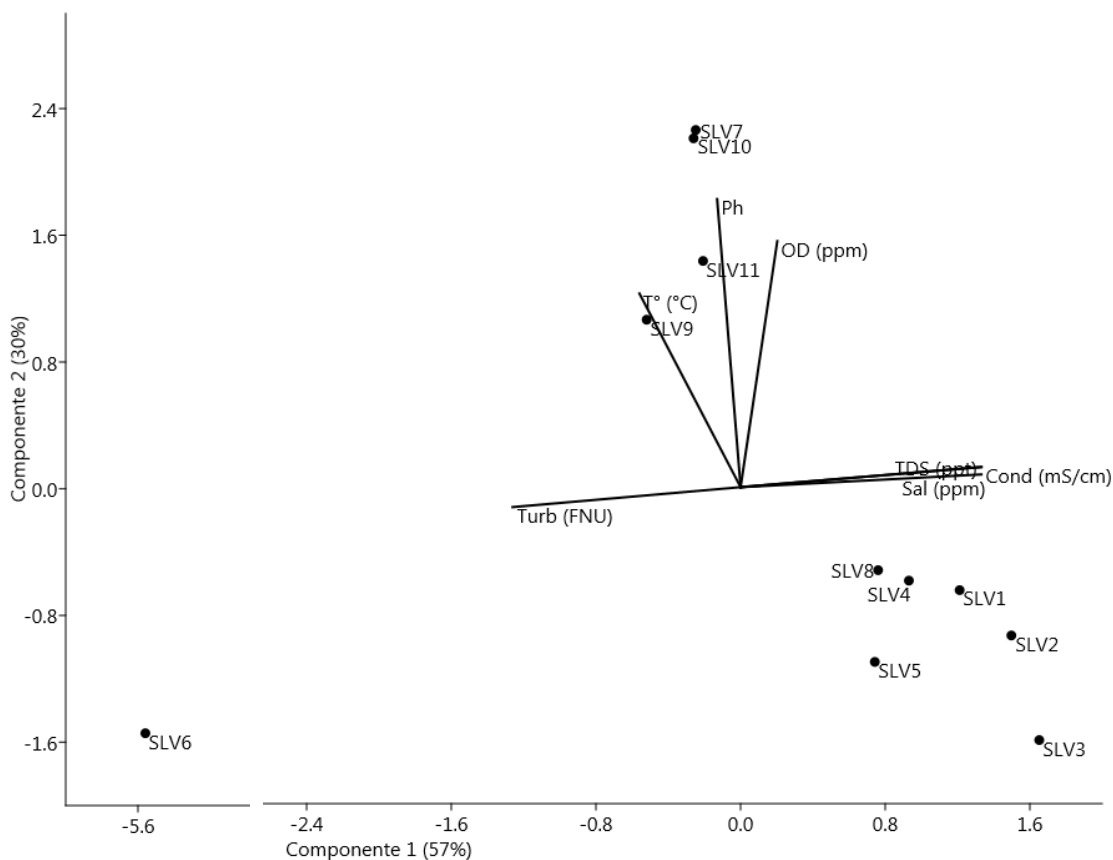


Figura 11. Análisis de Componentes Principales de las variables físicas y químicas en promedio de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

Los registros de temperatura, conductividad y TSD del agua superficial en la Bahía de La Unión se elevaron de enero para marzo, mientras que el pH y oxígeno disuelto disminuyeron. Sin embargo, la conductividad y TSD son las principales variables que diferencian ambos meses, la turbidez y el oxígeno disuelto son las que diferencian los sitios de muestreo dentro del interior de los canales de manglar, de los que están expuestos en el canal principal. Las áreas más abiertas de bahías y estuarios tienden a permitir mayor oxigenación por la acción del viento en agua superficial; y, los canales por ser trampas de sedimento natural, muestran menores registros de turbidez. Sin embargo, es importante conocer si está dinámica se representa en todos los meses de la época seca, y si varía en la época de lluvia. Por lo que se recomienda, aumentar el número de observaciones por muestreo, así como, las réplicas por época en el año. Dónde idealmente, también se pueda contar con registros luego de disturbios naturales, para mejorar la comprensión de la dinámica del ecosistema.

4.1.2 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS

En marzo 2018 existieron pares de variables físico-químicas del agua superficial con relación directa o inversa, con la concentración de *Vibrios* spp., coliformes totales y *E. coli*; las cuales se observan en el análisis de correlación de Pearson (Tabla 16), con valores p por debajo de 0.05:

1. Concentración de *Vibrios* spp. y turbidez: relación alta, directa (0.86 p : 0.03).
2. Concentración de coliformes totales y salinidad: relación alta, indirecta (-0.99 p : 0.00).
3. Concentración coliformes totales y sólidos disueltos totales: relación alta, directa (0.99 p : 0.00).
4. Concentración de coliformes totales y conductividad: relación alta, directa (0.99 p : 0.00).

Es decir, que las concentraciones de *Vibrios* spp. fueron mayores en puntos con mayor turbidez, sin embargo, la concentración de coliformes totales fueron mayores en puntos con menor salinidad, mayor concentración de sólidos disueltos totales y mayor conductividad eléctrica (Tabla 16).

Tabla 16: Correlación de Pearson y prueba de significancia estadística (nivel de confianza: 95%) de las variables físicas y químicas de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

	<i>Vibrios</i> spp (UFC)	Coliformes totales (NMP)	<i>E. coli</i> (NMP)
Coliformes totales (NMP)	-0,2167		
p	0,6801		
<i>E. coli</i>	0,5377	0,5813	
p	0,2711	0,2262	
Nitratos (mg/L)	0,5620	-0,4256	-0,1807
p	0,2458	0,4001	0,7320
Sulfatos (mg/L)	-0,1077	-0,7086	-0,4591
p	0,8390	0,1150	0,3597
T° (°C)	-0,4361	0,1696	-0,1072
p	0,3873	0,7480	0,8398
pH	-0,4367	0,1055	-0,0707
p	0,3865	0,8423	0,8941
Sal (ppm)	0,2489	-0,9963	-0,5694
p	0,6344	0,0000	0,2382
OD	-0,4795	-0,2751	-0,4981
p	0,3358	0,5977	0,3147
ORP (mV)	-0,5459	0,3245	0,0546
p	0,2625	0,5303	0,9182
TDS (ppt)	-0,2194	0,9990	0,5621
p	0,6762	0,0000	0,2456
Cond (mS/cm)	-0,2193	0,9990	0,5621
p	0,6763	0,0000	0,2456
Turb (FNU)	0,8561	-0,4708	0,2912
p	0,0296	0,3460	0,5755

Concentración de coliformes totales y *Escherichia coli*

Las pruebas de coliformes totales dieron positivas en la mayoría de puntos, con excepción de SLV 9 (entre isla Periquito y Perico), que no reportó tubos positivos, y en el sitio SLV 11 (frente a CORSAIN) donde se obtuvo una combinación de tubos positivos poco frecuente (Tabla 17).

Tabla 17. Valores de los tubos positivos para coliformes totales (NMP), Bahía de La Unión, marzo 2018.

Código	10 ml	1ml	0.1ml	NMP/100ml
SLV3	0	0	1	2
SLV5	3	3	4	29
SLV9	0	0	0	<2
SLV10	2	1	0	7
SLV11	0	5	4	52
SLV12	5	5	5	Mayor a 1600

En la concentración de coliformes totales se encontraron valores entre el rango de <2 a mayores a 1,600 NMP/100ml, el mayor valor registrado pertenece al sitio SLV12 (río Goascorán), seguido por los sitios SLV5 (frente al canal de la comunidad de los Jiotos) con 29 NMP/100ml y SLV11 (frente a CORSAIN) con 52 NMP/100 ml (Figura 12).

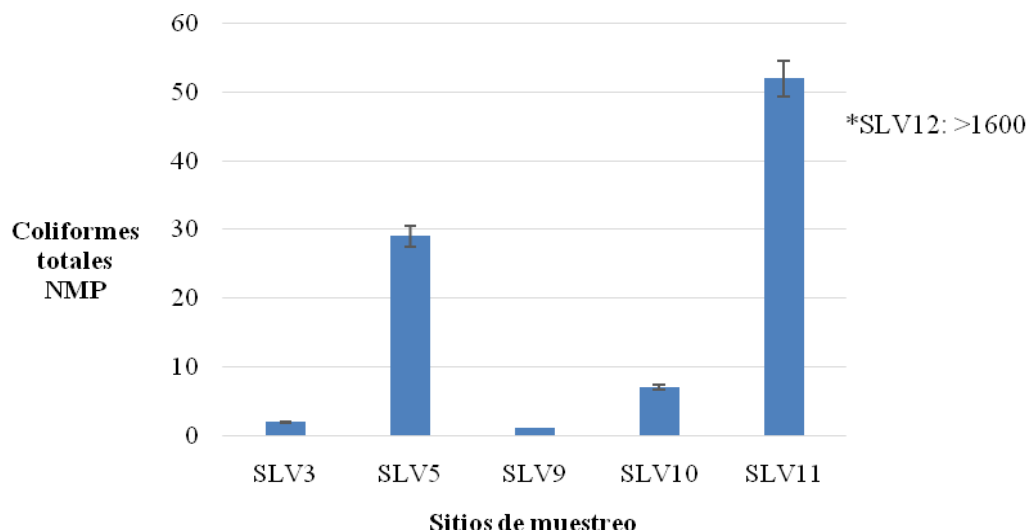


Figura 12. Variación de la concentración de coliformes totales (NMP) en los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador.

Las pruebas de *E. coli* dieron positivos para la mayoría de tubos, a excepción del sitio SLV9, el cual se encuentra entre la isla periquito y perico; de igual manera que en la prueba de coliformes totales, también en el sitio SLV11, se observó una combinación de tubos positivos poco frecuente (Tabla 18).

Tabla 18. Valores de los tubos positivos para *Escherichia coli* (NMP), Bahía de La Unión, marzo 2018.

Código	10 ml	1ml	0.1ml	NMP/100ml
SLV3	0	0	1	2
SLV5	2	3	3	19
SLV9	0	0	0	<2
SLV10	2	1	0	7
SLV11	0	5	1	11
SLV12	1	3	5	19

En las concentraciones de *E. coli* se encontraron valores entre el rango de <2 a 19 NMP/100 ml, los mayores valores registrados fueron los sitios SLV5 y SLV12, los cuales pertenecen al canal frente a la comunidad de los Jiotos y al río Goascorán, respectivamente (Figura 13).

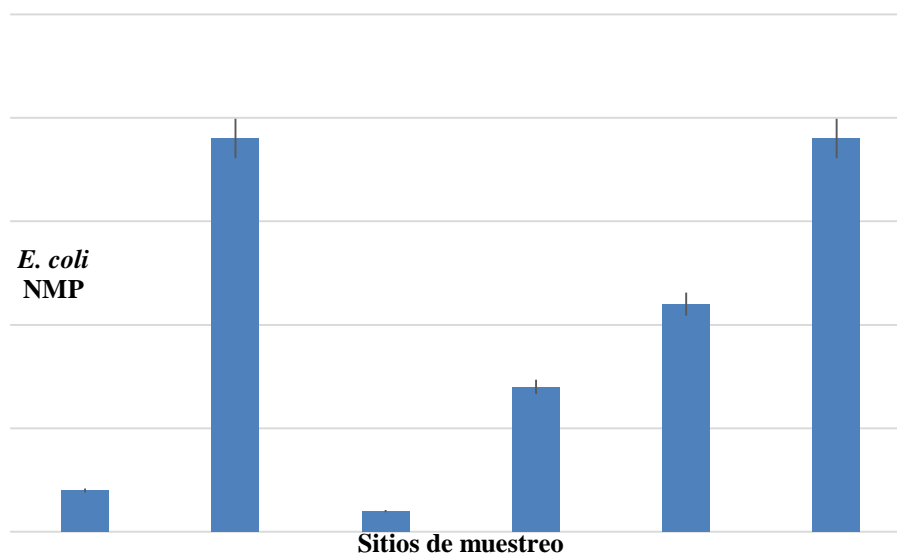


Figura 13. Variación de concentración de *Escherichia coli* (NMP) en los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador

La concentración de coliformes totales cumple con los valores estipulados en la guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile. Para el caso de los sitios de muestreo SLV3, SLV5, SLV10 y SLV11 recaen en la clase 1 y para SLV12 en la clase 3 (Tabla 34). Así mismo, en los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú en riego de vegetales y bebidas de animales, a excepción del sitio SLV12, el cual no cumple con el límite permisible (Tabla 35). Y al comparar los estándares propuestos por esa misma normativa en la categoría de conservación del ambiente de estuarios, la única estación que no se encuentra dentro del rango es SLV12; el cual pertenece a la muestra de agua del tramo bajo del río Goascorán (Tabla 36).

Los seis (6) sitios de muestreo SLV3, SLV5, SLV9, SLV10, SLV11 y SLV12; cumplen con el rango permisible de concentración en *E. coli*, según los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú, para la categoría de riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 35).

Concentración de Vibrio spp.

La concentración de *Vibrio spp.* que se registró en el rango de 5×10^1 a 2.4×10^3 UFC, el sitio con mayor concentración fue SLV5 (canal frente a la comunidad de Los Jotes) y el de menor es SLV12 (río Goascorán) (Figura 14).

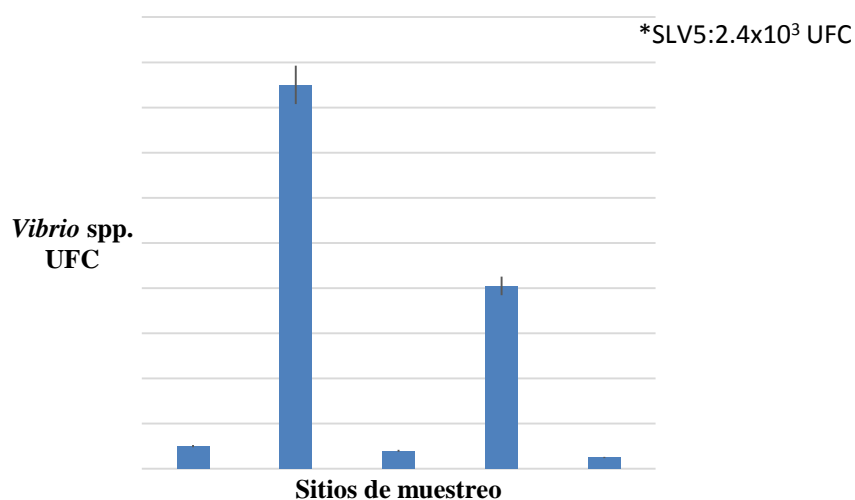


Figura 14. Concentración de *Vibrio spp.* (UFC + porcentaje de error) en los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador.

Ninguno de los seis (6) sitios de muestreo (SLV3, SLV5, SLV9, SLV10, SLV11 y SLV12) cumplen con el límite permisible de concentración de *Vibrio cholerae* según los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú, en la categoría de riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 35).

Relación entre parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua superficial de la Bahía de La Unión y los sitios de muestreo.

El análisis de componentes principales (ACP) resume en dos componentes prioritarios el 86% de la variabilidad de los datos de las variables físico-químicas y parámetros bacteriológicos registrados en marzo 2018 en los sitios de muestreo en la Bahía de La Unión, siendo las variables de sulfatos, pH, salinidad, TSD y conductividad las que más aportan a la construcción del componente 1 (lectura en el eje X); dónde la concentración de sulfatos y pH actúan de forma inversa a la salinidad, sólidos disueltos totales y conductividad (Tabla 19).

Tabla 19. Valores de los componentes principales uno y dos de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

	PC 1	PC 2
<i>Vibrios</i> (UFC)	0,15879	0,48583
Coliformes totales (NMP)	-0,10121	0,32023
<i>E. coli</i>	0,041824	0,50376
Nitratos	0,33422	0,057948
Sulfatos	-0,35862	0,025491
T° (°C)	-0,34005	-0,027862
pH	-0,35573	0,0046638
Sal (ppm)	0,35113	-0,1038
OD (ppm)	-0,3319	-0,12308
ORP (mV)	0,03405	-0,29542
TDS (ppt)	0,35045	-0,10688
Cond (mS/cm)	0,35048	-0,10634
Turb (FNU)	-0,0066978	0,51664

Mientras las variables de concentración de *Vibrios* spp., coliformes totales, *E. coli* y turbidez son las que construyen el componente 2 (lectura en el eje Y) (Tabla 16); actuando con una relación directa.

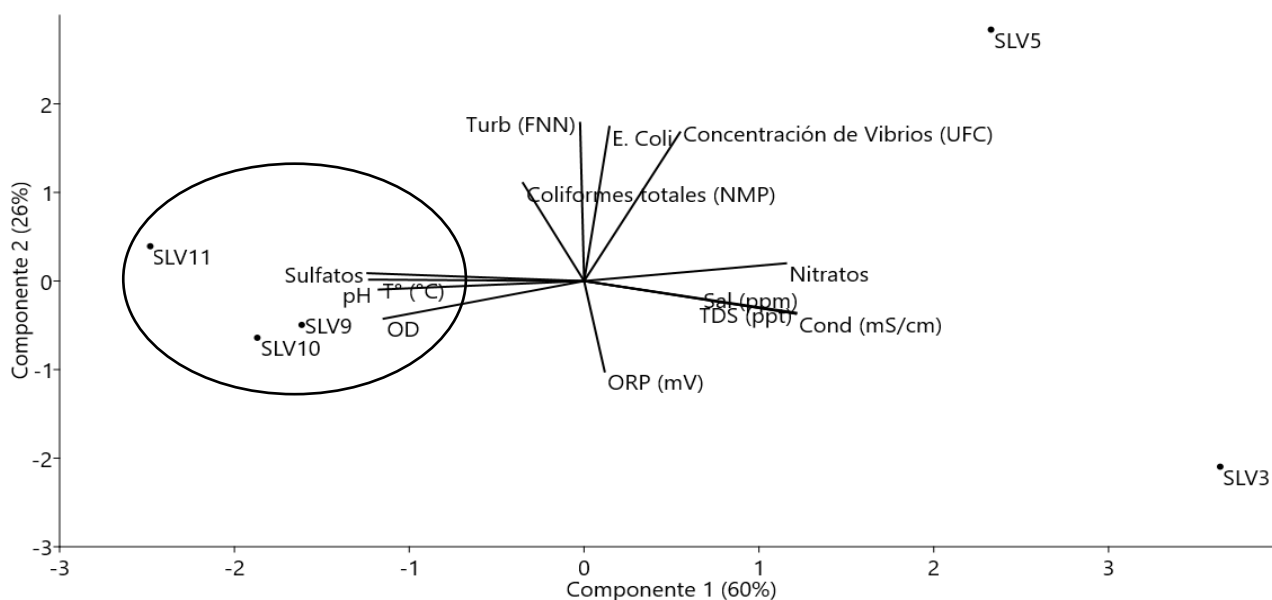


Figura 15. Análisis de Componentes Principales de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador.

Características que describen los sitios de muestreo, el grupo 1 (SLV11, SLV10 y SLV9) registró los valores bajos de conductividad, TSD y salinidad; pero los mayores en concentración de sulfatos, oxígeno disuelto y pH. Condición contraria en los sitios SLV5 y SLV3, donde podemos observar mayor concentración de nitratos, salinidad, conductividad y sólidos disueltos totales. Sin embargo, es importante considerar que los valores altos de concentración de *Vibrios* spp., coliformes totales, *E. coli* y turbidez fueron en el sitio SLV5, seguidos por el sitio SLV11, SLV9 y SLV10; el sitio de menor concentración de estos parámetros bacteriológicos y de turbidez fue SLV3 (Figura 15).

Los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión que se encuentran frente al canal de Los Jotes, CORSAIN, ciudad de La Unión e islas Perico y Periquito; registraron altas concentraciones de *Vibrios* spp., coliformes totales y *E. coli*; así mismo se relacionan a alta turbidez y altas concentraciones de sulfatos, y solo en el caso del canal frente a Los Jotes con altas concentraciones de nitrato. Es importante conocer si esta descripción es similar para otros meses de la época seca y cuál es su diferencia en la época de lluvia; además de lograr un diseño muestral que permita verificar las fuentes de cada parámetro bacteriológico en el ecosistema y cuáles son las fluctuaciones existentes en cada parámetro, lo que permitiría conocer cuáles son los rangos permisibles para las actividades humanas y el desarrollo saludable del mismo ecosistema.

4.1.3 ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF) EN EL TRAMO BAJO DEL RÍO GOASCORÁN

Los datos obtenidos durante el primer muestreo en este río (enero) mostraron un valor de 6.47, estableciéndose en la categoría **REGULAR POBRE**. Este valor no se mantuvo constante durante el segundo mes de muestreo (marzo), teniendo un puntaje de 5.90, aunque siempre sigue en categoría **REGULAR POBRE**. El cambio de puntaje se ve reflejado en la disminución de grupos taxonómicos colectados durante marzo, el cual pasó de 19 a 12 y disminuyendo la cantidad de ejemplares (abundancia). La disminución en la abundancia de ejemplares y grupos taxonómicos podría estar relacionada con la disminución del caudal en el río, el cual fue verificado por observación simple, ya que no fue una variable a tomar en cuenta para la calidad de agua con macro invertebrados.

Enero

Se colectaron trescientos veinte tres (323) ejemplares correspondientes a diecinueve (19) grupos taxonómicos, los grupos más abundantes corresponden a las familias Thiaridae (Gasterópoda), con ochenta y cuatro (84) ejemplares capturados; Chironomidae (Díptera), con setenta y seis (76) ejemplares capturados y Decapoda (Malacostraca), con sesenta y seis (66) ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Goascorán posee un valor de 6.47, por lo que está clasificada como **REGULAR POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 20).

Tabla 20. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para el sitio SLV12, tramo bajo del río Goascorán, enero de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Ceratopogonidae	1	8	8	0.0247678
Chironomidae	76	8	608	1.88235294
Coenagrionidae	2	9	18	0.05572755
Corydalidae	1	7	7	0.02167183
Decapoda	66	6	396	1.22600619
Elmidae	2	4	8	0.0247678
Gomphidae	13	7	91	0.28173375
Hirudinea	1	7	7	0.02167183
Hydroptilidae	2	4	8	0.0247678
Hydrobiidae	38	4	152	0.47058824
Hydropsychidae	15	5	75	0.23219814
Hydroptilidae	1	4	4	0.0123839
Leptoceridae	1	4	4	0.0123839
Leptohyphidae	13	6	78	0.24148607
Leptophlebiidae	1	5	5	0.01547988
Noteridae	3	4	12	0.0371517
Physidae	1	9	9	0.02786378
Planorbidae	2	7	14	0.04334365
Thiaridae	84	7	588	1.82043344
Total	323			6.47678019

La calidad de agua con base a macro invertebrados acuáticos, refleja que existen familias muy tolerantes a distintos niveles de contaminación orgánica, como la familia Chironomidae (Díptera), Coenagrionidae (Odonata) y Physidae (Gasterópoda). La presencia y abundancia de familias con valor de calidad de agua 4 en un río **REGULAR-POBRE**, podría estar indicando que algunas especies de insectos correspondientes a esas familias, poseen rangos de tolerancia distintos. Esto se evidencia con los camarones (Decapoda), los cuales no necesariamente reflejan calidad de agua regular por su puntaje en el IBF-SV; esto se podría deber también a que, luego de post-larva, éstos migran hacia agua dulce.

La cantidad de quironómidos (Chironomidae: Díptera) presente en el río es debido a que son un grupo ampliamente adaptado a una variedad de sustratos y hábitats. La mayoría de especies son bentónicas y la mayoría viven dentro de tubos o estuches libres, logrando encontrarse en altas densidades (Sandoval y Molina 2000, Oliver 1981, McCafferty 1998). El resultado de la calidad de agua clasificada como **REGULAR POBRE**, indica contaminación orgánica sustancial probable, esto se debe a que el agua del río Goascorán ha sido utilizada para descargas de aguas residuales, sumado a la cantidad de contaminación inorgánica proveniente de pesticidas, pesca con veneno, etc.

Punto 1

Se colectaron ciento noventa y dos (192) ejemplares correspondientes a veintinueve (29) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Decapoda, con 57 ejemplares capturados y Thiaridae, con cincuenta y un (51) ejemplares

capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Goascorán posee un valor de 6.27, por lo que está clasificada como **REGULAR POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 21).

Tabla 21. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para submuestra 1 del sitio SLV12, tramo bajo del río Goascorán, enero de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Chironomidae	31	8	248	1.291666667
Coenagrionidae	1	9	9	0.046875
Corydalidae	1	7	7	0.036458333
Decapoda	57	6	342	1.78125
Elmidae	2	4	8	0.041666667
Gomphidae	10	7	70	0.364583333
Hydroptilidae	2	4	8	0.041666667
Hydrobiidae	31	4	124	0.645833333
Leptohiphidae	1	6	6	0.03125
Noteridae	3	4	12	0.0625
Planorbidae	2	7	14	0.072916667
Thiaridae	51	7	357	1.859375
Total	192			6.276041667

Punto 2

Se colectaron ciento treinta y un (131) ejemplares correspondientes a catorce (14) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Chironomidae con cuarenta y cinco (45) ejemplares capturados y Thiaridae, con treinta y tres (33) ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Goascorán posee un valor de 6.77, por lo que está clasificada como **POBRE**, indicando contaminación muy sustancial probable (Tabla 22).

Tabla 22. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para sub muestra 2 del sitio SLV12, tramo bajo del río Goascorán, enero de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Ceratopogonidae	1	8		80.061068702
Chironomidae	45	8	360	2.748091603
Coenagrionidae	1	9	9	0.06870229
Decapoda	9	6	54	0.41221374
Gomphidae	3	7	21	0.160305344
Hirudinea	1	7	7	0.053435115
Hydrobiidae	7	4	28	0.213740458
Hydropsychidae	15	5	75	0.572519084
Hydroptilidae	1	4	4	0.030534351
Leptoceridae	1	4	4	0.030534351
Leptohiphidae	12	6	72	0.549618321
Leptophlebiidae	1	5	5	0.038167939
Physidae	1	9	9	0.06870229
Thiaridae	33	7	231	1.763358779
Total	131			6.770992366

Marzo

Se colectaron doscientos veintitrés (223) ejemplares correspondientes a doce (12) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Decapoda (Malacostraca), con noventa (90) ejemplares capturados, Hydrobiidae, con cuarenta y nueve (49) ejemplares y Thiaridae (Gasterópoda), con treinta y siete (37) ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Goascorán posee un valor de 5.90, por lo que está clasificada como **REGULAR POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 23).

Tabla 23. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para el sitio SLV12, tramo bajo del río Goascorán, marzo de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Belostomatidae	1	7	7	0.03139013
Caenidae	1	7	7	0.03139013
Chironomidae	15	8	120	0.53811659
Coenagrionidae	1	9	9	0.04035874
Decapoda	90	6	540	2.42152466
Gerridae	11	6	66	0.29596413
Gomphidae	12	7	84	0.37668161
Hydrobiidae	49	4	196	0.87892377
Leptoceridae	3	4	12	0.05381166
Leptohyphidae	2	6	12	0.05381166
Thiaridae	37	7	259	1.16143498
Tipulidae	1	5	5	0.02242152
Total	223			5.9058296

La abundancia de ejemplares del grupo Decapoda en el río se mantiene elevada, aunque este dato no debe ser tomado con ligera, debido a que este grupo es diádromo, lo cual significa que una de sus etapas de vida necesita de ambientes marinos. (Hanson, *et al* 2010) y la presencia de un tapón plástico que bloquea la bocana de este río, actúa como represa y podría provocar el declive de este grupo, generando problemas en la economía local.

Punto 1

Se colectaron setenta y ocho (78) ejemplares correspondientes a ocho (8) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Thiaridae (Gasterópoda), con veintiún (21) ejemplares capturados Decapoda (Malacostraca), con dieciocho (18) ejemplares capturados e Hydrobiidae, con veinte (20) ejemplares. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Goascorán posee un valor de 6.03, por lo que está clasificada como **REGULAR POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 24).

Tabla 24. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para sub muestra 1 del sitio SLV12, tramo bajo del río Goascorán, marzo de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Belostomatidae	1	7	7	0.08974359
Caenidae	1	7	7	0.08974359
Chironomidae	10	8	80	1.025641026
Decapoda	18	6	108	1.384615385
Gerridae	6	6	36	0.461538462
Hydrobidae	20	4	80	1.025641026
Leptohyphidae	1	6	6	0.076923077
Thiaridae	21	7	147	1.884615385
Total	78			6.038461538

Punto 2

Se colectaron ciento cuarenta y cinco (145) ejemplares correspondientes a diez (10) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Decapoda (Malacostraca), con setenta y dos (72) ejemplares capturados, Hydrobiidae, con veinte nueve (29) ejemplares y Thiaridae (Gasterópoda), con dieciséis (16) ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Goascorán posee un valor de 5.83, por lo que está clasificada como **REGULAR POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 25).

Tabla 25. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para sub muestra 2 del sitio SLV12, tramo bajo del río Goascorán, marzo de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Chironomidae	5	8	40	0.275862069
Coenagrionidae	1	9	9	0.062068966
Decapoda	72	6	432	2.979310345
Gerridae	5	6	30	0.206896552
Gomphidae	12	7	84	0.579310345
Hydrobidae	29	4	116	0.8
Leptoceridae	3	4	12	0.082758621
Leptohyphidae	1	6	6	0.04137931
Thiaridae	16	7	112	0.772413793
Tipulidae	1	5	5	0.034482759
Total	145			5.834482759

En conclusión, el tramo bajo del Río Goascorán que desemboca en la Bahía de La Unión y el tramo bajo del Río Nacaome que desemboca en la Bahía de Chismuyo, poseen categoría de **REGULAR POBRE**, lo que significa la existencia de una contaminación orgánica sustancial probable en ambos. Es importante poner especial atención a la calidad de agua dulce que ingresa a las bahías, porque además de ser

utilizada para varias actividades comunitarias aledañas, el balance hídrico en los manglares es vital para el mantenimiento de su salud.

La mayor aportación de sedimentos, generalmente, se debe a la falta de integración de una visión de manejo de cuenca y al aumento del cambio de uso de suelo. Además, el manejo de desechos sólidos en las ciudades es un factor importante para evitar acumulación de plásticos en las bocanas, considerando que esta es una amenaza directa a la migración y continuidad de las especies entre ambos ambientes; y, en el mismo ecosistema lotico. Por lo que se recomienda darle continuidad y monitoreo a la calidad de agua dulce que desemboca en las bahías, así como promover estudios de ayuden a conocer la vulnerabilidad erosiva que existente en la cuenca, para identificar el origen de los sedimentos y aplicar medidas dirigidas a las principales fuentes de contaminación orgánica.

4.2 BAHÍA DE CHISMUYO

4.2.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Los sitios de muestreo seleccionados para el análisis de calidad de agua superficial de la Bahía de Chismuyo que se realizaron en los meses de febrero y marzo 2018, registró la presencia del alga *Phaeocystis sp.*, (Figura 12) en mayoría de canales donde se observó el agua de color parda y muy poca en coloración blanca/transparente; siendo un fenómeno que afectó a todo el golfo.

El valor promedio de temperatura fue de $28.44 \pm 1.77^\circ\text{C}$, con valor mínimo en febrero de 25.93°C en el sitio HND5 (Mojote), y el máximo valor en marzo de 31.14°C en HND6 (El Aceituno); por su parte, el pH fue de $7,8 \pm 0,21$ en promedio, con valor mínimo en marzo de 7.5 en HND2 (bocana del río Nacaome) y un máximo en marzo de 8.2 en HND8 (río Nacaome).

La salinidad promedio fue de $29.47 \pm 15.22\text{ppm}$, con valor mínimo en febrero de 0.08ppm en HND8 (río Nacaome) y un máximo en marzo de 38.19ppm en HND2 (bocana del río Nacaome); para el oxígeno disuelto se registró de $8.86 \pm 0.54\text{ppm}$ en promedio, con valor mínimo en marzo de 2.14ppm en HND6 (El Aceituno) y un máximo en febrero de 3.86ppm .

El TSD promedio fue de $46.24 \pm 42.58\text{ppt}$, con valor mínimo en febrero de 27.24ppt en HND4 (Jiotón) y un máximo en febrero de 179.0ppt en HND7 (río Nacaome); para conductividad el registró fue de $92.55 \pm 85.22\text{mS/cm}$ en promedio, con valor mínimo en febrero de 54.49 mS/cm en HND3 (Jiotillo) y HND4 (Jiotón) y un máximo en febrero de 358.0 mS/cm en HND7 (río Nacaome). Finalmente, la turbidez promedio fue de $4.898 \pm 2.898\text{FNU}$, con valor mínimo en febrero de 0.8FNU en HND1 (Puerto Nuevo, al salir del canal de La Brea) y un máximo en marzo de 9.3FNU en HND1 (Tabla 26).

Tabla 26. Valores promedio (DE) y registro de valores mínimos y máximos de los parámetros físicos y químicos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

	T° (°C)	pH	Sal (ppm)	OD (ppm)	TDS (ppt)	Cond (mS/cm)	Turb (FNU)
Promedio (DE)	$28,444 \pm 1,76$ 7	$7,800 \pm 0,20$ 6	$29,473 \pm 15,21$ 8	$2,856 \pm 0,54$ 3	$46,236 \pm 42,57$ 9	$92,552 \pm 85,22$ 3	$4,898 \pm 2,898$
Mínimo	25,931	7,49	0,08	2,137	27,243	54,49	0,8
Máximo	31,138	8,2	38,19	3,86	179,0	358,0	9,3

En febrero y marzo 2018 existieron pares de variables fisicoquímicas del agua superficial con relación directa o inversa, los cuales se observan en el análisis de correlación de Pearson (Tabla 27), con valores p por debajo de 0,05:

1. pH y salinidad: relación media, inversa (-0.61 p : 0.02).
2. pH y oxígeno disuelto: relación media, directa (0.78 p : 0.001).
3. Salinidad y sólidos disueltos totales: relación alta, inversa (-0.89 p : 0.00).
4. Salinidad y conductividad: relación alta, inversa (-0.89 p : 0.00).
5. Salinidad y turbidez: relación media, inversa (-0.54 p : 0.04).
6. Sólidos disueltos totales y Conductividad: relación alta, directa (1.0 p : 0.00).

Es decir, que altos valores de pH se registraron en puntos con altos valores de oxígeno disuelto y menores de salinidad; y viceversa). Mientras que los altos valores de salinidad coinciden con los bajos valores de TSD, conductividad eléctrica y turbidez; y viceversa. Finalmente, los altos valores de conductividad se relacionan con altos valores de TSD y viceversa (Tabla 27).

Tabla 27: Correlación de Pearson y prueba de significancia estadística (nivel de confianza: 95%) de las variables físicas y químicas de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

	T° (°C)	pH	Sal (ppm)	OD (ppm)	TDS (ppt)	Cond (mS/cm)
pH	-0,2232					
ρ	0,4240					
Sal (ppm)	0,2047	-0,6142				
ρ	0,4642	0,0149				
OD (ppm)	-0,3314	0,7787	-0,4378			
ρ	0,2276	0,0006	0,1026			
TDS (ppt)	-0,2940	0,3257	-0,8863	0,2243		
ρ	0,2876	0,2362	0,0000	0,4215		
Cond (mS/cm)	-0,2950	0,3266	-0,8872	0,2250	1,0000	
ρ	0,2857	0,2348	0,0000	0,4201	0,0000	
Turb (FNU)	0,3950	-0,0327	-0,5397	-0,0707	0,4711	0,4717
ρ	0,1451	0,9078	0,0379	0,8022	0,0763	0,0759

Temperatura

En la variación de temperatura del agua superficial se observa una elevación de este parámetro de febrero para marzo, donde febrero registró un valor promedio de $26.99 \pm 0.87^\circ\text{C}$ y en marzo de $30.12 \pm 0.59^\circ\text{C}$. El sitio de muestreo que registró baja temperatura fue en HND5 (Mojote) con 25.93°C en enero y el alto valor fue en HND4 (abajo de Jiotón) con 28.25°C (Figura 16).

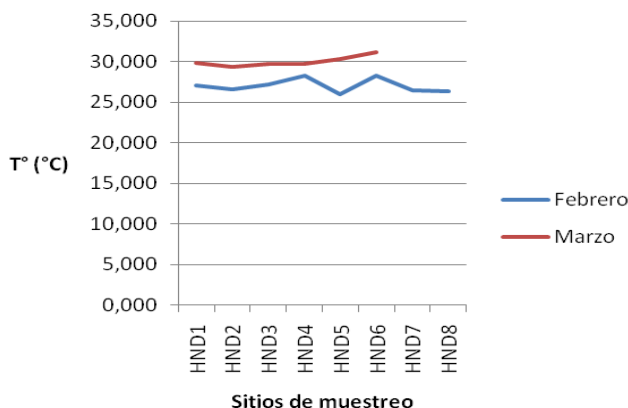


Figura 16. Variación de temperatura del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Los cinco (5) sitios de muestreo (HND1, HND3, HND4 y HND5) para ambos meses, cumplen con el rango permisible de temperatura en la guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile para la clase 1 (Tabla 28).

Salinidad

En la variación de salinidad del agua superficial se observa una elevación de este parámetro de enero para marzo, en enero se registró un valor promedio de 36.74 ± 0.72 ppm y en marzo de 36.89 ± 1.19 ppm, valorando de forma independiente el sitio HND8 (río Nacaome) la salinidad fue baja, en febrero fue de 0.08 y marzo de 0.09 ppm, lo cual resulta lógico por ser agua dulceacuícola. En febrero el sitio que registró baja salinidad fue HND3 (Jiotillo) con 36.00 ppm y el de mayor valor fue HND6 (El Aceituno) con 37.84 ppm. Mientras en marzo, la menor salinidad se registró en HND6 con 34.93 ppm y el mayor valor en HND2 (bocana del río Nacaome) con 38.19 (Figura 17).

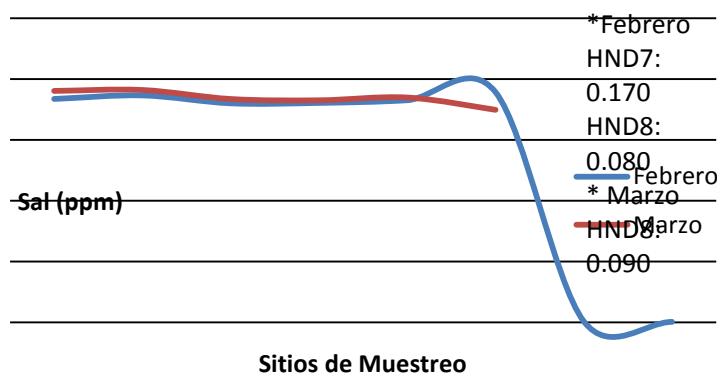


Figura 17. Variación de salinidad del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Los mayores valores de salinidad coinciden con menores concentraciones de TSD, conductividad eléctrica y turbidez; y viceversa. Sin embargo, aún que es un factor importante en los ciclos de vida biológicos no es valorado en las normativas de calidad de agua existentes en la región.

PH

En la variación de pH del agua superficial se observa una disminución de febrero para marzo, donde en febrero se registró un valor promedio de 7.85 ± 0.18 y en marzo de 7.75 ± 0.24 . En febrero el sitio de muestreo que registró bajo pH fue HND2 (bocana río Nacaome) con 7.6 y el de mayor valor fue HND8 (río Nacaome) con 8.14. Mientras en marzo, el de bajo valor de pH fue HND2 con 7.49 y mayor valor en HND8 con 8.2 (Figura 18).

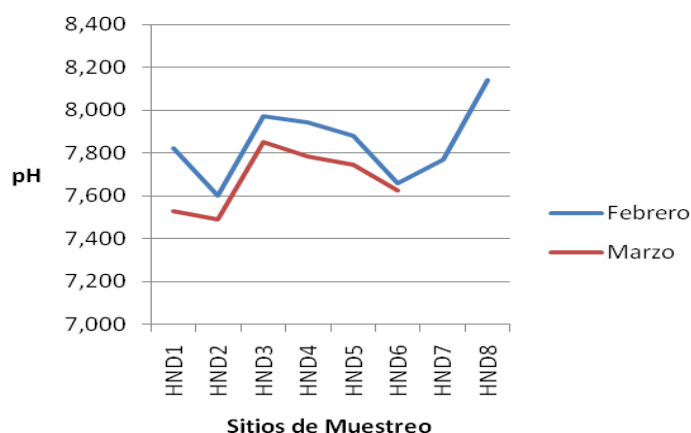


Figura 18. Variación de pH del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Los cinco (5) sitios de muestreo (HND1, HND3, HND4 y HND5) para ambos meses, cumplen con el rango permisible de pH en la guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile para la clase 1 (Tabla 28). Al igual que para los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú en la categoría de riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 29), en la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios (Tabla 30); y, actividades marino costeras para extracción y cultivo de moluscos bivalvos, de la misma normativa (Tabla 32). Así mismo, cumple los rangos permisibles de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78 (1987) de calidad del agua para riego (Tabla 31).

Oxígeno disuelto

En la variación de oxígeno disuelto del agua superficial se observa una disminución de febrero para marzo, donde febrero registró un valor promedio de 3.03 ± 0.45 ppm y en marzo de 2.66 ± 0.61 . En febrero el sitio de muestreo que registró baja concentración de oxígeno disuelto fue HND2 (bocana del río Nacaome) con 2.5 ppm y el de mayor valor fue HND3 (Jiotillo) con 3.86 ppm. Mientras en marzo, el sitio de baja concentración de oxígeno disuelto fue HND6 (El Aceituno) con 2.14 ppm y el mayor valor fue HND8 (río Nacaome) con 3.66 ppm (Figura 19).

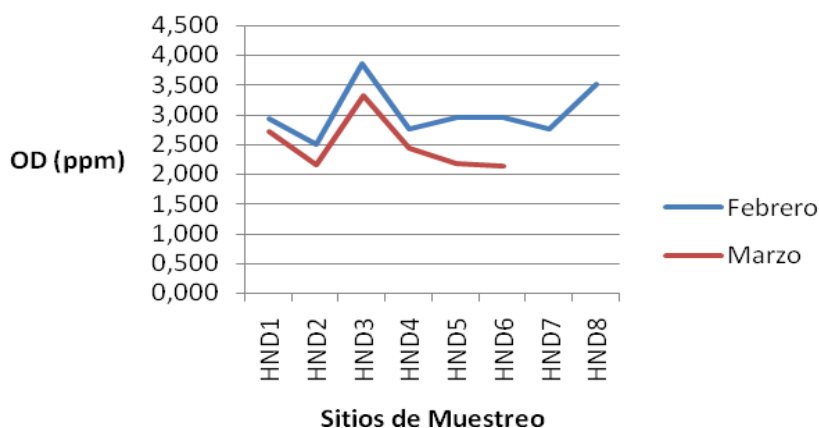


Figura 19. Variación de oxígeno disuelto del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, El Salvador.

Ninguno de los cinco (5) sitios de muestreo (HND1, HND3, HND4 y HND5) para ambos meses, cumplen con el límite permisible de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú en categoría de riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 29); coincidiendo para el caso de la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios (Tabla 30) y la categoría de actividades marino costeras de extracción y cultivo de moluscos bivalvos de la misma normativa (Tabla 32). Así mismo, para los rangos permisibles del anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales de Panamá según el artículo de cuerpos de agua marino y costero en la clase de aguas destinadas a la protección y conservación de las comunidades acuáticas, recreación por contacto directo y desarrollo de acuicultura y actividades de pesca (Tabla 33).

Es importante darle seguimiento a este parámetro y su relación con nutrientes; ya que, desde el punto de vista de ecosistema, la interacción de los diferentes elementos que la componen, su estructura, da origen a propiedades y funciones emergentes como el ciclo de nutrientes, ciclo hidrológico, flujo de energía, mecanismos de regulación de poblaciones y cadenas tróficas; los cuales permanecen como procesos constantes, pero no estáticos.

Sólidos disueltos totales (TSD)

En la variación de TSD del agua superficial se observa un aumento de febrero para marzo, dónde febrero registró un valor promedio de 27.10 ± 0.46 ppt y en marzo de 28.22 ± 0.56 ; valorando de forma independiente los sitios HND 7 (febrero: 179.0ppt y HND8 (febrero: 89.0ppt, marzo: 90.00ppt), ya que pertenecen al río Nacaome donde se registró altos valores. En febrero el sitio de muestreo que registró bajos valores de TSD fue HND4 (abajo del Jiotón) con 27.24ppt y el valor más alto en HND6 (El Aceituno) con 28.35ppt. Mientras en marzo, el bajo valor fue en HND4 (abajo del Jiotón) con 27.58ppt y el valor más alto en HND2 (bocana del río Nacaome) con 28.77ppt (Figura 20).

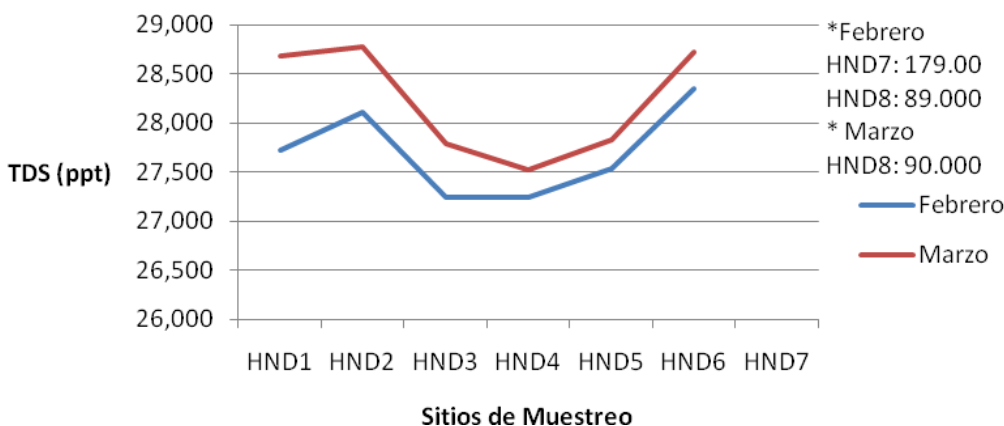


Figura 20. Variación de sólidos disueltos totales del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Los cinco (5) sitios de muestreo (HND1, HND3, HND4 y HND5) para ambos meses, cumplen con el rango permisible de sólidos disueltos totales de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú para la conservación del ambiente acuático de estuarios (Tabla 30).

Conductividad

En la variación de conductividad del agua superficial se observa una elevación de febrero para marzo, dónde febrero registró un valor promedio de $55.45 \pm 0.97 \text{ mS/cm}$ y en marzo de $56.43 \pm 1.12 \text{ mS/cm}$; valorando de forma independiente el sitio HND7 (febrero: 358.0 mS/cm) y HND8 (febrero: 179.0 mS/cm , marzo: 180.0 mS/cm), ya que pertenecen al río Nacaome y mostraron altos valores de conductividad. En febrero los sitios que registraron baja conductividad fueron HND3 (Jiotillo) y HND4 (Jiotón) con 54.49 mS/cm respectivamente; y el de mayor valor fue HND6 (El Aceituno) con 56.70 mS/cm . Mientras en marzo, el de bajo valor fue HND4 (abajo de Jiotón) con 55.05 mS/cm , y el mayor valor fue HND2 (bocana del río Nacaome) con 57.53 mS/cm (Figura 21).

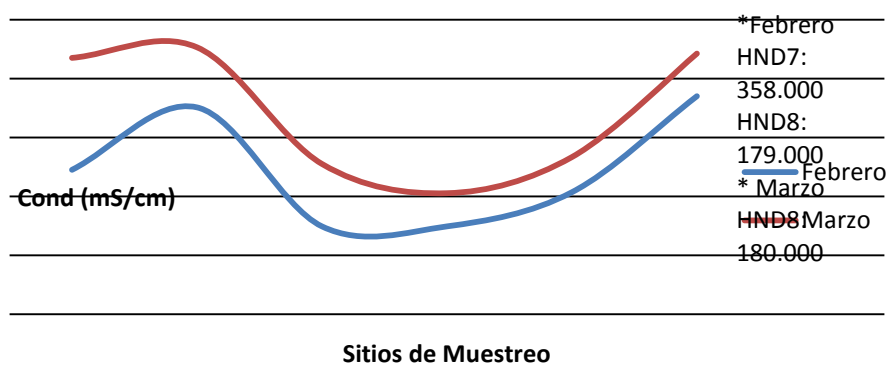


Figura 21. Variación de conductividad del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Turbidez

En la variación de turbidez del agua superficial se observa un aumento de febrero para marzo, dónde febrero registró un valor promedio de 3.49 ± 3.06 FNU y en marzo de 6.50 ± 1.75 FNU. En febrero el sitio que registró menor turbidez fue HND1 (Puerto Nuevo) con 0.8FNU y el de mayor valor fue HND8 (río Nacaome) con 9.0FNU. Mientras en marzo, el de menor valor fue HND4 (Jiotón) con 4.37FNU y el de mayor valor fue HND1 (Puerto Nuevo) con 9.30FNU (Figura 22).

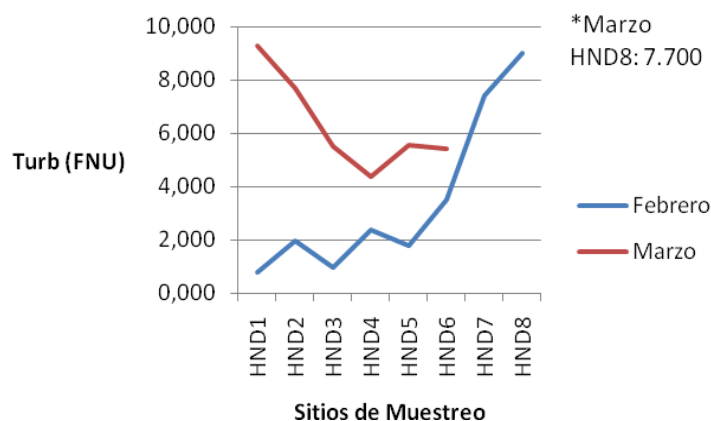


Figura 22. Variación de turbidez del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Nutrientes

Nitratos

En la variación de concentración de nitratos del agua superficial se observa un aumento de febrero para marzo, dónde febrero registró un valor promedio de 1.28 ± 0.2 mg/L y en marzo de 1.6 ± 0.9 mg/L. En febrero el sitio que registró baja concentración de nitratos fue HND5 (Mojote) con 1.1mg/L y el de mayor valor fue HND4 (Jiotón) con 1.56mg/L. Mientras en marzo, el de bajo valor fue HND8 (no cuantificable, río Nacaome) y de mayor valor fue HND1 (Puerto Nuevo) con 2.2mg/L (Figura 23).

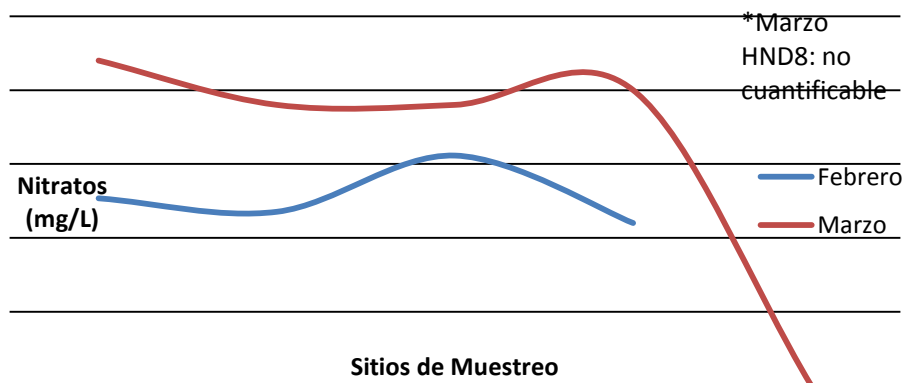


Figura 23. Variación de concentración de nitratos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Los cinco (5) sitios de muestreo (HND1, HND3, HND4 y HND5) para ambos meses, cumplen con el rango permisible de concentración de nitratos de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú para riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 29). Lo que coincide con la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios de la misma normativa (Tabla 30). Sin embargo, solo HND8 para marzo cumple con los estándares del anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales de Panamá, en calidad de agua de cuerpos de agua marinos costeros de aguas destinadas a la protección y conservación de las comunidades acuáticas, recreación por contacto directo y desarrollo de acuicultura y actividades de pesca (Tabla 33). El cual corresponde al tramo bajo del Río Nacaome.

Sulfatos

En la variación de concentración de sulfatos del agua superficial se observa una disminución de febrero para marzo, dónde febrero registró un valor promedio de $2465.19 \pm 248.65 \text{ mg/L}$ y en marzo de $1558.45 \pm 150.36 \text{ mg/L}$; valorando de forma independiente el sitio HND8 (21.000 mg/L), ya que pertenece al río Nacaome y mostró bajos valores de sulfatos. En febrero el sitio que registró baja concentración de sulfatos fue HND4 (Jiotón) con 2111.21 mg/L y el de mayor valor fue HND5 (Mojote) con 2653.98 mg/L . Mientras en marzo el de menor valor fue HND1 (Puerto Nuevo) con 1421.2 mg/L y el de mayor valor fue HND4 (Jiotón) con 1703.5 mg/L (Figura 24).

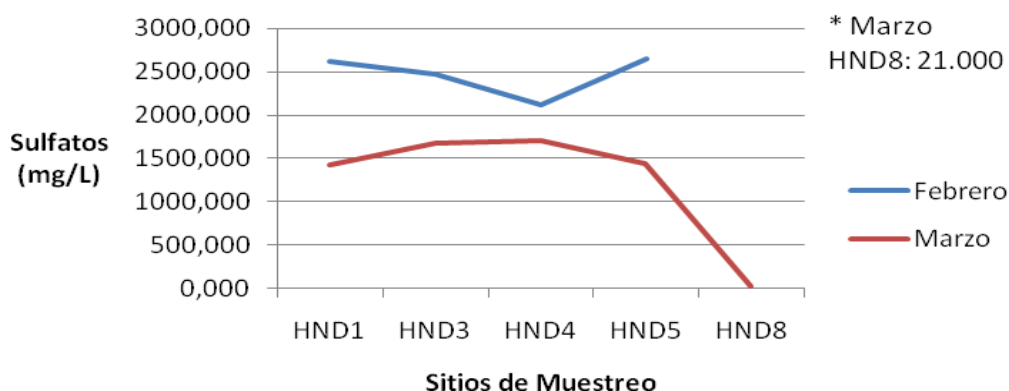


Figura 24. Variación de concentración de sulfatos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

De los cinco (5) sitios de muestreo (HND1, HND3, HND4 y HND5) para ambos meses no cumplen con el rango permisible de concentración de sulfatos de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú para riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 29), con excepción de HND8 (río Nacaome) en marzo que si cumple con dicho rango. Ese mismo resultado se obtuvo en los rangos permisibles de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, para calidad de agua para riego (Tabla 31).

Tabla 28. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en la Bahía de Chismuyo dentro de rangos permisibles de la Guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile.

Sitio de Muestreo	Coliformes totales			pH			Temperatura		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3
HND1-feb	X			X			X		
HND3-feb	X			X			X		
HND4-feb	X			X			X		
HND5-feb	X			X			X		
HND1-mar	X			X			X		
HND3-mar	X			X			X		
HND4-mar	X			X			X		
HND5-mar	X			X			X		
HND8-mar		X		X			X		

Tabla 29. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en la Bahía de Chismuyo dentro de rangos permisibles de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.

Sitio de Muestreo	Coliformes totales	<i>E. coli</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	pH	Oxígeno disuelto	Nitratos	Sulfatos
HND1-feb	X	X		X		X	
HND3-feb	X	X		X		X	
HND4-feb	X	X		X		X	
HND5-feb	X	X		X		X	
HND1-mar	X	X		X		X	
HND3-mar	X	X		X		X	
HND4-mar	X	X		X		X	
HND5-mar	X	X		X		X	
HND8-mar	X	X		X		X	X

Tabla 30. Valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial en la Bahía de Chismuyo dentro de rangos permisibles de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, Estuarios.

Sitio de Muestreo	Coliformes totales	pH	Oxígeno disuelto	Sólidos disueltos totales	Nitratos
HND1-feb	X	X		X	X
HND3-feb	X	X		X	X
HND4-feb	X	X		X	X
HND5-feb	X	X		X	X
HND1-mar	X	X		X	X
HND3-mar	X	X		X	X
HND4-mar	X	X		X	X
HND5-mar	X	X		X	X
HND8-mar	X	X		X	X

Tabla 31. Valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de la Bahía de Chismuyo dentro de rangos permisibles de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78 (1987): Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Sección: Agua para riego.

Sitio de Muestreo	pH	Sulfatos
HND1-feb	X	
HND3-feb	X	
HND4-feb	X	
HND5-feb	X	
HND1-mar	X	
HND3-mar	X	
HND4-mar	X	
HND5-mar	X	
HND8-mar	X	X

Tabla 32. Valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de la Bahía de Chismuyo dentro de rangos permisibles de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú (Decreto Supremo No 002-2018-MINAM). Categoría 2: Actividades marino costeras, Subcategoría 1: Extracción y cultivo de moluscos bivalvos.

Sitio de Muestreo	pH	Oxígeno disuelto
HND1-feb	X	
HND3-feb	X	
HND4-feb	X	
HND5-feb	X	
HND1-mar	X	
HND3-mar	X	
HND4-mar	X	
HND5-mar	X	
HND8-mar	X	

Tabla 33. Valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de la Bahía de Chismuyo dentro de rangos permisibles del Anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales de Panamá (2007), Capítulo 4: Estándares de calidad de agua, Art. 16: Cuerpos de agua marinos y costeros, Clase 1 M: Aguas destinadas a la protección y conservación de las comunidades acuáticas, recreación por contacto directo y desarrollo de acuicultura y actividades de pesca.

Sitio de Muestreo	Oxígeno disuelto	Nitratos
HND1-feb		
HND3-feb		
HND4-feb		
HND5-feb		
HND1-mar		
HND3-mar		
HND4-mar		
HND5-mar		
HND8-mar		X

Relación entre variables físicas y químicas del agua superficial de la Bahía de Chismuyo y los sitios de muestreo.

Valoraciones por mes

El análisis de componentes principales (ACP) resume en dos componentes prioritarios el 78% de la variabilidad de los datos de los parámetros fisicoquímicos registrados en los sitios de muestreo en la Bahía de Chismuyo, siendo las variables de salinidad, TSD y conductividad las que más aportan a la construcción del componente 1 (lectura en el eje X); dónde la salinidad actúa de forma inversa a la conductividad y TSD (Tabla 34).

Tabla 34. Valores de los componentes principales uno y dos de las variables físicas y químicas por mes de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

	PC 1	PC 2
T° (°C)	-0.17474	0.44344
pH	0.33249	-0.41549
Sal (ppm)	-0.51008	-0.084407
OD (ppm)	0.28044	-0.49286
TDS (ppt)	0.48105	0.18448
Cond (mS/cm)	0.48139	0.18404
Turb (FNU)	0.23862	0.55928

Lo que indica que los sitios dónde se encontró registros de altas concentraciones de conductividad y TSD se obtuvieron bajos valores de salinidad. Condición que se encuentra en grupo 3, registros pertenecientes a febrero y marzo del Río Nacaome (Figura 21). Este comportamiento fue de forma inversa en los grupos 1 y 2, y dentro del grupo 2, con mayores registros de salinidad en el grupo 2A.

Mientras que las variables de oxígeno disuelto y turbidez son las que construyen el componente 2 (lectura en el eje Y) (Tabla 34) actuando con una relación de forma inversa. Es decir, que dónde se observa valores altos de oxígeno disuelto se registraron bajos valores de turbidez y viceversa. Esto se observa claramente en la separación del grupo 1 y 2; en marzo, el grupo 1 posee altos valores de turbidez y bajos valores de oxígeno disuelto; y en febrero el grupo 2 mostró bajos valores de turbidez, pero altos valores de oxígeno disuelto (Figura 25).

Al comparar el nivel de asociación de los sitios de muestreo por mes, la prueba de MANOVA mostró un modelo globalmente significativo (MANOVA: lambda de Wilks: 0.039, $F_{(7, 4)}: 14.46$, $p: 0.01$), lo cual indica que las variables seleccionadas en el ACP, son estadísticamente adecuadas para discriminar o segregar los sitios muestreados del grupo 1 (marzo) y 2 (febrero). En el análisis pareado se observa que el grupo 1 y 2 poseen diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Por otra parte, la prueba SIMPER pone en evidencia que las variables que marcan la diferencia del 85% son turbidez (38%), temperatura (23%), conductividad (14%) y salinidad (10%).

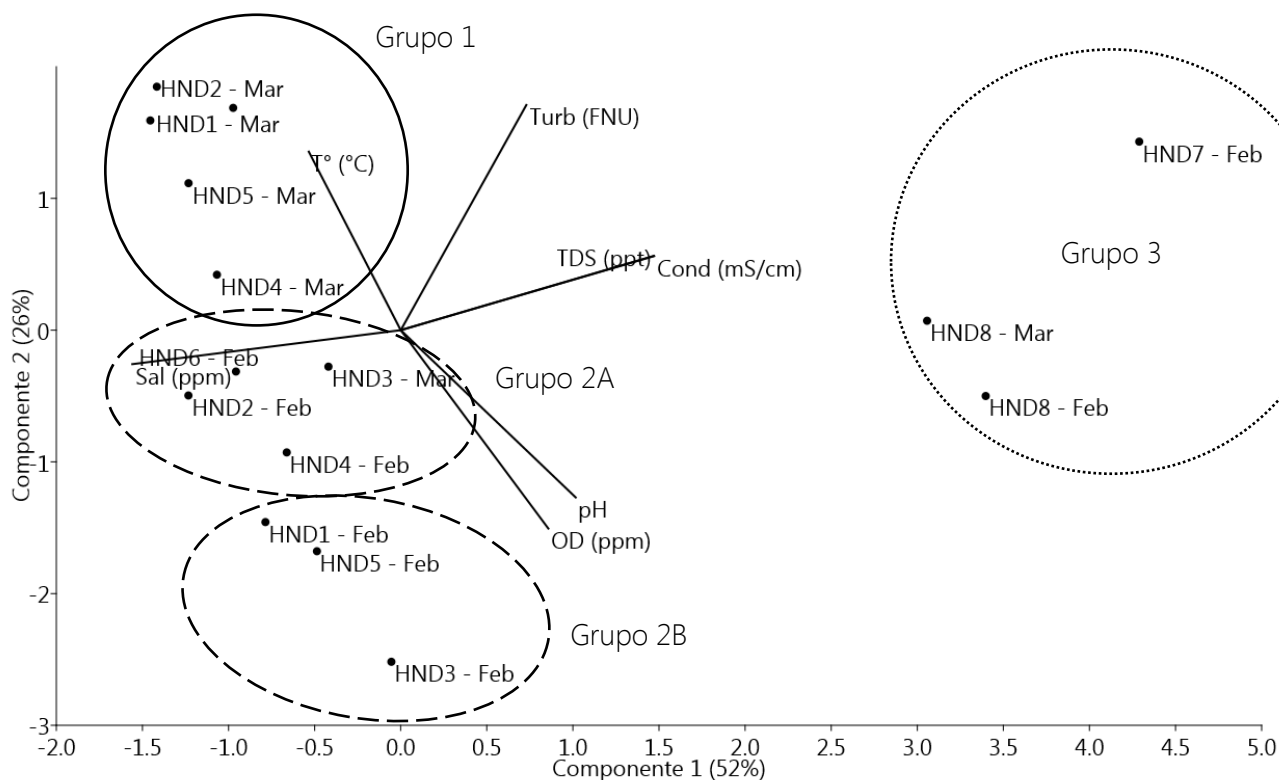


Figura 25. Análisis de Componentes Principales de las variables físicas y químicas por mes de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Valoraciones en promedio

El análisis de componentes principales (ACP) resume en dos componentes prioritarios el 90% de la variabilidad de los datos de los parámetros fisicoquímicos registrados en los sitios de muestreo de la Bahía de Chismuyo, siendo las variables de salinidad, TSD y conductividad; los parámetros que más aportan a la construcción del componente 1 (lectura en el eje X); dónde la salinidad actúa de forma inversa a las otras variables (Tabla 35).

Tabla 35. Valores de los componentes principales uno y dos de los parámetros fisicoquímicos promedio de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

	PC 1	PC 2
T° (°C)	-0.3452	0.38259
Sal (ppm)	-0.46395	-0.082494
TDS (ppt)	0.4512	-0.19444
OD (ppm)	0.18338	0.63322
pH	0.22892	0.60779
Cond (mS/cm)	0.4514	-0.19374
Turb (FNU)	0.415	0.033067

Lo que indica que los sitios dónde se encontraron altos registros de salinidad, se obtuvieron valores bajos de TSD y conductividad, condición que se encuentra en el grupo 1; pertenecientes a los sitios de muestreo HND1, HND4, HND5 y HND6, en contraste en el grupo 2 se registró un comportamiento inverso específicamente en los sitios de muestreo HND7 y HND8.

Las variables de oxígeno disuelto y pH son las que construyen el componente 2 (lectura en el eje Y) (Tabla 35) actuando de forma directa. Es decir, que dónde se observan altos valores de pH también se registraron altas concentraciones de oxígeno disuelto y viceversa; este comportamiento se observó en el sitio de muestreo HND3, en contraste el sitio HND2 registró bajos valores de pH y oxígeno disuelto (Figura 26).

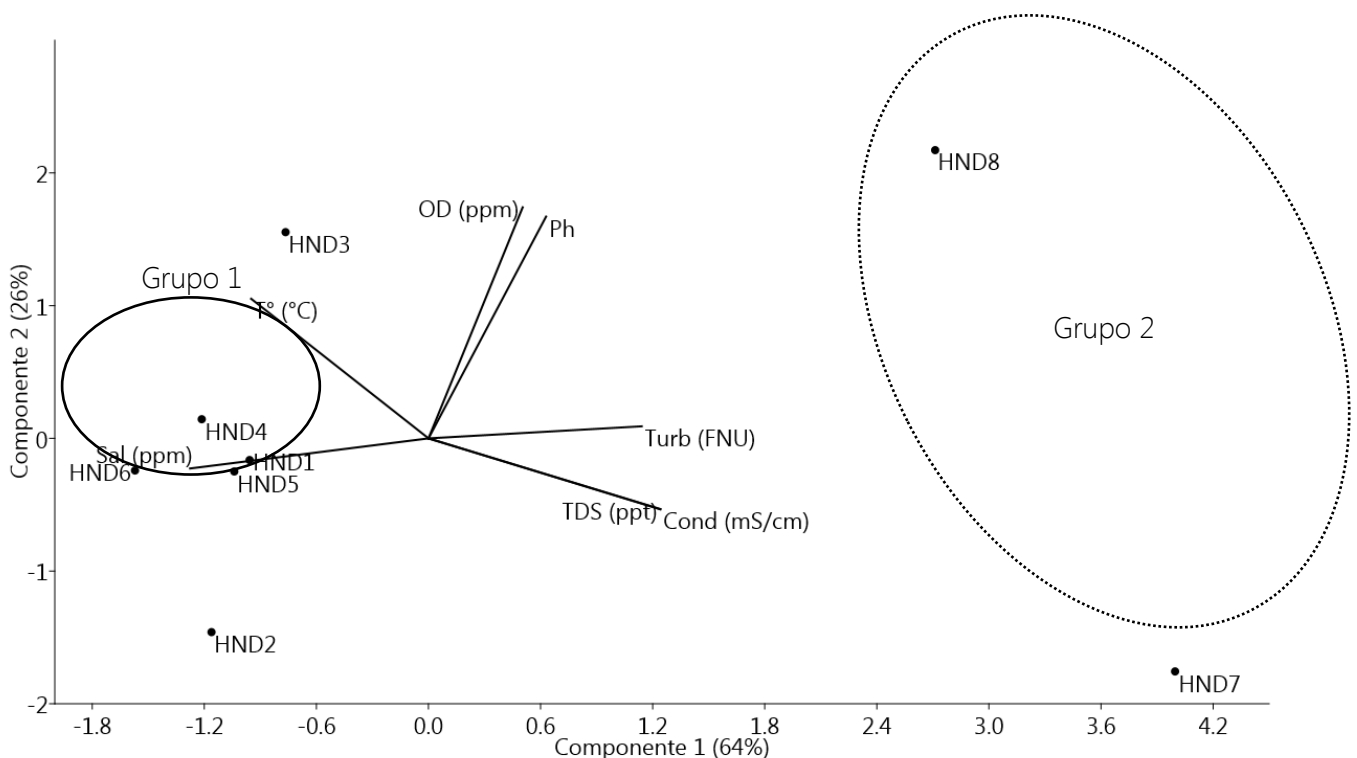


Figura 26. Análisis de Componentes Principales de los parámetros fisicoquímicos promedio en los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Los registros de temperatura, salinidad, TSD, conductividad, turbidez del agua superficial se elevaron de febrero para marzo en toda la Bahía de Chismuyo, mientras que el pH y oxígeno disuelto disminuyeron. Sin embargo, la turbidez, temperatura, conductividad y salinidad son las principales variables que se diferencian en ambos meses y ninguna de ellas parece diferenciarse de los sitios de muestreo.

Aunque, se observó que en la zona oriental de la bahía (HND4, HND5, HND6) se registra mayor salinidad, menor turbidez, conductividad y TSD, por lo que se debe contar con mayor cantidad de observaciones y replicas en el tiempo para identificar la existencia de esta dinámica en el ecosistema.

4.2.2 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS

En febrero y marzo 2018 existieron pares de variables físico-químicas del agua superficial con relación directa o inversa, con la concentración de *Vibrios* spp., coliformes totales y *E. coli*; las cuales se observan en el análisis de correlación de Pearson (Tabla 36), con valores p por debajo de 0.05:

1. Concentración de *Vibrios* spp. y coliformes totales: relación media, directa (0.73 p : 0.03).
2. Concentración de *Vibrios* spp. y *E. coli*: relación media, directa (0.73 p : 0.03).
3. Concentración de *Vibrios* spp. y sulfatos: relación media, inversa (-0.73 p : 0.03).
4. Concentración de *Vibrios* spp. y salinidad: relación media, inversa (-0.73 p : 0.03).
5. Concentración de *Vibrios* spp. y sólidos disueltos totales: relación media, directa (0.73 p : 0.03).
6. Concentración de *Vibrios* spp. y conductividad: relación media, directa (0.73 p : 0.03).
7. Concentración de coliformes totales y *E. coli*: relación alta, directa (0.99 p : 0.00).
8. Concentración de coliformes totales y nitratos: relación alta, inversa (-0.82 p : 0.01).
9. Concentración de coliformes totales y sulfatos: relación alta, inversa (-0.81 p : 0.01).
10. Concentración de coliformes totales y pH: relación media, directa (0.67 p : 0.04).
11. Concentración de coliformes totales y salinidad: relación alta, inversa (-0.99 p : 0.00).
12. Concentración de coliformes totales y sólidos disueltos totales: relación alta, directa (0.99 p : 0.00).
13. Concentración de coliformes totales y conductividad: relación alta, directa (0.99 p : 0.00).
14. Concentración *E. coli* y nitratos: relación alta, inversa (-0.80 p : 0.01).
15. Concentración *E. coli* y sulfatos: relación alta, inversa (-0.83 p : 0.01).
16. Concentración *E. coli* y salinidad: relación alta, inversa (-0.99 p : 0.00).
17. Concentración *E. coli* y sólidos disueltos totales: relación alta, directa (0.99 p : 0.00).
18. Concentración *E. coli* y conductividad: relación alta, directa (0.99 p : 0.00).

Es decir, la mayor concentración de *Vibrios* spp., se registró junto a los sitios donde se encontró mayores concentraciones de coliformes totales y *E. coli*; y, viceversa. Así como con las mayores concentraciones de TSD y conductividad eléctrica y bajos valores de salinidad, y viceversa.

Las altas concentraciones de coliformes totales se registraron junto a altas concentraciones de *E. coli*, pH, conductividad y TSD, asimismo, las bajas concentraciones de nitrato y sulfato, y viceversa. Mientras, la mayor concentración de *E. coli* se registró con altas concentraciones de TSD y conductividad, pero bajos niveles de nitratos, sulfatos y salinidad (Tabla 36).

Tabla 36: Correlación de Pearson y prueba de significancia estadística (nivel de confianza: 95%) de las variables físicas y químicas de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

	Concentración de <i>Vibrios</i> spp. (UFC)	Concentración de coliformes totales (NMP)	Concentración de <i>E. coli</i> (NMP)
Coliformes totales (NMP)	0,7283		
ρ	0,0261		
<i>E. coli</i>	0,7307	0,9977	
ρ	0,0253	0,0000	
Nitratos (mg/L)	-0,4732	-0,8174	-0,7969
ρ	0,1982	0,0071	0,0101
Sulfatos (mg/L)	-0,7271	-0,8090	-0,8295
ρ	0,0264	0,0083	0,0057
T° (°C)	0,6036	0,4667	0,4956
ρ	0,0852	0,2053	0,1748
pH	0,5398	0,6719	0,6491
ρ	0,1336	0,0475	0,0585
Sal (ppm)	-0,7283	-0,9985	-0,9945
ρ	0,0261	0,0000	0,0000
OD	0,4012	0,4325	0,4104
ρ	0,2845	0,2449	0,2726
ORP (mV)	0,0155	-0,0161	0,0132
ρ	0,9685	0,9673	0,9730
TDS (ppt)	0,7281	0,9998	0,9977
ρ	0,0261	0,0000	0,0000
Cond (mS/cm)	0,7279	0,9998	0,9977
ρ	0,0262	0,0000	0,0000
Turb (FNU)	0,3488	0,3250	0,3622
ρ	0,3576	0,3935	0,3380

Concentración de coliformes totales y *Escherichia coli*

Las pruebas de coliformes totales en febrero no reportaron tubos positivos para ningún sitio de muestreo, por lo que les fue asignado el valor mínimo que permite la metodología. En marzo las pruebas dieron positivas en la mayoría de puntos, con excepción de HND4 (abajo del Jiotón) donde las pruebas dieron negativo (Tabla 37).

Tabla 37. Resultados de tubos positivos para coliformes totales en la prueba de tubos múltiples para la determinación de número más probable (NMP), Bahía de Chismuyo de Honduras, marzo 2018.

Código	10 ml	1ml	0.1ml	NMP/100 ml
HND1	0	0	2	4
HND3	0	1	0	2
HND4	0	0	0	<2
HND5	2	1	0	7
HND8	5	5	3	900

Con respecto a la concentración de coliformes totales, se encontraron valores entre el rango de <2 a 900 NMP/100ml, el valor más alto que se registró en ambos meses pertenece al sitio de HND8 (río Goascorán) y el valor más bajo en HND4 (Jiotón) (Figura 27).

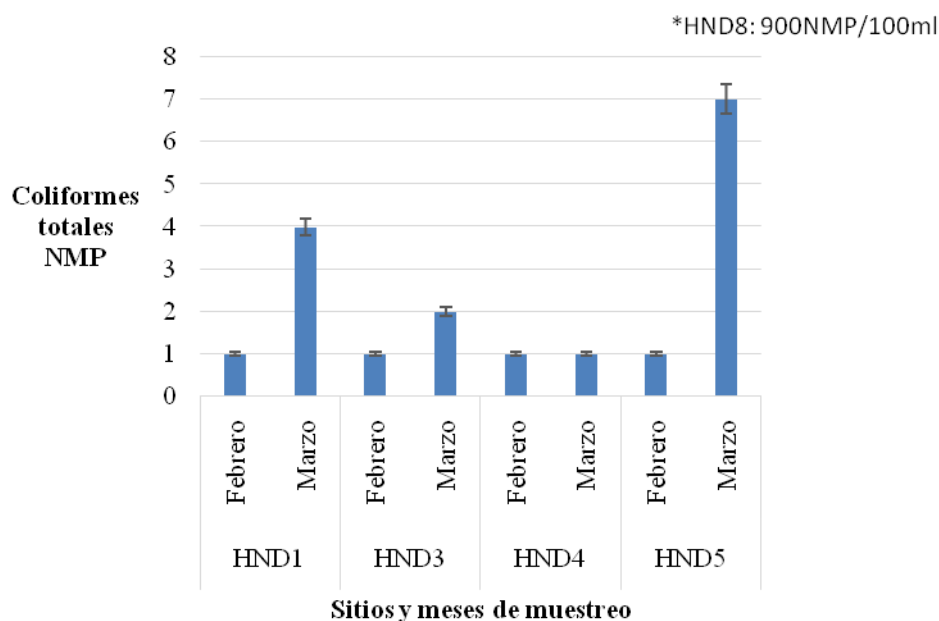


Figura 27. Variación de la concentración de coliformes totales (NMP + porcentaje de error) en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en febrero y marzo 2018, Bahía de Chismuyo, Honduras.

Para febrero, ninguna de las pruebas de *E. coli* reportaron tubos positivos para los sitios de muestreo, por lo que se le asignó el valor mínimo que permite la metodología. En marzo la mayoría de tubos fueron positivos excepto para el sitio HND4 (Jiotón) (Tabla 38).

Tabla 38. Resultados de tubos positivos para *Escherichia coli* en prueba de tubos múltiples para la determinación de número más probable (NMP), Bahía de Chismuyo de Honduras, marzo 2018.

Código	10 ml	1ml	0.1ml	NMP/100ml
HND1	0	0	1	2
HND3	0	1	0	2
HND4	0	0	0	<2
HND5	2	1	0	7
HND8	5	3	0	80

En las concentraciones de *E. coli* se encontraron valores entre el rango de <2 a 80 NMP/100 ml, el mayor valor registrado fue en HND8 (río Nacaome) (Figura 28).

La concentración de coliformes totales cumple con los valores estipulados en la guía de la Comisión Nacional de Medio Ambiente para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas de Chile. Para el caso de los sitios de muestreo HND1 (Puerto Nuevo), HND3 (Jiotillo), HND5 (Mojote) recaen en la clase 1, y solo HND8 (río Nacaome) en marzo se encuentra en la clase 2 (Tabla 28). Así mismo, todos los sitios cumplen con los

Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú en riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 29) y con los estándares propuestos por esa misma normativa en la categoría de conservación del ambiente de estuarios (Tabla 30).

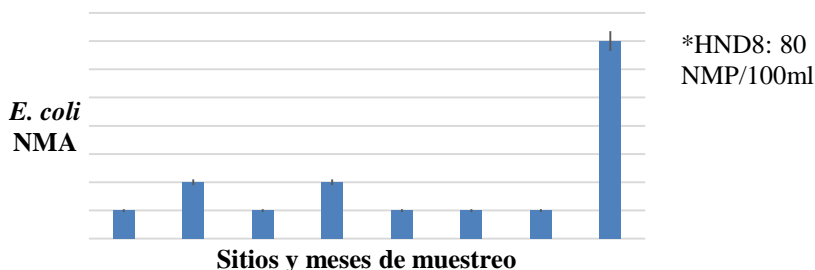


Figura28. Variación de concentración de Escherichia coli (NMP) en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en febrero y marzo 2018, Bahía de Chismuyo, Honduras.

Los cinco (5) sitios de muestreo (HND1, HND3, HND4 y HND5) para ambos meses, cumplen con el rango permisible de concentración en *E. coli*, según los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú, para la categoría de riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 29).

Concentración de *Vibrio spp.*

En febrero, la concentración de *Vibrio spp.* se registró en el rango de 1.1×10^1 a 4.7×10^3 UFC, mientras que en marzo fue entre 8×10^3 a 1.37×10^4 UFC, la mayor concentración en marzo se registró en los sitios de muestreo HND3 (Jiotillo) y HND8 (río Nacaome) (Figura 29).

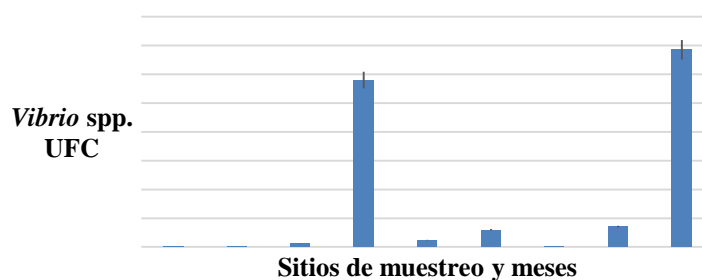


Figura 29. Concentración de *Vibrio spp.* (UFC) en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en febrero y marzo 2018, Bahía de Chismuyo, Honduras.

Ninguno de los cinco (5) sitios de muestreo (HND1, HND3, HND4 y HND5) para ambos meses, cumplen con el límite permisible de concentración de *Vibrio cholerae*

según los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú, en la categoría de riego de vegetales y bebidas de animales (Tabla 29).

Relación entre parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua superficial de Bahía de Chismuyo y los sitios de muestreo.

El análisis de componentes principales (ACP) resume en dos componentes prioritarios el 83% de la variabilidad de los datos de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos registrados en febrero y marzo 2018 en los sitios de muestreo de la Bahía de Chismuyo, siendo las variables de concentración de coliformes totales, salinidad, TSD y conductividad las que más aportan a la construcción del componente 1 (lectura en el eje X); dónde se observa una relación directa. (Tabla 39).

Tabla 39. Valores de los componentes principales uno y dos de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los sitios de muestreo para calidad de agua en febrero y marzo de la Bahía de Chismuyo, Honduras.

	PC 1	PC 2
<i>Vibrios</i> (UFC)	0,06224	0,61072
Coliformes totales (NMP)	0,31419	0,078216
<i>E. coli</i>	0,24846	0,19714
Nitratos	0,33119	0,27181
Sulfatos	-0,32928	-0,33513
T° (°C)	0,34322	0,2627
pH	-0,34891	0,3228
Sal (ppm)	0,35067	-
		0,29406
TDS (ppt)	0,35707	-
		0,25943
Cond (mS/cm)	0,35714	-
		0,26242

Mientras la variable de concentración de *Vibrios* spp., es la que más aporta en la construcción del componente 2 (lectura en el eje Y) (Tabla 39), características que describen los sitios de muestreo, el grupo 1 (febrero) registró altos niveles de sulfatos y pH, así como los valores bajos de coliformes totales, concentración de nitratos, temperatura, salinidad, TSD y conductividad; contrario al grupo 2 (marzo).

Sin embargo, dentro del grupo 1 se encontró que el sitio HND1 (Puerto Nuevo) y HND5 (Mojote) poseen altos valores de concentración de sulfatos que en el HND3 (Jiotillo) y HND4 (Jiotón). En el grupo 2 (marzo) se obtuvieron altos valores de concentración de *E. coli* en HND5; y la mayor conductividad y TSD en HND1 y menores valores de ambos en el sitio HND3.

Además, podemos observar que los sitios de mayor concentración de *Vibrios* spp., son HND3 y HND4, independientemente si pertenecen al grupo de febrero o marzo,

mientras HNS1 es de menor concentración. La estación que fluctuó entre los meses fue HND5, la cual registró un mayor valor en marzo que en febrero (Figura 30).

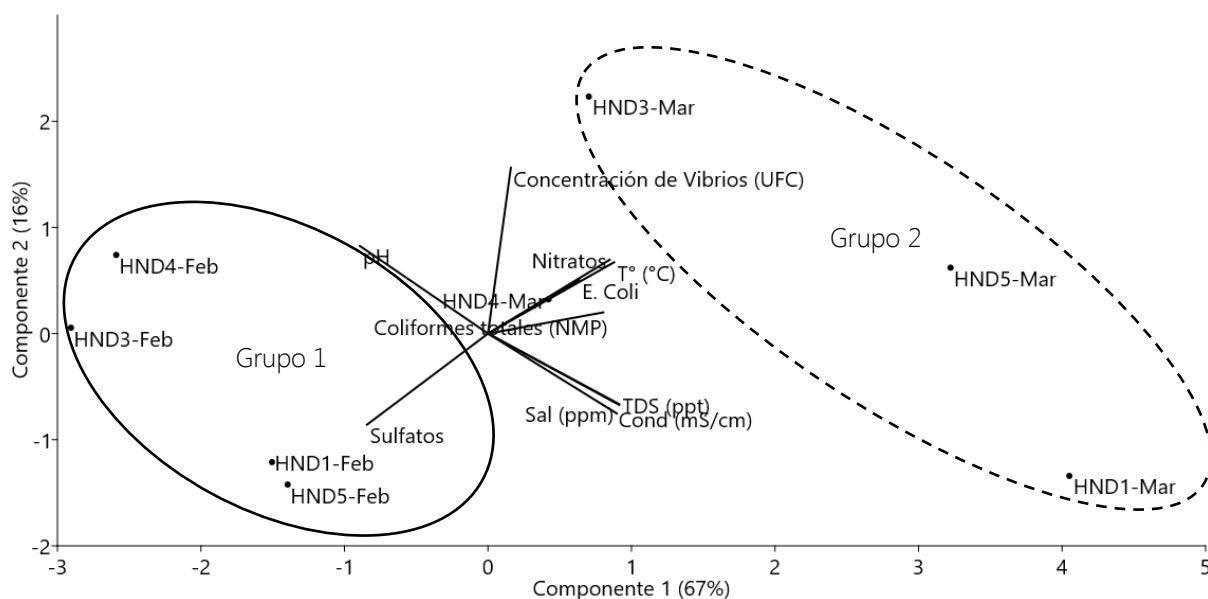


Figura 30. Análisis de Componentes Principales de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los sitios de muestreo para calidad de agua en febrero y marzo la Bahía de Chismuyo, Honduras.

Al hacer una comparación mensual del nivel de asociación de los sitios de muestreo, la prueba de MANOVA mostró un modelo globalmente significativo (MANOVA: lambda de Wilks: 0.0002, $F_{(6, 1)}: 861.6, p: 0.03$), lo cual indica que las variables seleccionadas en el ACP, son estadísticamente adecuadas para discriminar o segregar los sitios muestreados del grupo 1 (marzo) y 2 (febrero).

En el análisis pareado se observa que el grupo 1 (febrero) y 2 (marzo) poseen diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Por otra parte, la prueba SIMPER pone en evidencia que las variables que marcan la diferencia del 92%, son concentración de *Vibrios* spp. (48%), concentración de coliformes totales (31%) y nitratos (14%).

En conclusión, los meses de febrero y marzo del presente año, mostraron diferencias en cuando a la concentración de *Vibrios* spp., y la concentración de coliformes totales, lo que estuvo relacionado a la concentración de nitratos. Mostrando el registro de altos valores en estas variables bacteriológicas y fisicoquímicas en marzo; sobre todo para las estaciones frente a la comunidad de Santa Elena, el canal de salida de La Brea y en el sitio identificado como Mojote.

Se recomienda aumentar el número de observaciones para la época seca, y realizar comparaciones con la época de lluvia para conocer el comportamiento, así como las posibles fuentes de fluctuación de los parámetros bacteriológicos y químicos (con especial énfasis en nutrientes).

4.2.3 ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF) EN EL TRAMO BAJO DEL RÍO NACAOME

La calidad de agua en este río se mantuvo dentro de valores constantes, el primer mes registró un valor de 6.43 y se ubicó en la categoría **REGULAR POBRE** y en el segundo mes el valor fue de 6.36 colocándose siempre como aguas de tipo **REGULAR POBRE**. Los grupos taxonómicos más abundantes se mantienen, siendo las familias Thiaridae y Leptophlebiidae las que presentaron mayor abundancia. Ambas familias son muy comunes en los sistemas loticos con importantes aportes como grupos bio indicadores en la salud y en la economía.

El bio-monitoreo realizado en los ríos Nacaome y Goascorán reflejan que la calidad de agua no cambia significativamente, tomando en cuenta que el IBF-SV-2010, sólo puede ser interpretado mediante la contaminación orgánica. El Índice Biológico de Familia usa los macro invertebrados de agua dulce como indicadores de tolerancia a la contaminación orgánica (Sermeño Chicas *et. al.* 2010). Además, la presencia o ausencia de grupos de macro invertebrados en cada tramo de los ríos estudiados, podría determinar consecuencias en la dinámica de estos ecosistemas, reflejándose en los habitantes de esas comunidades.

Los grupos taxonómicos más abundantes durante el estudio corresponden a Thiaridae (Gasterópoda), Decapoda (Crustacea) y Leptophlebiidae (Ephemeroptera). La Familia Thiaridae es un grupo con capacidad de invadir nuevos hábitats y desplazar fauna invertebrada local, debido a su alta tasa de reproducción (Pointier & McCullough 1989). Este grupo también es un transmisor de enfermedades ya que actúa como hospedero intermediario de trematodos como *Clonorchis sinensis* y *Centrocestus formosanus* que son parásitos del humano y de peces de importancia comercial respectivamente (Goldsmith & Heyneman 1995).

Los decápodos colectados durante el monitoreo son camarones que tienen que pasar parte del ciclo larval en aguas salobres, por lo que realizan migraciones a lo largo del cauce de los ríos (Hanson 2010). Es debido a este proceso en su ciclo de vida, el cual, a corto o largo plazo, el tapón de plástico en la bocana del Río Goascorán, podría significar una barrera que determine la continuidad de estas especies dentro del ecosistema lotico, creando problemas en la economía local, problemas ambientales por contaminación y problemas en las redes tróficas hacia otras especies que usan los camarones y otros macro invertebrados para alimentarse.

El grupo de ejemplares que pertenecen a la familia Leptophlebiidae son de importancia para futuros programas de monitoreo e investigaciones científicas, ya que, para varios autores, el orden Ephemeroptera que engloba esta familia, ha sido considerado como uno de los más sensibles a la contaminación del agua junto con Plecóptera y Trichoptera (Flowers & De La Rosa 2010).

Los grupos taxonómicos encontrados durante el monitoreo biológico y descritos anteriormente, representan puntos clave para la conservación y manejo de las cuencas en estudio, ya que, al desarrollar investigaciones para cada grupo, esto permitiría afinar los actuales para determinar calidad de agua.

Febrero

Se recolectaron trescientos setenta y siete (377) individuos correspondientes a diecisiete (17) grupos taxonómicos, los grupos más abundantes fueron Thiaridae (Gasterópoda), con ciento sesenta y cuatro (164) individuos; Leptophlebiidae (Ephemeroptera), con 82 individuos y Baetidae (Ephemeroptera), con veinticuatro (24) individuos. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Goascorán posee un valor de 6.43, por lo que está clasificada como **REGULAR POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 40).

Tabla 40. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para los sitios HND7 y HND8, tramo bajo del río Nacaome, febrero de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Baetidae	33	6	198	0.525198939
Bivalvia	1	4	4	0.01061008
Chironomidae	32	8	256	0.679045093
Coenagrionidae	8	9	72	0.190981432
Corydalidae	2	7	14	0.037135279
Crambidae	2	5	10	0.026525199
Culicidae	1	10	10	0.026525199
Curculionidae	1	6	6	0.015915119
Decapoda	9	6	54	0.143236074
Gomphidae	16	7	112	0.297082228
Hirudinea	2	7	14	0.037135279
Hydropsychidae	5	5	25	0.066312997
Leptophlebiidae	82	5	410	1.087533156
Nematoda	1	5	5	0.013262599
Philopotamidae	17	5	85	0.225464191
Psephenidae	1	4	4	0.01061008
Thiaridae	164	7	1148	3.045092838
Total	377			6.437665782

La elevada cantidad de ejemplares de la familia Thiaridae en estos sistemas de agua se debe a su alta tasa de reproducción, teniendo especies partenogénicas y ovíparas, con longevidad que va de 4 a 5 años (Pointer & McCullough 1989) además de poseer alta tolerancia a contaminación orgánica (Frydenborg s.f). También es importante mencionar la abundancia de Leptophlebiidae en estos resultados, debido a que son uno de los grupos predominantes y más diversos en los ecosistemas loticos tropicales (Savage, 1987; Domínguez et al., 2006) y desempeñan un rol ecológico fundamental como filtradores de materia orgánica. (Baptista et al., 2006; Bello and Cabrera, 2001; Shimano et al., 2012; Brasil et al., 2013)

Punto 1

En el punto del Río Nacaome correspondiente al código HNP1 (Figura X), se colectaron doscientos ochenta y seis (286) ejemplares correspondientes a quince (15) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a las familias Thiaridae (Gasterópoda), con ciento once (111) ejemplares capturados y

Leptophlebiidae, con ochenta y un) 81 ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua de este tramo del Río Nacaome posee un valor de 6.28, por lo que está clasificada como **REGULAR-POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 41).

Tabla 41. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para sitio HND7, tramo bajo del río Nacaome, febrero de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Baetidae	24	6	144	0.5034965
Bivalvia	1	4	4	0.01398601
Chironomidae	17	8	136	0.47552448
Coenagrionidae	7	9	63	0.22027972
Corydalidae	2	7	14	0.04895105
Crambidae	1	5	5	0.01748252
Culicidae	1	10	10	0.03496503
Curculionidae	1	6	6	0.02097902
Gomphidae	15	7	105	0.36713287
Hirudinea	2	7	14	0.04895105
Hydropsychidae	5	5	25	0.08741259
Leptophlebiidae	81	5	405	1.41608392
Philopotamidae	17	5	85	0.2972028
Psephenidae	1	4	4	0.01398601
Thiaridae	111	7	777	2.71678322
Total	286			6.28321678

Punto 2

En el punto del Río Nacaome correspondiente al código HNP2, se colectaron 91 ejemplares correspondientes a 9 grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a las familias Thiaridae (Gasterópoda), con 53 ejemplares capturados y Chironomidae (Díptera), con 15 ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua de este tramo del Río Nacaome posee un valor de 6.92, por lo que está clasificada como **POBRE**, indicando contaminación sustancial muy probable (Tabla 42).

Tabla 42. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para sitio HND8, tramo bajo del río Nacaome, febrero de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Baetidae	9	6	54	0.59340659
Chironomidae	15	8	120	1.31868132
Coenagrionidae	1	9	9	0.0989011
Crambidae	1	5	5	0.05494505
Decapoda	9	6	54	0.59340659
Gomphidae	1	7	7	0.07692308
Leptophlebiidae	1	5	5	0.05494505
Nematoda	1	5	5	0.05494505
Thiaridae	53	7	371	4.07692308
Total	91			6.92307692

Marzo

Se colectaron cuatrocientos cuarenta y un (441) ejemplares correspondientes a trece (13) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Thiaridae (Gasterópoda), con doscientos sesenta y cuatro (264) ejemplares capturados; Leptophlebiidae, con ciento catorce (114) ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Nacaome posee un valor de 6,36, por lo que está clasificada como **REGULAR POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 43).

Tabla 43. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para los sitios HND7 y HND8, tramo bajo del Río Nacaome, marzo de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Bivalvia	1	4	4	0.00907029
Chironomidae	9	8	72	0.16326531
Coenagrionidae	4	9	36	0.08163265
Corydalidae	1	7	7	0.01587302
Decapoda	1	6	6	0.01360544
Hirudinea	7	7	49	0.11111111
Hydropsychidae	5	5	25	0.05668934
Hydroptilidae	1	4	4	0.00907029
Leptohyphidae	14	6	84	0.19047619
Leptophlebiidae	114	5	570	1.29251701
Libellulidae	1	7	7	0.01587302
Philopotamidae	19	5	95	0.2154195
Thiaridae	264	7	1848	4.19047619
Total	441			6.36507937

Punto 1

Se colectaron cuatrocientos (400) ejemplares correspondientes a doce (12) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Thiaridae (Gasterópoda), con doscientos treinta y cinco (235) ejemplares capturados y Leptophlebiidae, con ciento trece (113) ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Nacaome posee un valor de 6,28, por lo que está clasificada como **REGULAR POBRE**, indicando contaminación sustancial probable (Tabla 44).

Tabla 44. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para sitio HND7, tramo bajo del Río Nacaome, marzo de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Chironomidae	2	8	16	0.04
Coenagrionidae	2	9	18	0.045
Corydalidae	1	7	7	0.0175
Decapoda	1	6	6	0.015
Hirudinea	7	7	49	0.1225

Hydropsychidae	5	5	25	0.0625
Hydroptilidae	1	4	4	0.01
Leptohyphidae	13	6	78	0.195
Leptophlebiidae	113	5	565	1.4125
Libellulidae	1	7	7	0.0175
Philopotamidae	19	5	95	0.2375
Thiaridae	235	7	1645	4.1125
Total	400			6.2875

Punto 2

Se colectaron cuarenta y un (41) ejemplares correspondientes a seis (6) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Thiaridae (Gasterópoda), con veintinueve (29) ejemplares capturados y Chironomidae, con siete (7) ejemplares capturados. El índice biótico por familias (IBF-SV-2010) muestra que el agua del tramo bajo del Río Nacaome posee un valor de 7.12, por lo que está clasificada como **POBRE**, indicando contaminación muy sustancial probable (Tabla 45).

Tabla 45. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para sitio HND8, tramo bajo del Río Nacaome, marzo de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Bivalvia	1	4	4	0.097560976
Chironomidae	7	8	56	1.365853659
Coenagrionidae	2	9	18	0.43902439
Leptohyphidae	1	6	6	0.146341463
Leptophlebiidae	1	5	5	0.12195122
Thiaridae	29	7	203	4.951219512
Total	41			7.12195122

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los sitios de muestreo deben cumplir con la finalidad de capturar la máxima variabilidad presente en ambas bahías, ya que cada una mostró características particulares en la dinámica de sus parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en las aguas superficiales; en un futuro programa de monitoreo se debe considerar la geografía, el tiempo y duración; como factores geológicos, fluviales, físicos, nivel del mar, marea, factores biológicos y humanos. Para lograr la mejor comprensión en periodos de tiempo representativos en la dinámica de estos sistemas.

- A pesar que la afloración de *Phaeocystis spp.* ha sido reportada como recurrente dentro del Golfo de Fonseca, se desconoce la dinámica en la que se encuentra interactuando en el sistema, así como los impactos y posibles afectaciones que provoca en las actividades económicas y en el ecosistema. Según los pobladores, cada vez que ocurre este fenómeno, aumenta su frecuencia en el año y su

magnitud, por lo que se recomienda darle un especial seguimiento para conocer su comportamiento y descartar la posible categoría de especie invasora.

- En la Bahía de La Unión, los registros de temperatura, conductividad y TSD del agua superficial se elevaron de enero para marzo; mientras, el pH y el oxígeno disuelto disminuyeron. Sin embargo, la conductividad y TSD son las principales variables que diferencian ambos meses, y la turbidez y el oxígeno disuelto son las que diferencian los sitios de muestreo que se encuentran dentro del interior de los canales de manglar de los que están expuestos en el canal principal.

Las áreas más abiertas de bahías y estuarios tienden a permitir mayor oxigenación por la acción del viento en agua superficial y los canales internos por ser trampas de sedimento natural, muestran menores registros de turbidez. Sin embargo, es importante conocer si esta dinámica se representa en todos los meses de la época seca, y si varía en la época de lluvia. Por lo que se recomienda, aumentar el número de observaciones por muestreo, así como, las réplicas por época en el año. Donde idealmente, también se pueda contar con registros luego de disturbios naturales, para mejorar la comprensión de la dinámica del ecosistema.

- En la Bahía de Chismuyo, los registros de temperatura, salinidad, TSD, conductividad, turbidez del agua superficial, se elevaron de febrero para marzo; mientras, el pH y oxígeno disuelto disminuyeron. Sin embargo, la turbidez, temperatura, conductividad y salinidad son las principales variables que diferencian ambos meses; y ninguna de ellas parece diferenciar a los sitios de muestreo. Aunque, se observó que al lado occidental de la bahía (HND4, HND5, HND6) se registra mayor salinidad, menor turbidez, conductividad y TSD; por lo que se debe contar con mayor cantidad de observaciones y replicas en el tiempo para identificar la existencia de esta dinámica en el ecosistema.

- Los sitios de muestreo en la Bahía de La Unión que se encuentran frente al canal de Los Jotes, CORSAIN, ciudad de La Unión e islas Perico y Periquito; registraron altas concentraciones de *Vibrios* spp., coliformes totales y *E. coli*; así mismo estas concentraciones se relacionan con la alta turbidez y altas concentraciones de sulfatos, y solo en el caso del canal frente a Los Jotes con altas concentraciones de nitrato. Es importante conocer si esta descripción es similar para otros meses de la época seca y cuál es su diferencia en la época de lluvia; además de lograr un diseño muestral que permita verificar las fuentes de cada parámetro bacteriológico en el ecosistema y cuáles son las fluctuaciones existentes en cada parámetro, lo que permitiría conocer cuáles son los rangos permisibles para las actividades humanas y el desarrollo saludable del mismo ecosistema.

- Los meses de febrero y marzo del presente año, mostraron diferencias en la Bahía de Chismuyo, en cuando a la concentración de *Vibrios* spp. y la concentración de coliformes totales, lo que estuvo relacionado con la concentración de nitratos. En

marzo se registraron altos valores de estas variables bacteriológicas y fisicoquímicas, sobre todo para las estaciones frente a la comunidad de Santa Elena, el canal de salida de La Brea y en el sitio identificado como Mojote. Se recomienda aumentar el número de observaciones para la época seca, y realizar comparaciones con la época lluviosa para conocer el comportamiento, así como las posibles fuentes de fluctuación de los parámetros bacteriológicos y químicos (con especial énfasis en nutrientes).

- El tramo bajo del Río Goascorán que desemboca en la Bahía de La Unión y el tramo bajo del Río Nacaome que desemboca en la Bahía de Chismuyo, poseen aguas de categoría **REGULAR POBRE**, lo que significa la existencia de una contaminación orgánica sustancial probable en ambos sitios. Es importante poner especial atención a la calidad de agua dulce que ingresa a las dos bahías, porque además de ser utilizada para varias actividades comunitarias aledañas, el balance hídrico que estos ríos aportan, es vital para la existencia del bosque de manglar y el mantenimiento de su salud ecológica.

La mayor aportación de sedimentos, generalmente, se debe a la falta de integración de una visión de manejo de cuenca y al aumento del cambio de uso de suelo. Además, el manejo de desechos sólidos en las ciudades es un factor importante para evitar acumulación de plásticos en las bocanas, considerando que esta es una amenaza directa a la migración y continuidad de las especies entre ambos ambientes y el mismo ecosistema lotico. Por lo que se recomienda darle continuidad y monitoreo a la calidad de agua dulce que desemboca en las bahías, así como promover estudios de ayuden a conocer la vulnerabilidad erosiva que existente en la cuenca, para identificar el origen de los sedimentos y aplicar medidas dirigidas a las principales fuentes de contaminación orgánica.

- En el análisis de rangos permisibles de calidad de agua para la Bahía de La Unión según normativas regionales, es importante darles especial atención a dos parámetros: la concentración de coliformes totales y el oxígeno disuelto. El agua que desemboca a la bahía proveniente del tramo bajo del Río Goascorán, es el único sitio que no cumple con algunas normativas regionales de rangos permisibles en coliformes totales, sobre todo las que se evalúan para actividades de riego de vegetales, bebidas de animales y conservación del ambiente de estuarios.

En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto, ninguno de los sitios de nuestro se encuentran dentro de los rangos permisibles de normativas regionales, lo cual se vuelve más preocupante si lo analizamos desde la perspectiva de la conservación del ambiente acuático de estuarios o protección y conservación de las comunidades acuáticas, ya que para otras actividades existen medidas paliativas que abordan el problema, sin embargo, para la salud del ecosistema, contar con registros de este tipo ponen en peligro procesos importantes en los organismo y en el mismo ecosistema.

- En el análisis de rangos permisibles de calidad de agua para la Bahía de Chismuyo según normativas regionales, es importante darles especial atención a dos parámetros: la concentración de sulfatos y el oxígeno disuelto. Ninguno de los sitios (excepto HND8 en marzo) cumple con los rangos aconsejables de concentración de sulfatos, se debe monitorear estos parámetros para conocer las fuentes de generación y aumento de las concentraciones de este nutriente, ya que presenta concentraciones muy altas para el sistema. En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto, ninguno de los sitios de muestro se encuentran dentro de los rangos permisibles de normativas regionales, al igual que la Bahía de La Unión, se recomienda monitorear el sistema y reconocer cuales son los rangos de variación, así como su vinculación con las especies presentes en el Golfo de Fonseca para conocer sus posibles afectaciones.

- Es importante reconocer que los ecosistemas y ambientes por su localidad y país, deben contar con su propia normativa de calidad de agua, dónde se valore la dinámica natural que cada sistema presenta, a través de la información generada por períodos representativos de ciclos físicos, químicos, geológicos y biológicos, registrados por monitoreos sistemáticos locales, a fin de garantizar la protección y conservación de las comunidades acuáticas y las actividades que ahí se. Por lo que se recomienda canalizar esfuerzos para realizar la identificación de rangos permisibles para la protección y conservación de comunidades acuáticas, así como para la recreación por contacto directo y extracción de moluscos bivalvos, creando en base a esta información una propuesta de normativa de calidad ambiental para aguas marinas (incluyendo salobres) de El Salvador y Honduras, categorizando por ecosistema y/o área geográfica de existir peculiaridades en las mismas.

- Se debe promover la generación de información actualizada y sistematizada (monitoreos) sobre la calidad del agua de los ambientes dulceacuícolas y estuarios, ya que son la base para afrontar los retos impuestos por factores antropogénicos, variaciones naturales y efectos del cambio climático; lo cual permitirá conocer la dinámica del ecosistema y mejorar las condiciones de los servicios ambientales y mejorar los medios de vida de las poblaciones que hacen uso de este recurso.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alba-Tercedor, J. 1996. Macro invertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería, 1996, Vol. II: 203-213.

APHA/AWWA/WPCF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed. USA.

APHA/AWWA/WEF. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Stand. Methods: 541.

Arboleda, J. 2000. Teoría y práctica de la purificación del agua. Colombia: Ed. Mc Graw Hill, p.31.

Arias M, Antillón F, Chaves C, Villalobos L. 2006. Microbiología de aguas y alimentos. Principios y prácticas de laboratorio. 1 ed. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Ayuntamiento H. 2008. Manual de técnicas microbiológicas para evaluación de la calidad ambiental de ecosistemas marino costero.

Baptista DF, Buss DF, Díaz LG, Nessimian JL, Da Silva ER, De Morales Neto AH, Carvalho SN, De-Oliveira MA, Andrade LR. 2006. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. Ann. Limnol - Int. J. Lim., 42, 87–96

Bello LCC, Cabrera IM. 2001. Alimentación ninfal de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) en el Caño Paso del Diablo, Venezuela. Rev. Biol. Trop., 49, 999–1003.

Brasil LS, Shimano Y, Batista JD, Cabette HSR. 2013. Effects of environmental factors on community structure of Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) in Cerrado streams, Brazil. Iheringia Sér Zool, 103, 260–265.

Brock T, Michael M. 1993. Microbiología. 6ta Edición, prentice hall hispanamericana. México.

Cabrera A, Ospina E. 2006. Identificación de microorganismos indicadores y determinación de puntos de contaminación en aguas superficiales provenientes del cementerio Jardines del Recuerdo ubicado en el norte de Bogotá. Pontif. Univ. Javeriana: pp 14.

Domínguez E, Molineri C, Pescador ML, Hubbard M, Nieto V. 2006. Ephemeroptera of South America, Pensoft, Moscow. In: Flower RW, De La Rosa C. 2010. Capítulo 4. Ephemeroptera. Revista de Biología Tropical, 58(4), pp.63–93.

Faust MA, Aotaky AE, Hargadon MT. 1975. Effect of physical parameters on the *in situ* survival of *Escherichia coli* MC-6 in an estuarine environment. Appl Microbiol. (30):800-806.

Gaudet I, Florence L, Coleman R. 1996. Evaluation of test media for Routine Monitoring of *Escherichia coli* in Nonpotable Waters. Applied and Environmental Microbiology. Vol 62. No. 11. pp. 4032-4035.

Guzmán, G. 2011. "Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México". Rev. Int. Contam. Ambient. (México). Vol. 27, No. 2, pp. 89-102.

Merck E. 2000. Microbiology Manual. Merck Kga A. Berlín, Alemania.

Goldsmith, R. & D. Heyneman. 1995. "Parasitología y Medicina Tropical". Edit. Manual Moderno. México D.F. 599 p.

Hanson P., Springer M., y Ramírez A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Rev. Biol. Trop, 58 (4), 3-37.

Marcovecchio J. & R. H. Freije. 2013. Procesos Químicos en Estuarios. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. 395 pp. ISBN 978.987.1869-1-4.

Miranda-baeza A, Orozco-medina C, Elisa M, Antonio R. 2015. Evaluation of the heterotrophic bacteria and *Vibrio* load in an integrated shrimp-mollusc-macroalgae culture system. 25:311–314.

Orozco, C., A. Pérez, M. González, F. Rodríguez & J. Alfayate. 2005. Contaminación ambiental. Una visión desde la química. Ed. Thomson, España, pp. 631-650.

Pointier, J.P. & F. McCullough. 1989. Biological control of the snail hosts of *Schistosoma mansoni* in the Caribbean area using *Thiara* spp. Acta Tropical, 46: 147–155.

Savage H.M., 1987. Biogeographic classification of the Neotropical Leptophlebiidae (Ephemeroptera) based upon geological centers of ancestral origin and ecology. Stud. Neotrop. Fauna E, 22, 37–41.

Sermeño Chicas, J. M. et. al. 2010. Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010). En: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 43 pág.

Shimano Y., Salles F.F., Faria L.R.R., Cabette H.S.R. and Nogueira D.S., 2012. Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. Iheringia, Ser. Zool., 102, 187–196.

Small C., Nicholls R.J. 2003, A global analysis of human settlement in coastal zones. J. Coast. Res. 19: 584-599.

Springer, M., Biomonitorio Acuático. Rev. De Biología Tropical 58, 53-59 (2010).

Vázquez-Botello A., Rendón von Osten J., Gold-Bouchot G., Agraz-Hernández C. 2005, Golfo de México. Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. 2ª Ed., Universidad Autónoma de Campeche / UNAM / Instituto Nacional de Ecología, 696 pp.

Wilson, D., A. Fernández & Y. Zayas. "Desarrollo y validación de un método de valoración anemométrica para la determinación del ion sulfato en muestras de aguas naturales y residuales". Rev.

Winfield MD, Grosman EA. 2003. Role of Nonhost Environments in the Lifestyles of *Salmonella* and *Escherichia coli*. Appl Environ Microbiol. (69):3687-3694.

VII. ANEXOS

7.1.1 ANEXO 1 HOJA DE COLECTA EN CAMPO PARA PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, NUTRIENTES Y MICROBIOLÓGICOS

Fecha:	
Responsable de datos:	
Hora de inicio:	
Hora de finalización:	
Nubosidad:	

N°	Nombre	Hora	Coordenadas		T° (°C)	pH	Sal (PSU)	OD (ppm)	ORP (mV)	TDS (ppt)	Cond (mS/cm)	Turb (FNU)	Fosf (PF)	Nitro (PN)	Sulfa (PS)	Bact.	Observaciones
			X	Y													
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	



7.1.2 ANEXO 2 HOJA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y ESCHERICHIA COLI.

Código	Bahía	Fecha	Nombre del punto	Tubos positivos 10 ml	Tubos positivos 1ml	Tubos positivos 0.1 ml	NMP

7.1.3 ANEXO 3 HOJA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE VIBRIO SPP.

Código	Bahía	Fecha	Nombre de punto	Dilución (ml)	Nº de colonias 24 horas	Color de colonia	Nº de colonias 48 horas	Color de colonia	Factor de dilución	Concentración

7.1.4 ANEXO 4 HOJA DE LABORATORIO – IBF/SV

Código:

Orden	Familia	Ni

Observaciones:

Consultores:

Coordinador de la Consultoría:
M. SC. José Alberto González Leiva
jagonzalez.icmares@ues.edu.sv
Coordinador técnico:
M.SC. Johanna Vanessa Segovia
jsegovia.icmares@ues.edu.sv
Equipo técnico asistente:

Bosque de manglar:
Biol. Carlos Cáceres
Biol. Heriberto Nathanael Torres

Moluscos y crustáceos decapodos
Biol. Alejandra Trejo Ramos
Biol. Gabriela María Erazo

Calidad del agua
Parámetros fisicoquímicos y bacteriano:
Biol. Gabriela Sofía Montes Cardona
Biol. Gabriela Mercedes López Romero

Macro-invertebrados acuáticos
Biol. Enrique Maldonado

Determinación de nutrientes
Licdo. Diego Francisco Chicas Baños
Qco. Gerson Antonio Hernández Patriz
Qca. Francisca Guadalupe Pineda Sorto
Qco. José Alfredo Carranza Rauda
Qco. Iris Guadalupe Alvarenga Carranza
Qco. Nelson Jonathan Pineda Castellón
Qca. Griselda Yaneth Menjivar García