

PROYECTO MEJORAMIENTO DE CUENCAS COSTERAS  
Y MEDIOS DE VIDA



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



DISEÑO DE UN SISTEMA MONITOREO BIOLÓGICO  
MARINO PARA LA BAHÍA DE LA UNIÓN  
Y BAHÍA DE CHISMUYO EN EL GOLFO DE FONSECA

## CRÉDITOS

**El siguiente Diseño de un Sistema de Monitoreo Biológico Marino para la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo en el Golfo de Fonseca, 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 el punto de vista de USAID Centroamérica.**

El proyecto número P01795 es ejecutado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, y este documento ha sido con el apoyo y coordinación con los socios implementadores del proyecto la Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y Desarrollo Económico (Funsalprodes) 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 y el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) Región Forestal del Pacífico en 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).

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>3</b>
<b>ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPITULO I:</b> .....	<b>4</b>
<b>PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO MARINO EN LA BAHÍA DE LA UNIÓN Y LA BAHÍA DE CHISMUYO, GOLFO DE FONSECA.</b> .....	<b>4</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>III. PROTOCOLO METODOLÓGICO</b> .....	<b>5</b>
3.2 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	5
3.3 ECOSISTEMAS A ESTUDIAR.....	6
3.3.1. Ríos Goascorán y Nacaome .....	6
3.2.2. Bosque de Manglar de la Bahía de La Unión .....	7
3.2.3. Ecosistema Estuarino de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo....	7
3.2.4 Selección de los sitios de muestreo .....	8
<b>IV. ACTIVIDADES DE CAMPO</b> .....	<b>10</b>
4.1 Muestreo de vegetación de manglar.....	10
4.1.1. Establecimiento de parcelas.....	10
Medición de CAP y Altura.....	12
Análisis de los datos .....	14
Muestreo de curiles, casco de burro y punches o caneches.....	16
Ubicación de las estaciones de muestreo .....	16
Curiles ( <i>A. tuberculosa</i> ) .....	17
Casco de burro ( <i>A. grandis</i> ) .....	17
Punches o caneches ( <i>U. occidentalis</i> ) .....	18
Análisis de los datos .....	20
Calidad del agua .....	22
Macro invertebrados dulceacuícolas .....	22



Bacterias Heterótrofas .....	25
Parámetros físico-químicos.....	29
<b>V. PLAN DE MONITOREO FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO.....</b>	<b>34</b>
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	34
5.1.1. Objetivos Específicos .....	34
5.1.2. Muestreo del bosque de manglar .....	34
5.1.3. Monitoreo de moluscos y cangrejos.....	35
5.1.4. Monitoreo de calidad del agua .....	38
5.1.5. Materiales y equipo .....	44
5.2 CRONOGRAMA DE MONITOREO .....	48
<b>CAPITULO II: .....</b>	<b>49</b>
<b>INFORME DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DE LA BAHÍA DE LA UNIÓN Y LA BAHÍA DE CHISMUYO EN EL GOLFO DE FONSECA. ....</b>	<b>49</b>
<b>VI. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>VII. OBJETIVOS.....</b>	<b>50</b>
7.1 GENERAL .....	50
7.2 ESPECÍFICOS.....	50
<b>VIII.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
8.1 BAHÍA DE LA UNIÓN.....	50
8.1.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	50
Temperatura.....	52
Salinidad .....	53
PH.....	54
Oxígeno disuelto.....	55
Sólidos disueltos totales (TSD).....	56
Conductividad eléctrica.....	56
Turbidez.....	57
Nutrientes.....	58
Relación entre variables físicas y químicas del agua superficial de la Bahía de La Unión y los sitios de muestreo.....	61
8.1.2. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS.....	64



Concentración de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> .....	66
Concentración de <i>Vibrio</i> spp. ....	68
Relación entre parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua superficial de la Bahía de La Unión y los sitios de muestreo.....	68
<b>8.1.3. ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF).....</b>	<b>70</b>
Enero 2018.....	70
Marzo 2018.....	73
<b>8.2 BAHÍA DE CHISMUYO.....</b>	<b>75</b>
<b>8.2.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....</b>	<b>75</b>
Temperatura.....	77
Salinidad .....	77
PH.....	78
Oxígeno disuelto.....	79
Sólidos disueltos totales (TSD).....	80
<b>Conductividad</b> .....	<b>80</b>
Turbidez.....	81
Nutrientes.....	81
Relación entre variables físicas y químicas del agua superficial de la Bahía de Chismuyo y los sitios de muestreo.....	85
<b>8.2.2. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS.....</b>	<b>89</b>
Concentración de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> .....	90
Concentración de <i>Vibrio</i> spp. ....	92
Relación entre parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua superficial de la Bahía de Chismuyo y los sitios de muestreo.....	93
<b>8.2.3. ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF).....</b>	<b>95</b>
Febrero 2018.....	96
Marzo 2018.....	98
<b>IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>



<b>CAPITULO III:</b> .....	<b>104</b>
<b>COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE MANGLAR DE LA BAHÍA DE LA UNIÓN, Y DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y PESCA DEL CURIL (ANADARA TUBERCULOSA), CASCO DE BURRO (A. GRANDIS) Y PUNCHE (U. OCCIDENTALIS) EN LAS BAHÍA DE LA UNIÓN Y BAHÍA DE CHISMUYO EN EL GOLFO DE FONSECA.</b> .....	<b>104</b>
<b>X. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>104</b>
<b>XI. OBJETIVOS</b> .....	<b>105</b>
11.1 OBJETIVO GENERAL.....	105
11.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	105
<b>XII. RESULTADOS</b> .....	<b>106</b>
12.1 BAHÍA DE LA UNIÓN, EL SALVADOR .....	106
12.1.1. Riqueza de especies del bosque de manglar.....	106
12.1.2. Distribución y abundancia del curil ( <i>A. tuberculosa</i> ) .....	111
12.1.3. Densidad del curil ( <i>A. tuberculosa</i> ) .....	113
12.1.4. Captura por Unidad de Esfuerzo del curil ( <i>A. tuberculosa</i> ) .....	114
12.1.5. Distribución y abundancia del casco de burro ( <i>A. grandis</i> ) .....	115
12.1.6. Densidad de casco de burro ( <i>A. grandis</i> ) .....	116
12.1.7. Captura por Unidad de Esfuerzo de casco de burro ( <i>A. grandis</i> ) .....	117
12.1.8. Distribución y abundancia del punche ( <i>U. occidentalis</i> ) .....	117
12.1.9. Densidad del punche ( <i>U. occidentalis</i> ).....	119
12.1.10. Captura por Unidad de Esfuerzo del punche ( <i>U. occidentalis</i> ) .....	120
12.2 BAHÍA DE CHISMUYO, HONDURAS .....	121
12.2.1. Distribución y abundancia del curil ( <i>A. tuberculosa</i> ).....	121
12.2.2. Densidad de curil ( <i>A. tuberculosa</i> ) .....	122
12.2.3. Captura por Unidad de Esfuerzo del curil ( <i>A. tuberculosa</i> ) .....	123
12.2.4. Distribución y abundancia del casco de burro ( <i>A. grandis</i> ) .....	124
12.2.5. Densidad del casco de burro ( <i>A. grandis</i> ) .....	126
12.2.6. Captura por Unidad de Esfuerzo del casco de burro ( <i>A. grandis</i> ) .....	126
12.2.7. Distribución y abundancia del punche ( <i>U. occidentalis</i> ) .....	127
12.2.8. Densidad del caneche ( <i>U. occidentalis</i> ) .....	129
12.2.9. Captura por Unidad de Esfuerzo del caneche ( <i>U. occidentalis</i> ) .....	129
<b>XIII. CONCLUSIONES</b> .....	<b>130</b>
13.1 BAHÍA DE LA UNIÓN, EL SALVADOR .....	130
13.2 BAHÍA DE CHISMUYO, HONDURAS .....	132



<b>XIV. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>133</b>
<b>XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>134</b>
<b>XVI. ANEXOS.....</b>	<b>140</b>
ANEXO 1: Hoja de colecta en campo para parámetros fisicoquímicos, nutrientes y microbiológicos.....	140
ANEXO 2: Hoja de laboratorio para la determinación de Coliformes Totales y Escherichia coli.....	141
ANEXO 3: Hoja de laboratorio para la determinación de concentración de Vibrio spp. ....	142
ANEXO 4: Hoja de laboratorio – IBF/SV.....	143
ANEXO 5: Consultores .....	144

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

Aa	Abundancia absoluta
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
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
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador
NMP	Número Más Probable
UES	Universidad de El Salvador
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional



## RESUMEN

Uno de los supuestos que se ha manejado desde hace mucho tiempo entre la relación de la humanidad y la naturaleza es que los ecosistemas tienen la función de suministrar espacio y alimento a la humanidad como es el caso de los ecosistemas marino costeros (Rodríguez y Ruíz 2010), esta forma de ver a los ecosistemas naturales parece que no ha cambiado en los últimos años, a pesar que a nivel mundial existen fuertes iniciativas de conservación y protección de estos medios de vida. La situación actual del cambio global y el aumento de las actividades antropogénica sobre los ecosistemas costeros ha provocado una drástica disminución de la biodiversidad (Botsford et al. 1997, Pauly et al. 1998), en donde los recursos marinos están sobreexplotados y grandes extensión de áreas costeras se encuentran fuertemente contaminadas; por lo que cada agente de estrés y en su conjunto están provocando la pérdida de biodiversidad y de la integridad funcional de los ecosistemas marinos (Rodríguez y Ruíz 2010).

El Golfo de Fonseca es uno de los ecosistemas más importantes de Centroamérica porque alberga una alta diversidad de ambientes y especies, es un corredor biológico que ayuda a la conectividad de la biodiversidad y es un importante medio de vida para las comunidades que viven en la zona, en gran parte por los bienes y servicios que este ecosistema ofrece. A pesar de ello este gran ecosistema presenta problemas asociados a la contaminación marina, sobre pesca, tala de bosque de mangle, entre otras actividades que ponen en riesgo la biodiversidad y los medios de vida de las comunidades; situación que ha llamado la atención de los cooperantes en el sentido de dirigir esfuerzos para mejorar la salud del ecosistema y la calidad de vida de las comunidades a través del proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida, financiado por la USAID y ejecutado por la UICN.

En ese sentido el presente informe aporta los principales resultados del monitoreo biológico marino realizado en la Bahías de La Unión, El Salvador y la Bahía de Chismuyo, Honduras. Se presenta el diseño propuesto de un protocolo metodológico como una herramienta que sirva para el levantamiento sistemático de la información técnico-científica del lugar. Este conjunto de instrumentos metodológicos permitirá conocer la dinámica de las poblaciones sometidas a extracción y evaluar la calidad del agua de las dos bahías.

Asimismo, se presenta los resultados del estudio de calidad del agua superficial de las dos bahías, en donde se realizó un levantamiento de datos físico-químicos del agua para conocer el nivel de contaminación de dichos ecosistemas. Los principales resultados ponen en evidencia que las bahías presentan condiciones de contaminación de origen antropogénico, sobre todo en aquellas zonas cercanas a asentamientos humanos, presencia de granjas camarонерías y zonas

con alta deforestación del bosque de manglar. Los sitios donde el bosque de manglar se encontró mejor conservado, registraron bajos y casi nulos valores de contaminantes. Parte de las recomendaciones sugieren seguir con el monitoreo y acreditar una norma de calidad de agua de mar para las dos bahías.

Asimismo, se realizó un estudio biológico y pesquero de tres (3) especies propias de la zona siendo estas el curil (*Anadara tuberculosa*), casco de burro (*A. grandis*) y el punche (*Ucides occidentalis*); las cuales por su alta importancia comercial representan los medios de vida de la mayoría de personas que se dedican a la pesca en la región. Las poblaciones de estas especies están siendo capturadas sin restricción de manejo, la mayoría de ellas a longitudes pequeñas que posiblemente no han alcanzado su primera reproducción. La falta de políticas claras de ordenación pesquera hace que estos recursos sean sobreexplotados y bajen sus poblaciones considerablemente, como puede pasar con el casco de burro (*A. grandis*), el cual es cada vez más escaso en la zona. Como parte de las recomendaciones se propone dirigir estudios de reproducción de las tres (3) especies durante todo el año, a fin de proponer tallas mínimas de extracción y cuotas de captura, además de mejorar el sistema de comercialización.

El seguimiento de las medidas de gestión a través del monitoreo de la biodiversidad, los factores físico-químicos del agua y la pesca de especies con alta importancia económica para las dos bahías, ayudarían a contar con información valiosa para la gestión y conservación de los recursos marino costeros de este macro ecosistema, logrando con ello mantener la biodiversidad, mejorar la calidad del agua y los servicios económicos que este ecosistema proporciona.

# **CAPITULO I:**

## **PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO MARINO EN LA BAHÍA DE LA UNIÓN Y LA BAHÍA DE CHISMUYO, GOLFO DE FONSECA.**

### **I. INTRODUCCIÓN**

La pérdida de la biodiversidad local y mundial en los ecosistemas acuáticos, es uno de los mayores problemas ambientales de los últimos años (Worm et al. 2006), situación que generalmente es causada por el incremento de las actividades antropogénicas en dichos ecosistemas, cuya consecuencia se deriva en la pérdida de las poblaciones, especies y grupos funcionales (Worm et al. 2006). Esto ha provocado un desbalance en el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos como los marinos costeros, que ha derivado en la extinción masiva de especies con importancia ecológica y económica. Es por ello, que el manejo y la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas, son acciones prioritarias que los países están obligados a impulsar como parte de sus políticas, en ese sentido, existen iniciativas de conservación de la biodiversidad a nivel mundial que ayudan a la restauración y preservación de los ecosistemas marino costeros como los arrecifes de coral, estuarios y manglares.

El Golfo de Fonseca es uno de los ecosistemas más importantes de América Central políticamente está compartido por El Salvador, Honduras y Nicaragua, y alberga una rica diversidad de ambientes y alta biodiversidad de especies (Chicas et al. 2012), este sitio presenta relaciones funcionales entre las cuencas altas y las zonas costero marinas; siendo un corredor biológico que mantiene la conectividad entre los ecosistemas y las especies (USAID 2001). Como es el caso de la cuenca del Río Goascorán que se encuentra en el Golfo de Fonseca, donde convergen las bahías de La Unión en El Salvador y Chismuyo en Honduras, la cual presenta una amplia diversidad de ambientes como bosque seco y de manglar, ríos, estuarios, islas e islotes costeros, entre otros, además de una alta biodiversidad de especies que representan importantes bienes y servicios para las comunidades que viven en la zona.

El presente documento detalla las diferentes metodologías que se han diseñado para el monitoreo físico-químico y biológico de las bahías de La Unión en El Salvador y Chismuyo en Honduras. El estudio de calidad del agua contempla los ecosistemas acuáticos de los Ríos Goascorán y Nacaome además de los estuarios de las dos bahías, a través de la medición de los parámetros físico-químicos como ser: temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, materia orgánica disuelta, conductividad y nutrientes, contaminación orgánica a través de macro invertebrados acuáticos y bacterias indicadoras de calidad ambiental.

Para el caso de la biodiversidad se dará especial seguimiento a las especies con importancia comercial para las comunidades pesqueras de la zona siendo estas los curiles (*Anadara tuberculosa*), casco de burro (*A. grandis*) y punche o caneche (*Ucides occidentalis*). El trabajo permitirá dar a conocer los procedimientos metodológicos para evaluar y monitorear los componentes sobre recursos pesqueros y calidad del agua, a fin de identificar los vacíos de información y generar conocimiento científico útil para la gestión de los medios de vida de las comunidades pesqueras de la zona.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar metodologías de monitoreo del curil (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*), punche (*Ucides occidentalis*), casco de burro (*Anadara grandis*) y calidad del agua, para la Bahía de La Unión en El Salvador y la Bahía de Chismuyo en Honduras.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Elaborar protocolos metodológicos para el monitoreo de recurso con importancia comercial con énfasis en el curil (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*), punche (*Ucides occidentalis*) y casco de burro (*Anadara grandis*).
- b. Diseñar metodologías para determinar la calidad del agua de mar y dulceacuícola, a través de determinación de nutrientes y macro invertebrados acuáticos.
- c. Proponer metodologías para determinar la calidad del agua de mar y dulceacuícola, a través de determinación de nutrientes y macro invertebrados acuáticos.

## III. PROTOCOLO METODOLÓGICO

### 3.2 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

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. La información secundaria indica que tiene una extensión de 5, 858 ha, en territorio de El Salvador (Chicas et al. 2009). Por su parte, la Bahía de Chismuyo (Figura 1) en Honduras, es un Área Natural Protegida con un área de 31,616.01 km<sup>2</sup> (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 (Ver Imagen 1).

### 3.3 ECOSISTEMAS A ESTUDIAR

El presente protocolo metodológico se ha adaptado para el monitoreo biológico y físico-químico de los ecosistemas marino costeros de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo, abarcando el bosque de manglar (composición y estructura), el análisis de especies con importancia comercial como los curiles (*A. tuberculosa*), casco de burro (*A. grandis*) y punches o caneches (*Ucides occidentalis*), la calidad del agua de mar y dulceacuícola de los dos principales ríos que desembocan en las dos bahías (La Unión y Chismuyo). Para el estudio de estos componentes, se han identificado tres (3) ecosistemas con importancia para el monitoreo, siendo estos:

#### 3.3.1. Ríos Goascorán y Nacaome

La cuenca del Río Goascorán es compartida entre El Salvador y Honduras, el Río Goascorán presenta un área de drenaje de 420 km<sup>2</sup> y un caudal de descarga de 1,040 m<sup>3</sup>/s y una precipitación anual de 5,660 m<sup>3</sup>/s (Buckalew et al. 1998), desembocando en la vertiente occidental de La Bahía de La Unión, Golfo de Fonseca, presenta importantes afluentes como son los ríos El Sauce, Aguas Calientes, Pasaquina y Polorós por la parte salvadoreña, y por Honduras el Río Guajiniquil, el Patagua, entre otros (Mena 2007). Por su parte, el Río Nacaome pertenece a Honduras y desemboca directamente en la Bahía de Chismuyo, 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).





Imagen 1. Ubicación de la zona marino-costera donde se han adaptado el protocolo de metodologías para el estudio biológico y de calidad del agua, A: zona correspondiente a la Bahía de La Unión, El Salvador y la Bahía de Chismuyo, Honduras.

### 3.2.2. Bosque de Manglar de la Bahía de La Unión

El el bosque de manglar de la Bahía de La Unión está catalogado como Unidad de Conservación y forma parte del sistema de Áreas de Conservación de El Salvador, con una extensión de 5,858 ha (Citoler et al. 2004, Chicas-Batres et al. 2016); este ecosistema juega un papel importante como reservorio de una alta diversidad de especies de moluscos, crustáceos y peces principalmente, así como de aves, reptiles, anfibios y mamíferos (Chicas-Batres et al. 2009).

### 3.2.3. Ecosistema Estuarino de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo

Las aguas estuarinas de las bahías de La Unión y Chismuyo, tiene un espejo de agua con un área aproximada de 186.64 km<sup>2</sup>, este ecosistema es de los más importantes de las dos bahías, ya que conforman el principal hábitat de la mayoría de especies acuáticas, moluscos, crustáceos y peces con valor comercial de la zona (Chicas-Batres et al. 2012); sustentando los medios de vida de las comunidades de pescadores que viven en las zonas adyacentes al Golfo de Fonseca.

### 3.2.4 Selección de los sitios de muestreo

El instrumento para la intervención social activa que se puede utilizar para obtener información directa de la comunidad es el de “Taller de Futuro”, el cual ayuda a hacer un diagnóstico rápido para identificar las problemáticas ambientales, sociales y económicas del sector (Imagen 2 a, b), este consiste en realizar una lluvia de idea sobre el sentir de la población, posteriormente los participantes jerarquizan los problemas según ellos perciben su importancia de abordaje para solucionarlo.

Orea fuente de información son los antecedentes existentes para las dos bahías, los talleres con pescadores locales aportaron información actual la cual es importante para obtener conocer *a priori* de las condiciones ambientales y sociales presentes en estos ecosistemas.

El acompañamiento de pescadores locales (puncheros, curileros y casqueros), permite hacer una primera impresión y delimitar las áreas posibles para el monitoreo (Imagen 2 c, d).



Imagen 2. Proceso de ubicación, verificación y selección de las estaciones de muestreo potenciales para el estudio biológico y de calidad del agua de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo en el Golfo de Fonseca, A y B: talleres de futuro realizado junto con los pescadores locales de las dos bahías, C y D: verificación en campo de los sitios de muestreo en conjunto con actores locales.

Finalmente, se deben identificar potenciales amenazas para el ecosistema y el recurso, utilizando la metodología de lluvia de ideas a través de fichas, cada asistente contó con tres (3) fichas; en donde priorizaron los problemas que perciben en las bahías. En la dinámica se destinó 15 minutos para escritura y



ordenamiento de las fichas, buscando conglomerar la información cuya problemática fueran similares.

Con esta información se deben hacer un análisis de la frecuencia con la que se expresó el problema, con el objetivo de jerarquizarlos según su importancia (Imagen 3). Además, se debe invitar a los participantes a colocar en un mapa los puntos más representativos donde se visualiza el problema percibido (Imagen 3). Posteriormente, se debe identificar si el problema lo perciben con severidad y en que temporalidad se presenta.

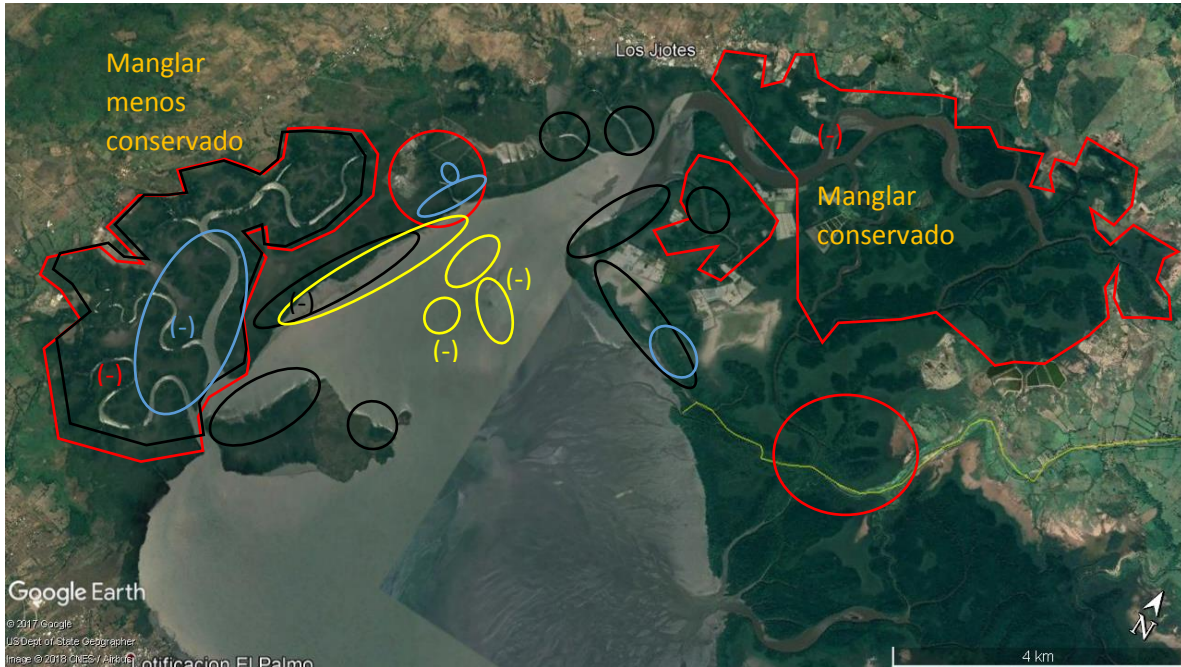


Imagen 3. Resultado del taller participativo utilizando la metodología de futuro, un mapa temático de la distribución de los recursos existentes en la Bahía de La Unión, color rojo: zona de extracción de punches, negro: sitios de distribución y extracción de curil y currilia, amarillo: sitios donde se encuentran casco de burro y celeste: zonas donde existe churria; (-): se observa el recurso en menor abundancia.

Con la recopilación de la información y la percepción de las comunidades, se deben analizar y confrontar los insumos para verificar áreas coincidentes y seleccionar los sitios de muestreo más adecuados, como último paso, se deben seleccionar de esos puntos, los más importantes según la percepción de las localidades aledañas a las bahías y criterios científicos, además de aspectos como acceso y seguridad (Imagen 4).

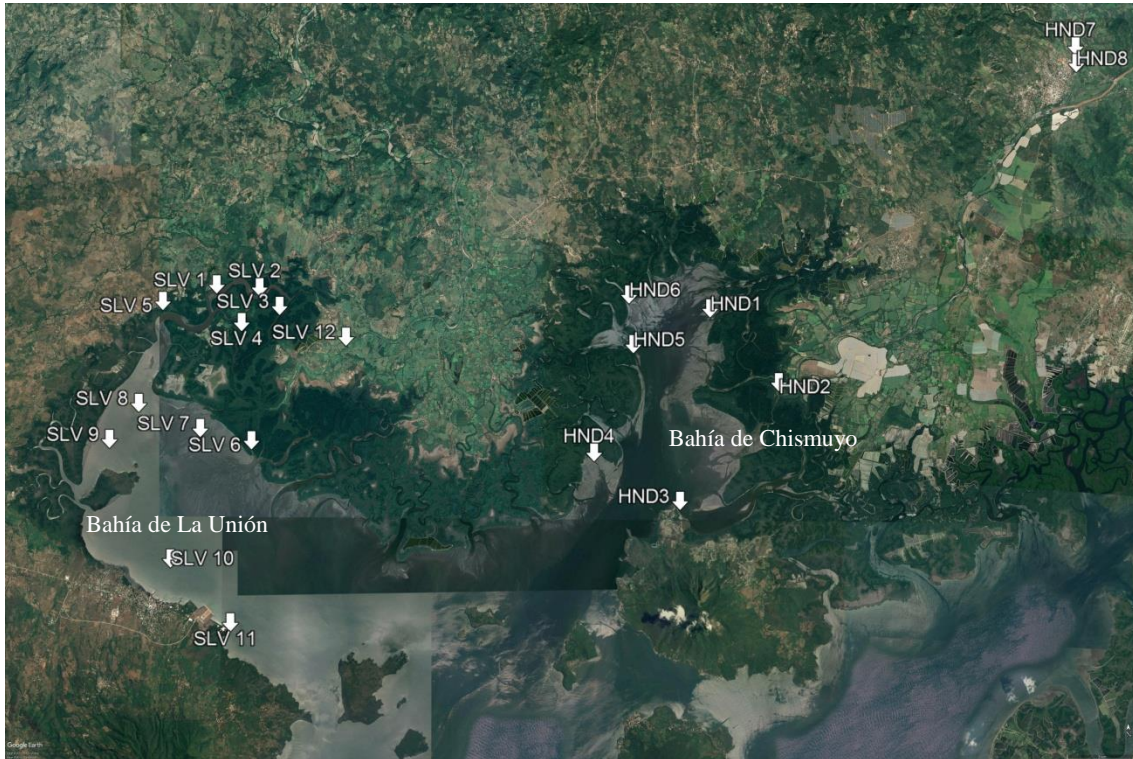


Imagen 4. Sitios de muestreo obtenidos en la selección de sitio el registro de calidad de agua superficial y monitoreo biológico de las Bahías de La Unión en El Salvador y Chismuyo en Honduras. SLV: puntos ubicados en El Salvador, HND: puntos ubicados en Honduras. Registro de nutrientes (Nitratos y Sulfatos) 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.

## IV. ACTIVIDADES DE CAMPO

### 4.1 Muestreo de vegetación de manglar

#### 4.1.1. Establecimiento de parcelas

- Para conocer la composición y estructura de un bosque de manglar se recomienda establecer transectos perpendiculares ubicados desde el borde del canal hacia el interior del bosque, delimitándolo a una distancia de 5m con respecto al cuerpo de agua, en cada transecto se deben ubicar tres (3) parcelas de 25x25m cubriendo un área de 500m<sup>2</sup> y separada 20m entre sí (Imagen 5).

- Cada parcela se debe dividir en una sub-parcela de 5 x 5m, que a la vez debe dividirse en cuadrantes de 2x 2m, este último debe usarse para conocer el potencial de regeneración natural de cada uno de los sitios de muestreo (Imagen 6).
- Para conocer el potencial de regeneración se deben cuantificar el número de plántulas que se encuentran en el cuadrante de 2x2m.

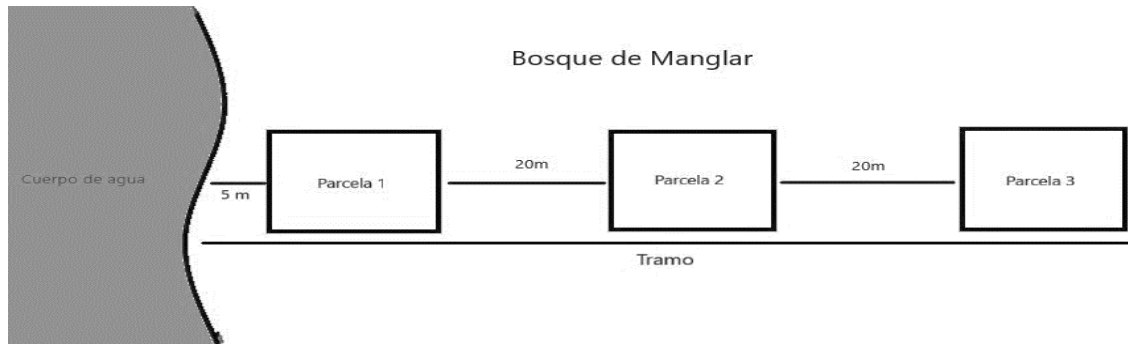


Imagen 5. Esquema donde se detalla la delimitación y ubicación del transecto y las parcelas para el estudio de la vegetación de manglar, las cuales se deben distribuir de forma perpendicular desde el cuerpo de agua o canal de agua hacia adentro el bosque de manglar; es importante que el sitio de muestreo sea representativo en cuanto a desarrollo de la composición vegetativa.

- En cada una de las parcelas de 25 x 25 m se debe registrar: el nombre científico y común, la circunferencia, altura, la calidad del fuste y fenología para cada uno de los individuos.
- En las sub-parcelas de 2 x 2 m se debe registrar el nombre común y científico y abundancia de cada individuo.

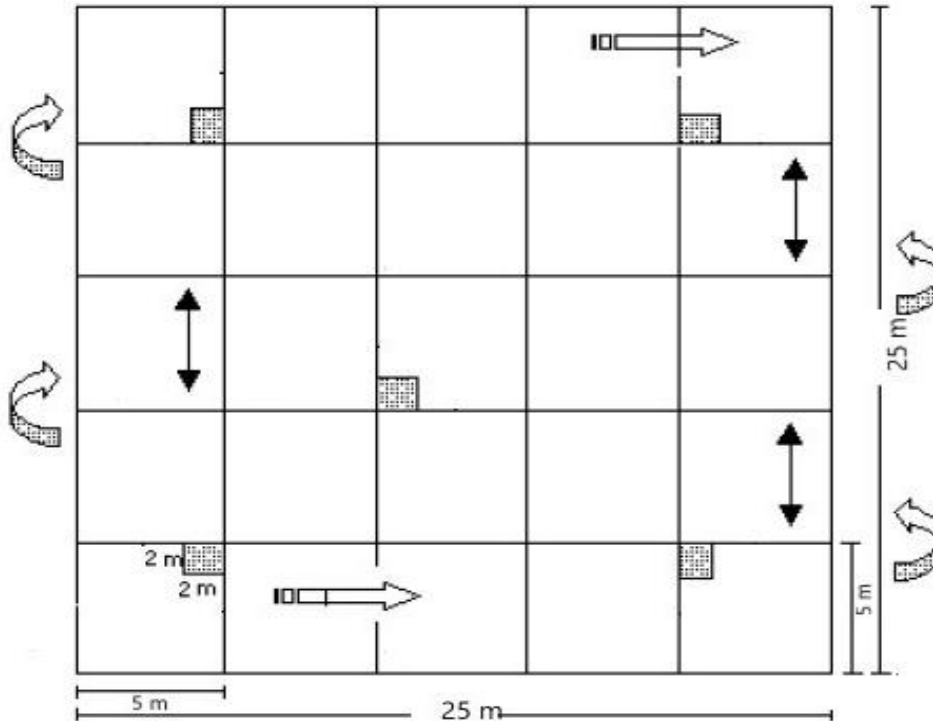


Imagen 6. Esquema del diseño y dimensiones de la parcela para muestreo del bosque de manglar (Contreras et al. 1999), las flechas indican la dirección u orientación que se debe seguir para registrar las mediciones de los árboles.

#### Medición de CAP y Altura

- La Circunferencia a la Altura de 1.3m (CAP) sobre el suelo (Imagen 7a) del árbol (Young 1991), la cual se debe registrar para cada árbol que se encuentre dentro de la parcela, esta medición debe hacerse con una cinta métrica de sastre o costurera.
- Si la forma del tronco del árbol presenta un crecimiento inusual como raíces aéreas, el CAP se debe medir 30cm por encima de la última raíz (Cifuentes et al. 2018) o la raíz más alta (Imagen 7b).
- Posteriormente, el valor del CAP debe ser transformado a diámetro dividiendo el valor del CAP entre la constante  $\pi$  (Mostacedo y Fredericksen 2000). Si se cuenta con una cinta métrica que ya mide el diámetro, no es necesario hacer las transformaciones del CAP.

Diámetro a la altura de 1.3m (**Ec. 1**):

$$DAP = CAP/\pi$$

Dónde: DAP: es el Diámetro a la altura de 1.3m, CAP: Circunferencia a la altura de 1.3m, y  $\pi$ : es la constante  $\pi$ .



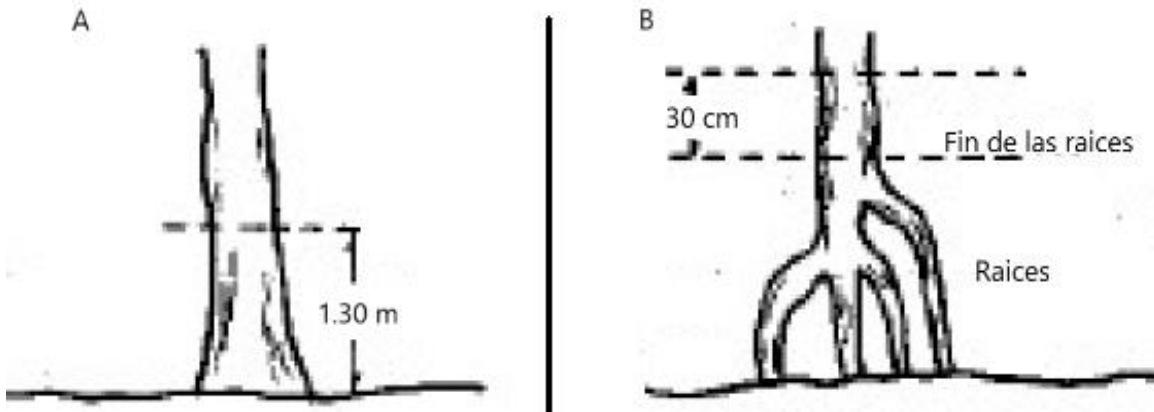


Imagen 7. Ilustración de la altura necesaria para el registro de la Circunferencia a la Altura de 1.3m (CAP), A: un árbol con fuste recto y la medición del CAP a 1.3m sobre el nivel del suelo y B: un árbol con raíces aéreas y la medición del CAP a 30cm sobre la última raíz del árbol. Fuente: Contreras et al.1999.

- Para medir la altura de los árboles de forma indirecta, se debe utilizar un inclinómetro y ubicarse a una distancia de 10m del árbol que se requiere medir (Imagen 8); posteriormente se debe registrar el valor del ángulo de inclinación a estos valor se le aplica la fórmula (Ec. 2) propuesta por Young (1991) y Mostacedo y Frederickse (2000), la cual se obtiene con la siguiente expresión:

Altura de los árboles (Ec. 2):

$$h = d * \tan \alpha + P$$

Dónde: h: altura total, d: distancia del observador al árbol en m,  $\alpha$ : ángulo de inclinación, P: altura del observador al nivel de los ojos.

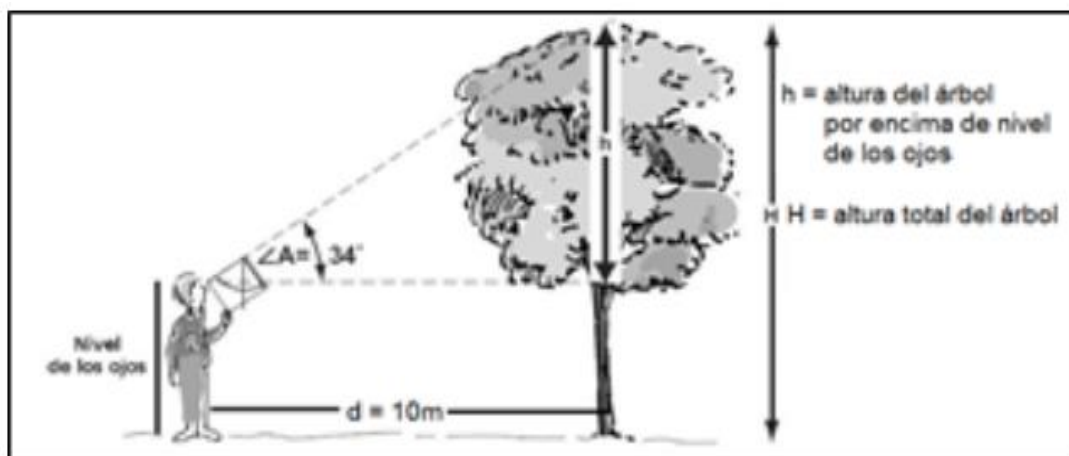


Imagen 8. Ilustración sobre el procedimiento para obtener del ángulo de inclinación utilizando un clinómetro y la distancia desde el observador al árbol, variables importantes para determinar la altura de los árboles. Fuente: Rosa (2012).

El fuste constituye una de las partes más importante del árbol para conocer su estructura, es por ello que se debe evaluar la calidad que este presenta, para ello se deben evidenciar y registrar las siguientes categorías:

**Fuste sano:** no se observa sin ningún signo visible de defectos (Imagen 9a)

**Fuste enfermo:** se observa con señales de ataque de hongos y necrosis (Imagen 9b).

**Fuste con daño mecánico:** presenta heridas (machetazos), curvado y efectos graves en su estructura -ramas quebradas- (Imagen 9c) (Modificado de Contreras et al. 1999).

- Durante el muestreo, se debe identificar la fenología de cada árbol, para ello, es importante observar la presencia de o ausencia de flores y frutos, para cada árbol debe hacerse una búsqueda muy rigurosa, pues por lo denso del bosque se comete el error de no registrar estos datos.



Imagen 9. Las fotografías muestran la calidad de los fustes o troncos de los árboles del bosque de manglar donde se puede identificar: A: fuste sano, B: fuste enfermo y C: fuste con daño mecánico.

#### Análisis de los datos

- Para los estratos arbóreos y arbustivos, se debe describir la estructura vertical y horizontal del bosque a través de los datos de altura y el área basal, estas características además del inventario de especies, son esenciales para la caracterización de comunidades vegetales (Smith y Smith 2001).
- La estructura horizontal se determina con base a la distribución de clases diamétricas, utilizando los valores del DAP de los ejemplares (Chicas et al. 2016), para conocer el número de clases diamétricas del conjunto de datos obtenidas en campo, se puede aplicar la fórmula de Sturges (Ec. 3), la cual aporta una aproximación del número de clases de un conjunto de datos, y se expresa por la fórmula:

- Regla de Sturges (**Ec. 3**):

$$C = 1 + 3.322 * \text{Log}n$$

Dónde: C: número de intervalos o clases, n: cantidad de datos de la muestra, 1 + 3.3: constante, Log: logaritmo.

La amplitud de cada clase diamétrica (Ec. 4) se determina a través de la expresión:

Amplitud de clase (**Ec. 4**):

$$A = C/R$$

Dónde: C= número de intervalos o clases

R = valor mayor menos el valor menor del conjunto de datos (Valor máx.- Valor men.)

- La estructura vertical del bosque se determina con base a la distribución de clases de altura (m), utilizando los valores de cada uno de los individuos las cuales se pueden expresar en gráficos de barra, para ello se utilizan las dos fórmulas expresadas anteriormente.

- En la valoración estructural del bosque de manglar se debe aplicar el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual es el mejor descriptor de la estructura de un bosque en comparación con otros parámetros utilizados individualmente (Mostacedo y Fredericksen 2000), este índice (Ec. 5) se obtiene calculando los índices de Frecuencia relativa (Ec. 7), Dominancia relativa (Ec. 10) y Densidad relativa (Ec. 12); para conocer el IVI (Dallmeier 1992), se calcula con la siguiente expresión:

Índice de Valor de Importancia (**Ec. 5**):

$$IVI = Frel + Derl + Dnrel$$

Para determinar la Frecuencia relativa, se debe calcular la Frecuencia absoluta, a través de las siguientes fórmulas:

Frecuencia absoluta (**Ec. 6**):

$$Fabs. = \frac{\text{Número de sub – parcelas en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sub – parcelas muestreadas}}$$

Frecuencia relativa (**Ec. 7**):

$$Frel = \frac{\text{Frecuencia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} \times 100$$



Para conocer la Dominancia relativa, debe calcularse previamente la Dominancia absoluta y Área basal, a través de las siguientes fórmulas:

Dominancia absoluta (**Ec. 8**):

$$D_{abs.} = \frac{\text{Área basa de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

Área basal (**Ec. 9**):

$$AB = \frac{\pi}{4} DAP^2$$

Dominancia relativa (**Ec. 10**):

$$D_{rel.} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Para calcular la Densidad relativa, se debe determinar la densidad absoluta a través de las siguientes ecuaciones:

Densidad absoluta (**Ec. 11**):

$$D_{abs.} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

Densidad relativa (**Ec. 12**):

$$D_{nrel} = \frac{\text{Densidad relativa por cada especie}}{\text{Densidad relativa de todas las especies}} \times 100$$

El Índice de Valor de Importancia (IVI), como su nombre lo expresa se utiliza para conocer cuál de las especies tiene mayor valor de importancia para un área en particular.

Muestreo de curiles, casco de burro y punches o caneches

Ubicación de las estaciones de muestreo

- Las estaciones de muestreo que se presentan en la tabla 3, se sugiere que se le dé continuidad en el monitoreo de curiles, casco de burro y punches, ya que estos sitios fueron seleccionados con base a la información recabada de los pescadores y los criterios científico sugeridos por los investigadores.

### Curiles (*A. tuberculosa*)

- Para el estudio de estos moluscos se debe definir las estaciones de muestreo, en cada estación se deben establecer parcelas de muestreo (Silva y Bonilla 2001), las cuales deben ser permanentes si es que el objetivo es monitorear el recurso.
- Las dimensiones de las deben ser de 10x10m<sup>2</sup> cada una cubriendo un área de 300 m<sup>2</sup>, deben establecerse tres (3) parcelas separadas por 10m entre cada parcela, las parcelas deben orientarse paralela a los canales del estuario.
- Es recomendable que al momento de hacer las recolectas, estas sean realizadas por un pescador local que se dedique a extraer este recurso, esto permitirá asegurar las muestras y dirigir estudios de rendimiento pesquero.
- En cada parcela se debe cuantificar el número de individuos colectados con este valor se puede conocer la densidad de individuos por unidad de área, para calcular el rendimiento pesquero se debe recolectar la mayor cantidad posible de bivalvos por unidad de tiempo, para este caso se recomienda hacerlo en un tiempo de 10 minutos; posteriormente se calcula la Captura por Unidad de Esfuerzo (Ec. 14), estandarizando la captura en una hora (Indiv./hr), es importante que la recolecta la realice un pescador local.
- Posterior a la recolecta, las muestras de cada parcela deben colocarse en una bolsa plástica debidamente etiquetadas.
- Para obtener datos biométricos de cada individuo, estos deben medirse de acuerdo a las variable morfológica de largo, ancho y grosor (Imagen 10b); para ello debe utilizarse un vernier o pie de rey, se recomienda que este instrumento tenga una precisión de 1mm.
- De acuerdo al tiempo del investigador y a la cantidad de las muestras obtenidas en cada parcela, estas pueden procesarse en campo, de ser así, se recomienda utilizar un vernier de plástico, si las muestras se procesan en el laboratorio, las muestras deben colocarse en bolsas plásticas y etiquetarlas, posteriormente deben ser trasladarlas al laboratorio para su análisis.

### Casco de burro (*A. grandis*)

- Para el estudio del casco de burro (*A. grandis*), las estaciones de muestreo deben ubicarse en los playones que quedan dentro del ecosistema estuarino al bajar la marea, es importante consultar previamente a los pescadores locales los sitios más importantes de extracción.
- En cada estación de muestreo deben establecerse tres (3) parcelas de 50x50 m

con un área de 2,500 m<sup>2</sup>, y deben separarse por 50m entre sí.

- Al igual que con el muestreo de curiles, la extracción debe realizarla un pescador local, los individuos recolectados por cada parcela deben colocarse en bolsas plásticas, si se realizan las mediciones biométricas en campo (Imagen 11 a, b, c y d), los registros deben hacerse con un vernier o pie de rey de plástico para evitar la corrosión por el salitre.
- Si las muestras se procesan en laboratorio, estas deben colocarse separadamente por cada parcela en una bolsa plástica y estar debidamente etiquetada, posteriormente debe ser trasladada para su análisis.



Imagen 10. Jornadas de recolecta de los curiles en las estaciones de muestreo, A: ubicación de los "Curil" *Anadara tuberculosa* asociados a raíces de *Avicennia germinans*, B y C: Proceso de registro de datos biométricos a bivalvos en campo utilizando un vernier de plástico y D: Pescador local recolectando curiles en las parcelas.

### **Punches o caneches (*U. occidentalis*)**

- Para el muestreo de punches o caneches (*U. occidentalis*) se deben seleccionar las estaciones de muestreo en aquellos sitios donde la especie se distribuye, para ello se debe contar con el apoyo de pescadores locales.
- En cada estación de muestreo se debe establecer un transecto el cual debe orientarse de forma perpendicular desde el canal estuarino hacia dentro del bosque de manglar (Mora 2015), específicamente a partir de la zona donde no

exista mucha influencia de la marea.

- En cada transecto se deben colocar tres (3) parcelas de 10x10 m cubriendo un área de 100 m<sup>2</sup> cada una, las cuales deben separarse por 10m entre cada una (Imagen 12 a, b).
- Al momento de hacer las recolectas, se recomienda que esta sea a realizada por un pescador local con experiencia en este tipo de extracciones.
- Posterior a la recolecta, las muestras deben colocarse en bolsas plásticas debidamente etiquetadas, se debe registrar la abundancia y el tiempo de recolecta, el registro de los datos biométricos se puede hacer en campo, de ser así es importante ocupar un vernier de plástico, además debe determinarse el sexo y el conteo de madrigueras viables (Rivera et al. 2008) dentro de cada parcela (Imagen 12 c, d). Si las muestras son procesadas en el laboratorio, estas deben colocarse en una bolsa plástica debidamente etiquetada y ser trasladarlas lo más pronto posible para que no se maltraten.



Imagen 11. Ubicación de las parcelas en los playones internos del estuario que quedan sin agua al bajar la marea, A: Playón de extracción de "Casco de burro" *Anadara grandis* en la Bahía de Chismuyo, B: Registro de datos biométricos de los individuos de casco de burro en campo, C: Individuo de casco de burro encontrado sobre sedimento blando de tipo arenoso-fangoso y D: Pescadora local participando en labores de extracción de casco de burro.





Imagen 12. Jornadas de extracción de punches *U. occidentalis* dentro de la zona de vegetación del bosque de manglar, A y B: recolectores locales en labores de extracción de punche debajo de las raíces de *R. mangle* y *A. germinans*, C: registro de datos biométricos en campo de cada individuo y D: proceso de comercialización de punches realizado por los pescadores locales y los comerciantes intermedios.

#### Análisis de los datos

- Para el caso de cada individuo de curil, casco de burro y punche, es importante documentar las variables morfométricas relacionadas a la longitud, ancho y grosor de la concha para los moluscos (Imagen 13, 1), y del cefalotórax para los punches (Imagen 13, 2).
- Los datos obtenidos en campo y laboratorio deben ser digitalizados en tablas de Excel, la base de datos debe ser pre diseñada de tal forma que los datos digitalizados puedan ser fácilmente ordenados y analizados.
- La estructura de tallas de cada una de las especies debe procesarse por separado, relacionando cada una de las variables morfométricas con su abundancia, para ellos se deben calcular el número y ancho de clase de las tallas (Ec. 3 y 4); los datos obtenidos deben expresarse en gráficos de barra.
- Se debe tener especial interés en el análisis del largo de la concha en moluscos y

ancho del cefalotórax en punches, ya que estas variables morfométricas son las que se utilizan para la determinación de la talla de extracción con fines comerciales.

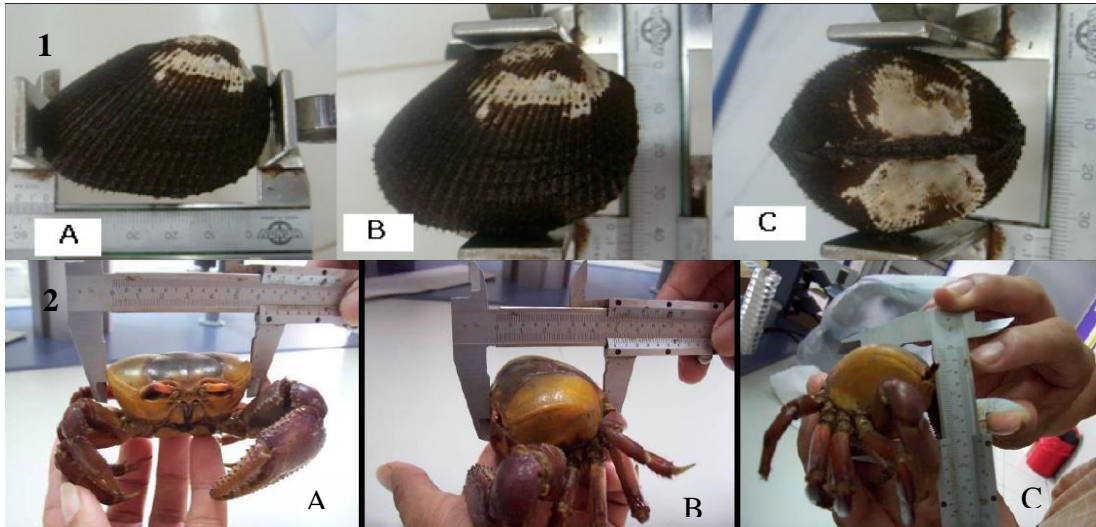


Imagen 13. Forma adecuada para realizar las mediciones de las variables morfométricas de cada individuo de molusco y cangrejos, A: largo, B: ancho y C: grosor, 1: curiles y 2: casco de burro. Fuente: Rivera et al. 2008, Flores et al. 2011.

La densidad de individuos por metro cuadrado (Ind./m<sup>2</sup>) de área (Ec. 13), para curiles, casco de burro y punches se debe estimar a través de la siguiente fórmula (MARN 2002):

Densidad (**Ec. 13**):

$$D = N/A$$

Dónde: D: densidad (Ind./m<sup>2</sup>), N: Número de madrigueras viables, A: Área de la parcela (m<sup>2</sup>)

- La captura se debe cuantificar en número de individuos y el esfuerzo de pesca a través del tiempo utilizado para la extracción de dichos ejemplares, la Captura por Unidad de esfuerzo (CPUE) se obtiene con la relación volumen de captura (N° Indiv.) y el esfuerzo de pesca expresado en tiempo (Ep), esta relación se estandariza a una hora de esfuerzo efectivo, y se obtiene a con la ecuación modificada de Tresierra y Culquichicón (1995).

Captura por Unidad de Esfuerzo (**Ec. 14**):

$$CPUE = \frac{N^{\circ} \text{ Indiv} * 60\text{min}}{\text{Esfuerzo de pesca (Tiempo)}}$$

- Si la CPUE se quiere expresar por volumen de captura (kg) u otra unidad de esfuerzo, esta debe sustituir en el componente de captura.



## Calidad del agua

### Macro invertebrados dulceacuícolas

- El muestreo de macro invertebrados acuáticos (Imagen 14 a y b), debe realizarse con la metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de insectos acuáticos mediante el uso de la red tipo “D” (Sermeño et al. 2010), para contar con una buena representatividad de los registros de insectos, se deben hacer recolectas en los diferentes micro hábitats del río, los cuales son sitios óptimos para ciertos grupos de familias (Springer 2006, Flowers y De La Rosa 2010), estos deben ser son zonas de rápidos, remansos y vegetación sumergida.



Imagen 14. Proceso de muestreo y recolecta de macro-invertebrados acuáticos en los diferentes micro-hábitats del río Nacaome y Goascorán (A y B), además de la preparación y fijación de las muestras para su traslado al laboratorio (C y D).

- El material recolectado con la red “D” (Imagen 14 a y b), debe colocarse en un recipiente de plástico, posteriormente se procede a separar exceso de material orgánico y se procede a eliminar restos de agua, el material resultante se sumerge en alcohol y se colocar en bolsas Ziploc (Imagen 14), las cuales deben de etiquetarse con la información necesaria. Las muestras deben ser trasladadas al laboratorio para el trabajo de limpieza de la muestra, identificación taxonómica y conteo de individuos a nivel de familias.
- La separación de las muestras de macro invertebrados con el resto del resto de material orgánico debe hacerse cuidadosamente utilizando pinzas y pinceles que faciliten este proceso, posteriormente los ejemplares deben colocarse nuevamente en bolsas Ziploc de cierre hermético y fijarlas con alcohol al 70%; cada bolsa debe estar debidamente rotulada con la información registrada en campo.



### Identificación taxonómica

- Para la identificación taxonómica a nivel de Familia, los individuos deben colocarse en una caja Petri y separarlos de acuerdo a las estructuras morfológicas similares, para ello se debe utilizar un microscopio estereoscópico (Imagen 15a).
- Una vez separados los ejemplares, estos deben identificarse taxonómicamente a nivel de Familia (Imagen 15 b, c), para ello es prioritario utilizar las claves taxonómicas especializadas de macro invertebrados acuáticos de la región o del país (Costa 2006, Sermeño et al. 2012).
- Una vez identificados los ejemplares a nivel de familia, se procede a contar el número de organismos presentes en cada muestra, este valor servirá para construir el Índice Biológico a nivel de Familia (IBF).

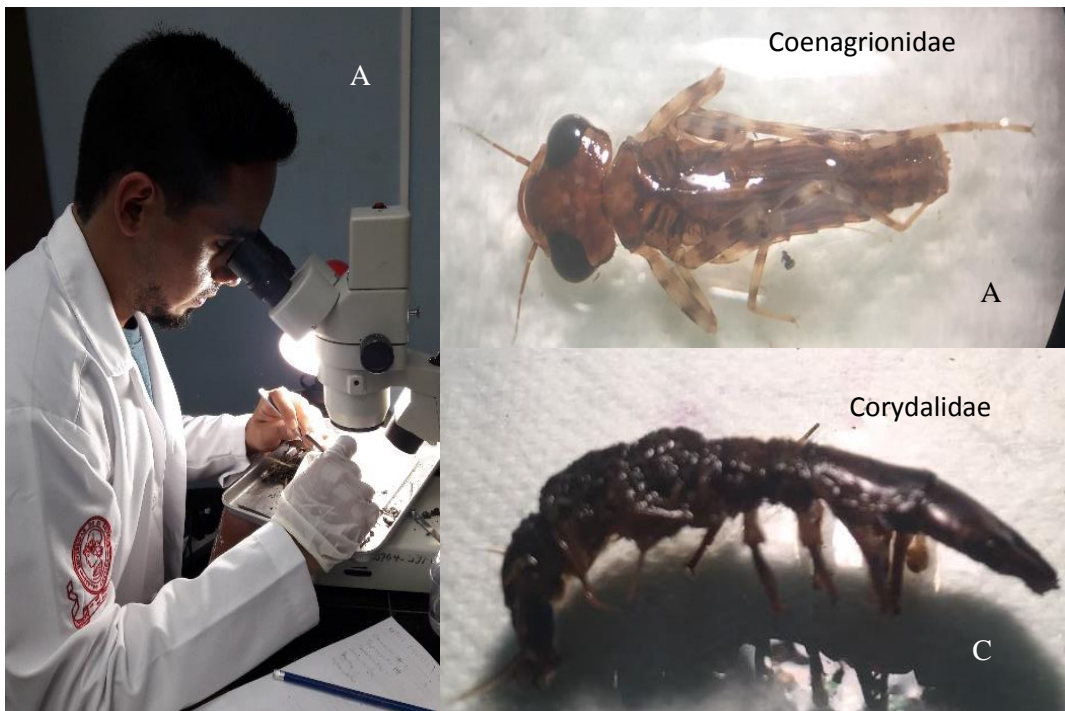


Imagen 15. Fase de laboratorio para la manipulación de las muestras de macro invertebrados acuáticos, A: Proceso de limpieza de la muestra y separación de individuos de macro invertebrados acuáticos del resto de materia orgánica de la muestra, B y C: Identificación taxonómica de los macro invertebrados a nivel de familia, utilizando las claves especializadas de país o de la región.

### Índice Biológico a nivel de Familia (IBF)

- Los macro-invertebrados dulceacuícolas son ampliamente utilizados como bio-indicadores de la calidad del agua y salud del ecosistema, debido a su diversidad ecológica y por presentar amplios rangos de tolerancia ante condiciones de

contaminación del agua (Springer 2006).








- Con base a la identificación taxonómica a nivel de familia y la abundancia de las mismas, se puede calcular el Índice Biológico a Nivel de Familia (IBF) para los ríos que se quieran estudiar (Springer 2006, Sermeño et al. 2010).
- Los valores de abundancia de cada familia se ponderan con el grado de sensibilización de contaminación, obteniendo un puntaje de tolerancia (Hilsenhoff 1988), de acuerdo a esto, el agua del río se puede clasificar en diferentes categorías de calidad, el IBF se obtiene mediante la siguiente ecuación:

- Índice Biológico de Familia (**Ec. 15**):

$$IBF = 1/N \sum ni ti$$

- Dónde: *ni*: es el número de individuos en una familia, *ti*: es el puntaje de tolerancia de cada familia y N: es el número total de individuos en cada estación o sitio de muestreo (Figueroa 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 1).

Tabla 1. Cuadro de nivel de sensibilidad de los invertebrados acuáticos a la contaminación del agua de río, 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.

## Bacterias Heterótrofas

### Recolecta de muestra de agua

- Para la recolecta de las muestras de agua se debe utilizar frascos de plástico con capacidad de 500 ml previamente esterilizados por un período de 10 a 15 minutos para evitar contaminación externa.
- Al momento de la toma de la muestra de agua, el frasco debe estar cerrado y debe sumergirse a una profundidad de 30 cm desde la superficie del espejo de agua, posteriormente dentro de la columna de agua, se abre la tapa del frasco para que este se llene con la muestra de agua; para esta actividad es importante que el cuello del frasco no se ponga en contacto con los dedos del colector o cualquier otro contaminante (Imagen 16a).
- La recolecta del agua debe hacerse en condiciones de marea alta, asegurando que el sitio de muestreo no presente fuerte remoción de agua por acción de las corrientes locales.
- El frasco debe llenarse por lo menos a dos terceras partes de su capacidad, una cantidad menor sería insuficiente para el análisis y una cantidad mayor disminuiría el espacio de aire disponible necesario para homogenizar la muestra.
- Una vez recolectada la muestra de agua, los tapones y el cuello del frasco debe cubrirse con papel aluminio (Imagen 16b), como un indicativo de seguridad que el frasco no haya sido abierto antes de su uso (APHA/AWWA/WPCF 1998).
- Después de este procedimiento, el frasco debe colocarse en una hielera con temperatura controlada de 4°C para evitar la degradación de la muestra, posteriormente las muestras deben ser trasladadas lo más pronto posible al laboratorio para ser procesada, se recomienda que este sea antes de las 24 horas de su recolecta (APHA/AWWA/WPCF 1998), este procedimiento garantiza viabilidad de la muestra (Imagen 16c) y de la obtención de datos confiables al momento de realizar los análisis.

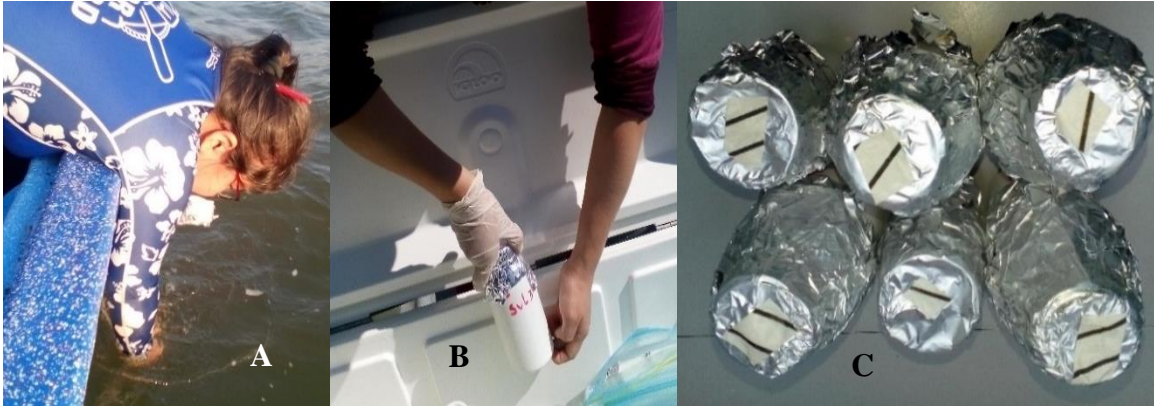


Imagen 16. Proceso de recolecta de las muestras de agua, A: recolecta del agua tratando de mantener el frasco cerrado dentro de la columna de agua para evitar contaminación externa, B: colocación de las muestras en una hielera con temperatura controlada, para asegurar su viabilidad y C: empaque con papel aluminio de los frascos para asegurar que las muestras de agua no han sido manipuladas.

Determinación de coliformes totales y *E. coli*

- Para conocer las concentraciones de coliformes totales y *E. Coli* en cada una de las muestras de agua, se debe utilizar la metodología de tubos múltiples, la cual consiste en el uso de caldo LMX que enriquece de forma selectiva la identificación simultánea de coliformes totales y *E. coli*.
- El procedimiento se hace a través de la técnica de tubos múltiples, la cual consiste en colocar tres (3) sets de cinco (5) tubos con 10 ml de caldo LMX, los tubos de cada set se inoculan con volúmenes decrecientes de la muestra de agua (10ml, 1ml y 0.1ml), cada tubo se homogeniza mediante agitación suave y posteriormente se incuban a 35°C durante 24 horas, posteriormente se evidencian cambios en la coloración del agar de amarillo a verde azulado (Imagen 17 a) a cada tubo de ensayo (APHA/AWWA/WEF 2012).
- Se procede observar cada tubo de ensayo, aquellos que muestran cambio de color, pasan a las pruebas de determinación de *E. coli*; para esto, el tubo se coloca bajo una lámpara de luz UV y se observa la fluorescencia de ser positivos (Imagen 17b), al tubo con fluorescencia se le coloca de una a tres gotas de Indol.
- Para confirmar la presencia de *E. coli* se debe formar un anillo color violeta (Imagen 17 c) en la superficie del tubo (Cabrera y Ospina 2006), los resultados en laboratorio deben ser documentado en una libreta de notas.





Imagen 17. Procedimiento para la verificación de Coliformes totales y *E. coli*; A: se muestra el resultado positivo del análisis en cada uno de los tubos de ensayo, B: los tubos se someten a lámpara de luz UV para verificar fluorescencia positiva y C: se verifica la presencia de *E. coli* con la formación de un anillo violeta producido por el Indol.

- Para esta técnica los resultados del estudio se expresan como Número más Probable (NMP) de microorganismos existentes, la densidad bacteriana puede calcularse mediante la fórmula facilitada o por medio de la tabla que utiliza el número de tubos positivos en las diluciones múltiples, estas se expresan en unidades de NMP por 100ml.

#### Determinación de *Vibrio spp.*

- Las muestras deben prepararse en diluciones de agua peptonada desde 10<sup>-1</sup> hasta 10<sup>-5</sup>, el método de siembra es el de dispersión en placa (Miranda-Baeza et al. 2015), para ello, con una micro-pipeta se agregan 100 µl de la dilución y se siembran 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 siembra por duplicado.
- Al mismo tiempo se debe preparar una placa “control” con el mismo medio de cultivo y una segunda placa “control” con 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.
- Las placas deben incubarse a 35°C por un tiempo mínimo de 48 horas (Imagen 18 a y b), posteriormente se sacan y se procede a examinarlas y observar si existe crecimiento bacteriano en cada una de las placas.
- Con las placas que presentaron crecimiento bacteriano, se procede 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).
- Los resultados en laboratorio deben registrarse en una libreta de anotaciones una hoja de colecta de datos diseñadas para este fin.

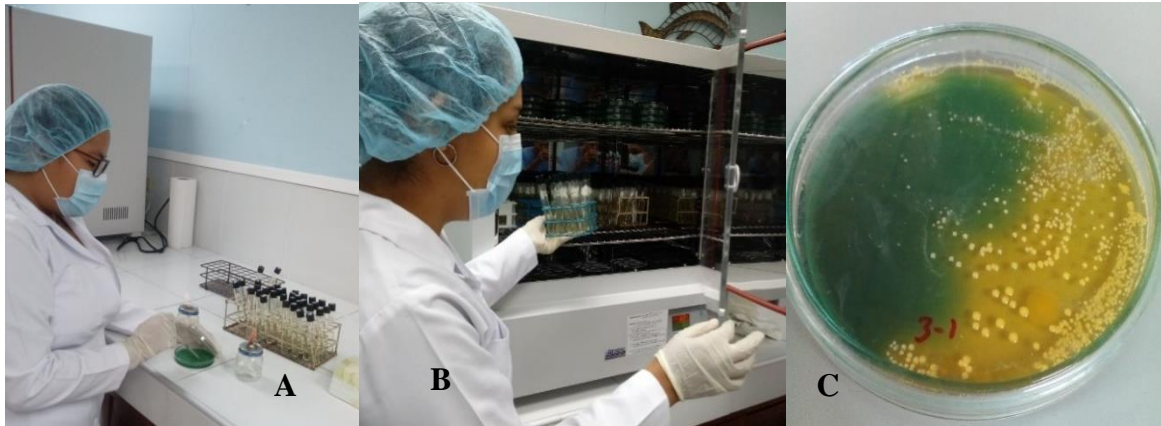


Imagen 18. Procesamiento de laboratorio para el análisis de las muestras y la determinación de *Vibrio spp*, A: proceso de siembra de la muestra de agua en las placas que tienen los medios de cultivo, B: incubación de las muestras por un período de 48 horas a una temperatura de 35°C y C: placas mostrando el crecimiento de las colonias de *Vibrio spp*, las cuales están listas para el procedimiento de conteo de las colonias formadas.

#### Análisis de resultados

##### A. Coliformes totales y *E. Coli*

- Los resultados de la técnica de tubos múltiples y diluciones se expresan como Número más Probable (NMP) de microorganismos existentes, éste se basa en fórmulas de probabilidad, donde se calcula la densidad media de coliformes en la muestra. Para ello, se identifican los tubos positivos de las diluciones múltiples y se estima la densidad bacteriana con la tabla de NMP (Tabla 2), la cual se basa en la hipótesis de una distribución de Poisson (APHA/AWWA/WEF 2012).

Tabla 2. Índice de NMP, límites de aceptación del 95 por 100, para distintas combinaciones de resultados positivos cuando se usan cinco (5) 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 calculan mediante la fórmula de Thomas (APHA/AWWA/WPCF 1998):

**NMP/100ML (Ec. 16):**

$$\text{NMP 100mL} = \text{NTP} * 100 / \sqrt{(\text{MLTN}) (\text{mLT})}$$

Dónde: NMP/100ML: Número más probable en 100ml de muestra, NTP: Número de tubos positivos, mLTN: mL de muestra en los tubos negativos, mLT: mL de muestras en todos los tubos.

### *B. Vibrio spp.*

- Para el cálculo del número de unidades formadoras de colonias, se deben contar las colonias que crecieron en las placas de la muestra, 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).

### Parámetros físico-químicos

#### Recolecta de muestra en campo

- Para el análisis físico químico, es necesario la colecta de muestras de agua en frascos de plástico con capacidad de un litro, para la determinación de nitratos el



agua debe colectarse en un frasco de vidrio y es necesario adicionarle un ml de ácido sulfúrico concentrado por cada 250 ml de agua (INVEMAR 2003), esto permite fijar y conservar la muestra hasta su procesamiento en laboratorio (Imagen 19a).

- Las muestras deben ser recolectadas durante marea alta para asegurar una mayor representatividad de las concentraciones de los químicos que se van a analizar, antes de la recolecta del agua, cada frasco debe ser enjuagado tres (3) veces con agua marina o dulceacuícola dependiendo del sitio de muestreo, el frasco debe llenarse de tal forma que no queden burbujas de aire.



Imagen 19. Forma correcta de recolectar y preparar las muestras de agua para el análisis de nutrientes, A: colocación de ácido sulfúrico para fijar la muestra de agua que serán utilizadas para la determinación de nitratos y B: registro de los parámetros físico-químicos del agua superficial utilizando una sonda multi-parámetros.

- Dado que algunas bacterias presentes en el ambiente pueden reducir las concentraciones de sulfato, las muestras deben mantenerse y trasladarse al laboratorio en una hielera a una temperatura de 4°C, para su posterior procesamiento y análisis.
- Una vez en el laboratorio, las muestras pueden mantenerse refrigeradas por un periodo de 28 días como máximo para el análisis de sulfatos y 14 días para el análisis de nitratos (Severiche y Sierra 2013).
- Se recomienda que los datos físico-químicos de temperatura, salinidad, pH, Oxígeno disuelto, Materia Orgánica Disuelta, Conductividad y Nutrientes, sean registrados con equipos especializados como sondas uni y multiparámetros, estos instrumentos dan valores más precisos (Imagen 19b).

- Los datos deben registrarse una libreta de anotaciones de campo utilizada por el investigador para tal fin o en hojas de colecta de datos previamente diseñadas.

#### Procedimiento experimental para sulfatos

##### a) Preparación de la curva de calibración

- Con una pipeta de 10ml se debe agregar volúmenes crecientes de la solución patrón de sulfato y completar a volumen con agua des-ionizada para obtener al menos seis concentraciones comprendidas en intervalo de 0 a 40 mg/L (Imagen 20a).
- Se debe transferir los patrones o concentraciones a vasos de precipitado de 100 mL y adicionar a cada patrón 2.5 mL de solución acondicionadora y agitar con varilla de vidrio; posteriormente adicionar una cucharilla de cristales de cloruro de bario y agitar nuevamente en forma vigorosa.
- En los primeros 5 minutos después de la agitación, los patrones deben colocarse en un espectrofotómetro y leerse a 420 nm con celdas de 1 cm de paso óptico. En función de las lecturas que se obtengan del espectrofotómetro, se debe crear la curva de calibración.

##### b) Verificación de la curva de calibración

- Una vez obtenida la curva de calibración, cada vez que la muestra sea analizada, no es necesario construir una nueva curva de calibración, sino verificar la validez de la existente.
- Para verificar la curva de calibración, se prepara un patrón de concentración 20.0 mg/L y se debe leer como si fuera muestra (Imagen 20c).
- Si el resultado es coincidente  $\pm 10 \%$  de la curva de calibración obtenida previamente, se considera que la curva es válida y se procede a preparar y leer el resto de las muestras que quieran analizarse (Imagen 20b).
- En caso de tener una lectura negativa con respecto a la curva de calibración, se debe repetir el patrón, si el problema persiste, debe de verificar la calidad de los reactivos, en particular, la solución madre de sulfato y si es necesario, debe prepararse y construir una nueva curva de calibración.

##### c) Determinación de sulfatos en muestras

- Se debe transferir 50 ml de la muestra (en caso de turbiedad evidente, centrifugarla o filtrarla) a un vaso de precipitados de 100 ml, adicionar 2.5 ml de

solución acondicionadora y agitar; posteriormente adicionar una cucharilla de cristales de cloruro de bario y agitar nuevamente en forma vigorosa.

- Se debe leer la muestra en espectrofotómetro a 420 nm con celdas de un cm de paso óptico (Imagen 20 d), antes de cinco minutos de haber preparado la muestra. Si la absorbancia de la muestra resultase mayor que la del patrón, es necesario repetir el proceso mediante la lectura de diluciones de la muestra. Para esto, debe realizarse como mínimo dos diluciones, posteriormente se debe calcular el coeficiente de variación, este no debe superar los 10%, se debe informar el valor promedio; en estos casos, es necesario multiplicar previamente por el factor de dilución.

Curva de calibración

- Para el análisis, se deben medir los volúmenes en orden creciente de la solución patrón para obtener por lo menos seis concentraciones de solución entre 0 y 40 ppm, paso siguiente, se debe transferir las soluciones de los patrones a vasos de precipitados de 100ml, luego, a cada solución se le adicionaron 2.5ml de solución acondicionadora y agitar el contenido con una varilla de vidrio.



Imagen 20. Procesamiento de química analítica para la preparación y análisis de las muestras de agua de mar para determinar nutrientes, específicamente los compuestos químicos de Sulfatos y Nitratos, A: preparación de los tubos de ensayo con los reactivos correspondientes a cada análisis, B: preparación de los materiales y cristalería para elaboración de la curva de calibración, C: preparación del espectrofotómetro para la curva de calibración y D: lectura de las muestras en el espectrofotómetro.

- Al producto obtenido en el paso anterior, se debe adicionarse 0.5 g de cloruro de bario di-hidratado y agitar nuevamente, posteriormente se deben hacer las lecturas de cada solución patrón en el espectrofotómetro a una longitud de onda

de 420nm, antes de que pasaran cinco minutos de haber preparado la mezcla anterior.

- Para determinar las concentraciones de sulfatos en las muestras de agua de mar, se debe realizar el mismo procedimiento para la elaboración de la curva de calibración, con la única consideración de diluir la muestra en caso que los valores de absorbancia no se encuentran dentro de dicha curva (Imagen 20).

#### Procedimiento experimental para nitratos

- Los nitratos son medidos por luz 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 es recomendable medirlo a una longitud de onda de 275 nm para corregir el valor de nitrato.

#### Curva de calibración partir de la solución patrón de 994 ppm

- Para este análisis, se debe medir volúmenes en orden creciente de la solución patrón para obtener seis concentraciones entre 0 y 30 ppm en intervalos de 5 ppm, antes de aforar con agua des-ionizada se debe agregar a cada solución 0.2 ml de HCL 12M.
- Posteriormente de preparar la solución anterior, se deben realizar las medidas espectrofotométría en dos longitudes de ondas, una a 220nm y otra a 275nm, para obtener los datos que servirán para calcular la curva de calibración.
- En este caso, para elaborar 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 observar algún grado de turbidez en las muestras, estas deben filtrarse, para el análisis de las muestras de aguas se debe realizar lecturas de agua pura con sus respectivas longitudes de onda.

#### Análisis de datos

- Es importante que los datos de los parámetros físicos y químicos son procesados y analizados a través de estadística multivariada, por medio de análisis de componentes principales (ACP), con matrices de correlación, lo que permitirá conocer el peso que posee cada variable (parámetros físico químicos) y la

relación existente entre ellas. Se deben analizar la relación entre las variables, análisis espaciales y temporales por época climática (de lluvia y seca), la lectura de los resultados de este análisis se debe realizar con la mayor variabilidad acumulada en los primeros componentes.

## V. PLAN DE MONITOREO FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO

### 5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las poblaciones de curil (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*), punche (*Ucides occidentalis*), casco de burro (*Anadara grandis*) y la calidad del agua de la Bahía de La Unión en El Salvador y la Bahía de Chismuyo en Honduras, para dar insumos en la gestión adecuada de los medios de vida de estos ecosistemas.

#### 5.1.1. Objetivos Específicos

- a. Dar seguimiento al registro de composición y estructura del curil (*A. tuberculosa*), punche (*U. occidentalis*) y casco de burro (*A. grandis*), como parte del recurso con importancia comercial y de conservación.
- b. Conocer la distribución espacial y temporal del curil (*A. tuberculosa*), punche (*U. occidentalis*) y casco de burro (*A. grandis*).
- c. Determinar el rendimiento pesquero espacial y temporal del curil (*A. tuberculosa*), punche (*U. occidentalis*) y casco de burro (*A. grandis*).
- d. Relacionar la abundancia del curil (*A. tuberculosa* y *A. similis*), punche (*U. occidentalis*) y casco de burro (*A. grandis*), con factores físicoquímicos del estuario.
- e. Determinar la calidad del agua de las bahías.

#### 5.1.2. Muestreo del bosque de manglar

- El estudio del bosque de manglar de la Bahía de La Unión tiene como finalidad hacer una remediación de la composición, estructura y cobertura del bosque, y



compararlo con los trabajos de cobertura boscosa para este ecosistema realizados los últimos 15 años. El muestreo está planificado para el resto del año 2018 (Tabla 10).

- Para ello se deben establecer y estudiar las parcelas permanentes que se definieron en el estudio de Chicas et al. 2009, la ubicación (Imagen 21) y dimensiones de las parcelas deben ser las mismas de este trabajo.
- Se debe cuantificar el CAP, altura, fenología, regeneración y otros elementos que permitan contar con la información suficiente para hacer los análisis comparativos.
- Se deben hacer simulaciones sobre las coberturas del bosque y corroborar la composición y estructura del bosque con datos generados en campo, para ello se ha propuesto una serie de actividades a ejecutar (Tabla 5).



Imagen 21. Sitio de estudio donde se ubican las estaciones de muestreo del bosque de manglar en la Bahía de La Unión, El Salvador, donde se muestran los puntos estudiados (amarillo) y los que hacen falta por monitorear (verde).

### 5.1.3. Monitoreo de moluscos y cangrejos

- El plan de monitoreo para el resto del año 2018 (Tabla 5), abarca el muestreo de curiles (*A. tuberculosa*), casco de burro (*A. grandis*) y punches o caneches (*U. occidentalis*), para ello se han definido una serie de estaciones de muestreo en la Bahía de La Unión, El Salvador (Imagen 22, Tabla 3) y la Bahía de Chismuyo, Honduras (Imagen 23, Tabla 3); dichos sitios son importantes como zonas de extracción de estas tres (3) especies.



Imagen 22. Sitio de estudio donde se ubican las estaciones de muestreo de curiles, casco de burro y punches en la Bahía de La Unión, El Salvador, donde se muestran los puntos estudiados (amarillo) y los que se sugiere se incorporen para monitoreo (verde).

- El monitoreo debe realizarse todos los años de forma bimestral, esto permitirá contar con datos que ayudaran a conocer las fluctuaciones en el tiempo y espacio de los recursos pesqueros sometidos a extracción, información que servirá a los tomadores de decisiones el manejo adecuado de los medios de vida de las comunidades que hacen uso de este recurso.

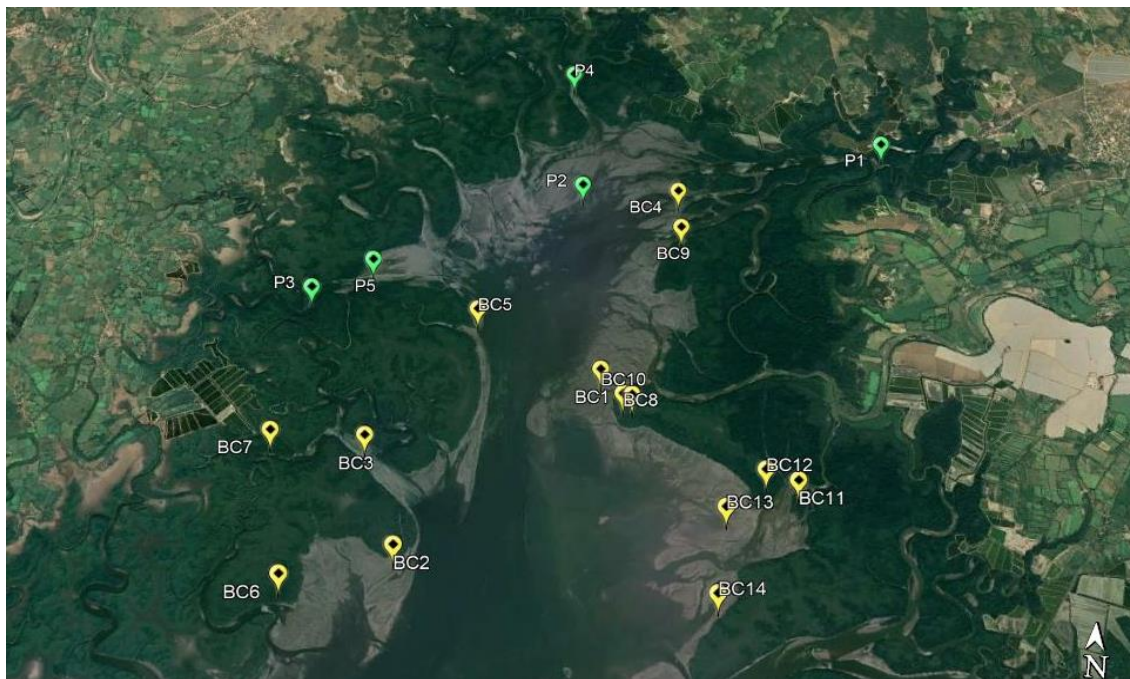


Imagen 23. Sitio de estudio donde se ubican las estaciones de muestreo de curiles, casco de burro y punches en la Bahía de Chismuyo, El Salvador, donde se muestran los puntos estudiados (amarillo) y los que se sugiere se incorporen para monitoreo (verde).

- Los sitios que se monitorearon y los que se deben seguir monitoreándose se presentan en la tabla 3, aquellos que presentan un asterisco (\*) son sugerencias de nuevas estaciones de muestreo, las cuales fueron ubicadas por ser zonas donde también existe algún grado de extracción pesquera. El monitoreo está planificado para el resto del año 2018 (Tabla 10).

Tabla 3. Estaciones de muestreo seleccionadas para darle continuidad al monitoreo biológico de curiles, casco de burro y punches en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo.

Bahía	Código	Estaciones	Coordenadas	
Bahía La Unión	BLU1	Frente a Periquito	13°24'5.5"	87°51'56.7"
Bahía La Unión	BLU2	Punta de Pecho	13°25'0.6"	87°50'21.9"
Bahía La Unión	BLU3	Cerca del Tapón	13°25'31.3"	87°48'37.6"
Bahía La Unión	BLU4	El Rico	13°25'0.3"	87°51'33.7"
Bahía La Unión	BLU4	Boca de El Rico	13°24'59.32"	87°51'35.16"
Bahía La Unión	BLU5	El puente Caído	13°24'24.33"	87°51'49.24"
Bahía La Unión	BLU6	Boca de San Juan	13°22'40.99"	87°47'53.36"
Bahía La Unión	BLU7	Ángeles Chorro	13°21'34.25"	87°52'10.62"
Bahía La Unión	BLU8	Chorro de Ramadita	13°24'57.6"	87°49'37.3"
Bahía La Unión	BLU9	Río por Barrancones	13°24'39.1"	87°49'06.9"
Bahía La Unión	BLU10	Robalón	13°27'9.96"	87°47'24.28"
Bahía La Unión	*P1	Estero El Tamarindo	13° 23'45.8"	87°53'21.3"
Bahía La Unión	*P2	La Pepescosa	13°23'50.0"	87°47'58.0"
Bahía La Unión	*P3	Estero El Revolcón	13°24'56.4"	87°48'12.8"
Bahía La Unión	*P4	Robalito	13° 26'9.50"	87°47'50.90"
Bahía La Unión	*P5	Estero El Pasadero	13°26'37.50"	87°48'39.40"
Bahía La Unión	*P6	Santa Cruz	13°26'4.10"	87°50'38.60"
Bahía La Unión	*P7	Isla Perico	13°23'15.40"	87°51'50.00"
Bahía Chismuyo	BC1	Los Chocolates	13°25'08"	87°37'55.8"
Bahía Chismuyo	BC2	Los Gallos	13°23'23"	87°39'39.1"
Bahía Chismuyo	BC3	Curumita	13°24'21.6"	87°40'0.07"
Bahía Chismuyo	BC4	Tiro hondo	13°27'2.6"	87°37'15"
Bahía Chismuyo	BC5	Los Duros	13°25'39.7"	87°39'05.2"
Bahía Chismuyo	BC6	Jiotillo	13°23'03.9"	87°40'36"
Bahía Chismuyo	BC7	Jiote grande	13°24'21.1"	87°40'50.7"
Bahía Chismuyo	BC8	Chocolaton	13°24'54.6"	87°37'43.3"
Bahía Chismuyo	BC9	Los Matones	13°26'39"	87°37'13"
Bahía Chismuyo	BC10	Chocolate 2	13°24'54.4"	87°37'38.4"
Bahía Chismuyo	BC11	Puntarena	13°24'11.88"	87°36'9.72"





Bahía Chismuyo	BC12	Puntarena	13°24'16.74"	87°36'26.68"
Bahía Chismuyo	BC13	Puntarena	13°23'54.93"	87°36'47.7"
Bahía Chismuyo	BC14	Puntarena	13°23'8.96"	87°36'51.92"
Bahía Chismuyo	*P1	Nacascolo	13°27'42.00"	87°35'16.50"
Bahía Chismuyo	*P2	Playa El Aceituno	13°27'3.00"	87°38'10.20"
Bahía Chismuyo	*P3	Estero Los Amates	13°25'47.00"	87°40'39.00"
Bahía Chismuyo	*P4	Los Luises	13°28'19.30"	87°38'18.50"
Bahía Chismuyo	*P5	Isla Grande	13°26'6.50"	87°40'6.40"

- Suministro suficiente de combustible para el transporte acuático, este dependerá de los viajes de campo y la intensidad de los muestreos, se sugiere que los muestreos de curiles, casco de burro y punches se realicen de forma paralela, considerando las variaciones y cambios de marea que se dan en los ecosistemas que se van a estudiar.

#### 5.1.4. Monitoreo de calidad del agua

- Para el monitoreo de la calidad del agua (Tabla 5), se sugiere darle seguimiento al registro de los parámetros físico químicos del agua en estaciones de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo (Imagen 24).
- Se debe continuar con el monitoreo de la contaminación orgánica del agua de los ríos Goascorán y Nacaome a través del IBF de macro invertebrados acuáticos, para contar con un mejor panorama de las condiciones ambientales de la cuenca de cada río, se debe agregar un punto de muestreo en la zona media de la cuenca (Tabla 4).





Imagen 24. 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.

- El monitoreo de bacterias heterótrofas y *Vibrios spp.*, Nutrientes y parámetros físico químicos se harán de forma bimestral a partir de mayo de 2018, y trimensual a partir de enero de 2019, este monitoreo debe hacerse de forma permanente para conocer la tendencia de la calidad del agua de las bahías; es importante que al final del presente monitoreo y con los resultados obtenidos, se promueva una norma de calidad del agua de mar para las dos bahías.
- Los muestreos se realizarán en las mismas estaciones de muestreo, incluyendo nuevos puntos de estudio (Tabla 4), estos se han delimitado de acuerdo a las condiciones ambientales que presenta cada bahía. El monitoreo se ha diseñado para implementarse en los meses restantes del 2018.

Tabla 4. Estaciones de muestreo seleccionadas para darle continuidad al monitoreo biológico de calidad del agua en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo.

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

Tabla 5. Matriz del Plan de Monitoreo de las poblaciones de curil (*Anadara tuberculosa*), punche (*Ucides occidentalis*), casco de burro (*Anadara grandis*) y la calidad del agua de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo, Golfo de Fonseca.

Objetivo General: Evaluar las poblaciones de curil ( <i>Anadara tuberculosa</i> ), punche ( <i>Ucides occidentalis</i> ), casco de burro ( <i>Anadara grandis</i> ) y la calidad del agua de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo en el Golfo de Fonseca, para dar insumos en la gestión adecuada de los medios de vida de estos ecosistemas.					
Objetivos específicos	Actividad	Meta	Estrategia de trabajo	Plazo de Ejecución	Responsable
1. Dar seguimiento al registro de composición y estructura del curil ( <i>A. tuberculosa</i> ), punche ( <i>U. occidentalis</i> ) y casco de burro ( <i>A. grandis</i> ), como parte del recurso con importancia comercial y de conservación de las bahías de La Unión en El Salvador y Chismuyo en Honduras.	1.1. Realizar viajes de campo bimestrales para el muestreo de curiles, casco de burro y punchos en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo.	Recolectar datos biológicos en campo para el estudio de las tres (3) especies.	Coordinar los viajes de campo con cooperante y actores locales.	8 meses	Consultor y cooperante
	1.1.1 Preparar equipo, materiales y logística de campo para los muestreos.	Contar con la logística de campo	Coordinar el pago a las personas que apoyarán los viajes de campo en las dos bahías.	Bimestral	Consultor
			Coordinar con el cooperante, la compra de insumos de campo	Bimestral	Consultor
	1.2. Realizar mediciones morfométricas y determinación de madurez sexual de las muestras de las tres (3) especies.	Registrar los datos morfométricas de las tres (3) especies.	Contar con los insumos básicos para el registro de datos en campo y laboratorio.	Bimestral	Consultor
	1.2.1. Preparar el material biológico para las actividades de medición morfométricas en laboratorio.	Obtener datos biométricos de las especies a estudiar.	Contar con instalaciones de laboratorio adecuadas para este procedimiento.	Bimestral	Consultor
	1.2.2. Preparar el material biológico	Obtener datos de	Contar con el equipo y	8 meses	Consultor

	para las actividades de determinación de sexo y estado de madurez sexual de las tres (3) especies.	sexo y madurez sexual de las tres (3) especies.	materiales de laboratorio para el análisis de madurez sexual.		
2. Determinar la calidad del agua de la Bahía de La Unión en El Salvador y la Bahía de Chismuyo en Honduras.	2.2. Realizar viajes de campo bimestral es para la recolecta de muestras de agua de mar y dulceacuícola en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo.	Recolectar muestras de agua de mar y dulceacuícola para el estudio de calidad del agua	Coordinar los viajes de campo con los coordinadores del proyecto y con los actores locales	Bimestral	Consultor y cooperante
	2.2.1 Realizar viajes de muestreo y recolecta de macro invertebrados acuáticos en el río Goascorán y río Nacaome.	Recolectar muestras de macro-invertebrados acuáticos en los ríos Goascorán y Nacaome.	Coordinar la logística de campo para los viajes de muestreo.	Bimestral	Consultor
	2.2.1.2 Procesamiento de muestras e identificación taxonómica de macro invertebrados.	Identificar los macro invertebrados acuáticos a nivel de Familia y determinar su abundancia.	Preparar el equipo e insumos de laboratorio para el análisis de los macro invertebrados acuáticos.	15 días	Consultor
	2.2.2 Realizar viajes de muestreo y recolecta de agua para el análisis de Bacterias y <i>Vibrio spp.</i> , en la Bahía de La Unión en El Salvador y la Bahía de Chismuyo en Honduras.	Recolectar muestras de agua de mar para el análisis de bacterias y <i>Vibrio spp.</i>	Coordinar la logística de campo para los viajes de muestreo.	Bimestral	Consultor
	2.2.2.1 Procesamiento de muestras de agua de mar para la determinación de bacterias y <i>Vibrio spp.</i>	Realizar procedimientos de laboratorio para la determinación de	Preparar el equipo, materiales y reactivos de laboratorio necesarios para el	Bimestral	Consultor



		bacterias y <i>Vibrio spp.</i>	análisis y determinación de bacterias y <i>Vibrio spp.</i>		
	2.2.3 Realizar viajes de muestreo y recolecta de agua para el análisis de Nutrientes en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo.	Recolectar muestras de agua de mar para el análisis de nutrientes.	Coordinar la logística de campo para los viajes de muestreo.	Bimestral	Consultor
	2.2.3.1 Procesamiento de muestras de agua de mar para la determinación de nutrientes	Realizar los procedimientos de laboratorio para la determinación de nutrientes	Preparar el equipo, materiales y reactivos de laboratorio necesarios para el análisis y determinación de nutrientes	un mes	Consultor

### 5.1.5. Materiales y equipo

El listado de materiales, reactivos y equipo necesario para el Plan de Monitoreo de las poblaciones de curil (*Anadara tuberculosa*), punche (*Ucides occidentalis*), casco de burro (*Anadara grandis*) y la calidad del agua de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo, Golfo de Fonseca; los cuales enlistan para cada componente.

La mayoría de los análisis deben ser realizados por personas capacitadas para este fin, ya que, por la naturaleza de los análisis, los resultados pueden ser afectados por error humano.

En la tabla 6 se detalla los materiales básicos para implementar el monitoreo de curiles, casco de burro y punches, los materiales de campo deben ser adquiridos antes del muestreo y tienen que comprarse varios juegos ya que siempre se corre el riesgo de ser extraviados.

Tabla 6. Listado de equipo, materiales e insumos de campo y laboratorio para el muestreo y procesamiento de muestras de curiles, casco de burro y punches.

Material	Especificaciones	Cantidad
Vernier (Pie de rey)	Pie de rey plástico de 15 cm	2
Cuerda	Cuerda plástica de 20 m de longitud	1
Bandeja	Bandeja plástica de 40x30 cm	2
Cinta métrica	Cinta métrica de 30 m	1
Bolsas	Bolsas plásticas de medio jardín	10
Viñetas	Hojas de papel vegetal/cuadros de 7x5 cm	5
Lápices	Lápices N° 10	5
Computadora	Laptop con sus paquetes estadísticos y de office, para el procesamiento de los datos	1

En el listado de materiales para la recolecta en campo y procesamiento de las muestras en el laboratorio, se detallan en la tabla 7, la mayoría del material es descartable, por lo que hay que comprarlo cada vez que se va a campo; el equipo básico para el análisis (\*), consiste en activos básicos de un laboratorio de óptica.

Tabla 7. Listado de equipo, materiales e insumos de campo y laboratorio para el muestreo y procesamiento de muestras de macro invertebrados acuáticos.

N°	Materiales	Unidad	Cantidad	Cantidad/muestreo
1	Alcohol etílico a una concentración de 90%.	galones	20	4
2	Agua destilada extra pura	litros	10	2



3	Caja de guantes de látex.	caja	1	4 pares
4	Frascos plásticos con cierre hermético y capacidad de 200 ml.	ml	90	90
5	Cajas Petri de vidrio	Unidad	2	2
6	Rollo de papel toalla ultra absorbente.	unidad	10	2
7	Pinzas de acero inoxidable punta fina.	unidad	2	2
8	Pinceles de pelo de cerdo.	unidad	2	2
9	Bandeja de disección metálica con dimensiones de 20x25 cm.	unidad	2	2
10	*Lámpara con luz blanca	unidad	1	1
11	Hojas de papel vegetal tamaño normal.	Resma	1	1
12	*Estereoscopio microscopio de campo de luz.	unidad	1	1
13	*Lupa 1.85x de cristal con mango metálico			

El análisis y determinación de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.*, requiere de equipo, materiales y reactivos especializados (Tabla 8), este tipo de análisis es costoso, pero pueden reducirse los gastos si se compran los materiales para analizar un alto número de muestras. Los equipos y algunos materiales con asterisco (\*) que se presentan en la tabla xx, deben estar en un laboratorio básico para el análisis de muestras.

Tabla 8. Listado de materiales, reactivos y equipo necesario para realizar los análisis de determinación de bacterias heterótrofas y *Vibrio spp.*, en agua de mar.

N°	Rubro	Unidad	Cantidad	Cantidad/ muestreo
1	Agua peptonada	galón	5	1
2	Frasco de medio Agar TCBS 500 g	gramos	5	1
3	Frasco de reactivo del indol según KOVACS para microbiología.	mililitros	5	1
4	Frasco con Caldo LMX (500g)	gramos	5	5
5	*Incubadora con temperaturas de +5-70 °C	unidad	1	1
6	*Lámpara UV 366 nm para microbiología	unidad	1	1
7	*Autoclave tipo olla de 150 L	unidad	1	
8	*Agitador magnético	unidad	3	3
9	*Hot plate con agitador	unidad	1	1
10	*Beaker 500 ml	unidad	5	5
11	*Beaker 100 ml	unidad	6	6
12	*Frascos de vidrio de 250 ml	unidad	4	4
13	*Frasco de vidrio de 100 ml	unidad	3	3
14	*Gradilla para tubos de ensayo	unidad	10	10

15	*Espátulas de digralsky	unidad	10	10
16	Caja de guantes de látex para laboratorio clínico.	unidad	10	2
17	Caja de gorros para laboratorio clínico	unidad	10	2
18	Tirro revelador de muestras	unidad	5	1
19	Caja de mascarillas para laboratorio clínico.	unidad	10	10
20	Galón de alcohol etílico a 90°	galón	20	4
21	*Erlenmeyer (1000ml)	unidad	3	3
22	*Micro pipeta de 100 microlitros	unidad	1	1
23	*Micro pipeta de 1 ml	unidad	1	1
24	Puntas de micro pipeta de 100 microlitros (caja)	unidad	1	1
25	Puntas de micro pipeta de 1 ml (caja)	unidad	1	1
26	Rollo de papel de aluminio	unidad	40	4
27	Rollo de papel kraf	unidad	40	4
28	Rollo de plástico	unidad	15	3
29	*Botes de plástico con capacidad de 500ml.	unidad	10	10
30	*Hielera	unidad	1	1
31	Bolsas auto clavables para descarte	unidad	10	2
32	Galón de agua destilada	galón	50	10
33	*Cajas Petri de vidrio de 100mm x 15 mm Pyrex.	Unidad	200	200
34	*Tubos de ensayo con rosca esterilizables, longitud 125x16 mm, capacidad de 16 ml	Unidad	250	250
35	*Sonda Multiparámetros que mida el Oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, conductividad, pH, turbidez del agua.	1	1	1

Para el análisis de los nutrientes, componente sulfato y nitrato, se requiere de equipo, reactivos e insumos especializados para química analítica (Tabla 9), dicho material resulta costoso en un primer momento, sin embargo, al realizar un alto número de análisis, los costos se reducen significativamente. Los equipos y algunos materiales que están en asterisco (\*), deben estar en un laboratorio de química analítica, el resto es material desechable que se debe de comprar con cada análisis.

Tabla 9. Listado de materiales, reactivos y equipo necesario para realizar los análisis de determinación de nutrientes sulfato y nitrato en agua de mar.

N°	Rubro	Unidad	Cantidad	Cantidad/ muestreo
1	HCl, H2O Ultra Pura, Solución patrón de Nitratos	galón	5	5





2	Alcohol Isopropilico	galón	5	1
3	NaCl	gramos	5	1
4	Glicerol	gramos	5	1
5	Cloruro de bario	gramos	5	1
6	HCL	galón	5	1
7	H2O Ultra pura	galón	5	1
8	Solución patrón de nitrato	galón	5	1
9	Solución Patrón para Sulfatos	galón	5	1
10	Frasco de Dididratado, Glicerol	gramos	5	1
11	Rollo de papel Filtro Whatman 42	unidad	5	1
12	Celdas de 1 o 10 cm de paso óptico.	unidad	5	1
13	Balones aforados de 50 ml.	mililitro	2	2
14	Beakers de 250 ml.	mililitro	2	2
15	Balones volumétricos de 10 ml.	mililitro	2	2
16	Frasco Lavador	mililitro	2	2
17	Pipetas graduadas de 10 ml	mililitro	2	2
18	Propipeta	mililitro	2	2
19	Probeta de 10 ml	mililitro	2	2
20	Trampa de vacío	unidad	2	2
21	Frasco de Kitazato	gramos	2	2
22	Mangueras de hule.	unidad	2	2
23	Papel toalla	unidad	10	5
24	Gradillas para tubos de ensayos	unidad	10	10
25	Beaker de 100ml	mililitro	2	2
26	Beaker de 20ml	mililitro	2	2
27	Probeta de 10ml	mililitro	2	2
28	Espátula de doble punta	unidad	2	2
29	Balón volumétrico de 500ml.	mililitro	2	2
30	Balón volumétrico de 1000ml.(En caso de preparación de estándar )	mililitro	2	2
31	Balones volumétricos de 25ml	mililitro	2	2
32	Agitador de vidrio	unidad	2	2
33	Frasco lavador	unidad	2	2
34	Pipeta volumétrica de 10ml	mililitro	2	2
35	Micro-pipeta de 1000 ul	unidad	2	2
36	Vidrio de reloj	unidad	2	2
37	Trampa de vacío	unidad	2	2
38	Espectrofotómetro UV-VIS marca SHIMADZU	unidad	1	1
39	Hot-Plate	unidad	1	1
40	Balanza analítica	unidad	1	1

## 5.2 CRONOGRAMA DE MONITOREO

Tabla 10. Cronograma de actividades para el monitoreo biológico y de calidad de agua en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo Golfo de Fonseca.

N°	Actividades	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	Actividad: Viaje de muestreo en las Bahías de La Unión y Chismuyo, con énfasis en curiles, casco de burro, punches y calidad del agua.								
2	Procesamiento de muestras de agua de mar y dulceacuícola.								
3	Procesamiento de muestras de curiles, casco de burro y punches.								

## **CAPITULO II:**

# **INFORME DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DE LA BAHÍA DE LA UNIÓN Y LA BAHÍA DE CHISMUYO EN EL GOLFO DE FONSECA.**

## **VI. 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 y Freije 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 y 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 (Vásquez-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 y Freije 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).

## VII. OBJETIVOS

### 7.1 GENERAL

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

### 7.2 ESPECÍFICOS

- a. Describir la dinámica de las variables físico-químicas de las aguas superficiales del estuario de las bahías.
- b. Determinar la concentración bacteriana (coliformes totales, *Vibrio* spp. y *E. coli*) del agua superficial del estuario de las bahías.
- 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).

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 BAHÍA DE LA UNIÓN

#### 8.1.1. 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 25), 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 25. 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  $26.76^\circ\text{C}$  en el sitio SLV2, y máximo en marzo de  $29.807^\circ\text{C}$  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 11).

Tabla 11. 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)	$28,004 \pm 0,921$	$7,746 \pm 0,316$	$34,390 \pm 8,103$	$4,084 \pm 1,933$	$32,218 \pm 23,474$	$64,385 \pm 46,73$	$12,301 \pm 9,284$
	1					7	
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 12), 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 12).

Tabla 12: 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						
$\rho$	0,1830						
Sal (ppm)	-0,1544	-0,0651					
$\rho$	0,4928	0,7735					
OD (ppm)	-0,6069	0,9059	0,0584				
$\rho$	0,0027	0,0000	0,7961				
TDS (ppt)	0,2871	-0,0385	-0,9158	-0,2058			
$\rho$	0,1952	0,8651	0,0000	0,3583			
Cond (mS/cm)	0,2872	-0,0386	-0,9157	-0,2059	1,0000		
$\rho$	0,1950	0,8646	0,0000	0,3579	0,0000		
Turb (FNU)	0,0196	0,1434	-0,0341	0,1381	-0,2512	-0,2514	
$\rho$	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
$\rho$		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  $26.9^\circ\text{C}$ ); y las de mayor temperatura en SLV6, SLV7, SLV8, SLV9 y SLV10 (de  $27.18$  a  $27.9^\circ\text{C}$ ). Mientras en marzo, el de menor valor de temperatura se registró en SLV3 con  $27.73^\circ\text{C}$ , y el valor más alto en SLV9, SLV11 y SLV12 (de  $29.08$  a  $29.8^\circ\text{C}$ ) (Figura 1).

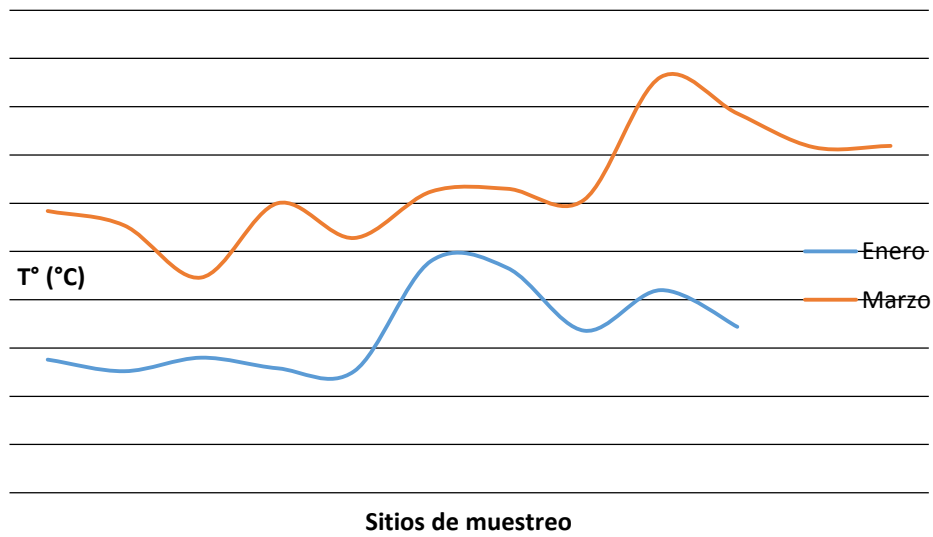


Figura 1. Variación de temperatura del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 13).

#### Salinidad

La variación de salinidad del agua superficial mostró una elevación de enero para marzo, en enero se registró un valor promedio de  $34.18 \pm 2.79$  ppm y en marzo fue de  $37.7 \pm 1.21$  ppm; valorando de forma independiente el sitio SLV12 en marzo con 0.09 ppm, ya que este sitio pertenece al Río Goascorán. En enero el sitio de muestreo que registró menor salinidad fue SLV6 con 26.31 ppm 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 35.8 ppm. Mientras en marzo, el de menor valor de salinidad fue SLV11 con 35.97 ppm, punto frente a CORSAIN, y el mayor valor fue en SLV3 con 39.93 ppm, 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.

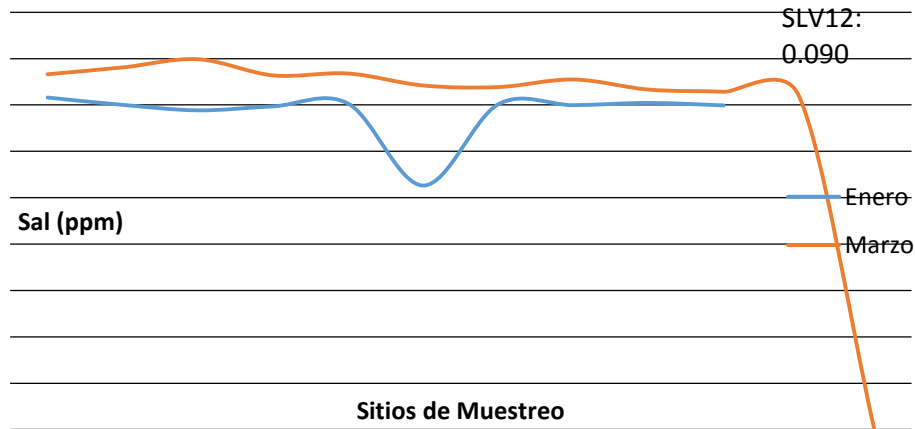


Figura 2. Variación de salinidad del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

### 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  $7.94 \pm 2.72$  y en marzo de  $7.58 \pm 0.26$ . 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).

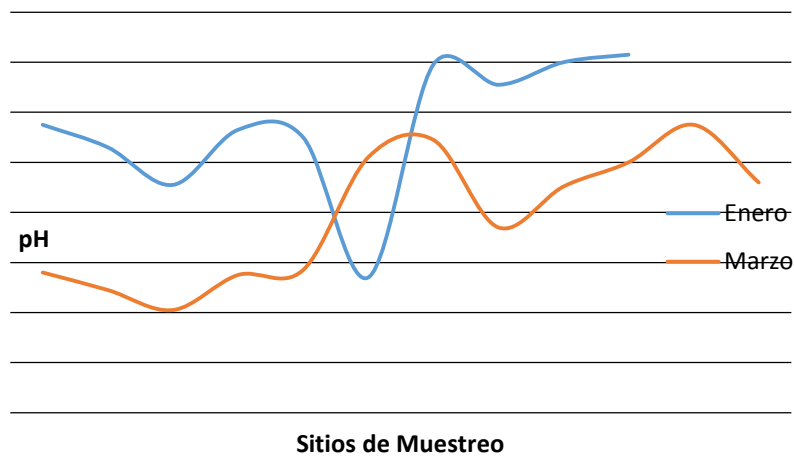


Figura 3. Variación de pH del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 13). 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 14), 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 48). Así mismo, cumple los rangos permisibles de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78 (1987) de calidad del agua para riego (Tabla 16).

### Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto del agua superficial variaron hacia una disminución de enero para marzo, donde para enero se registró un valor promedio de  $5.77 \pm 1.44$  ppm y en marzo de  $2.68 \pm 0.85$ . 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).

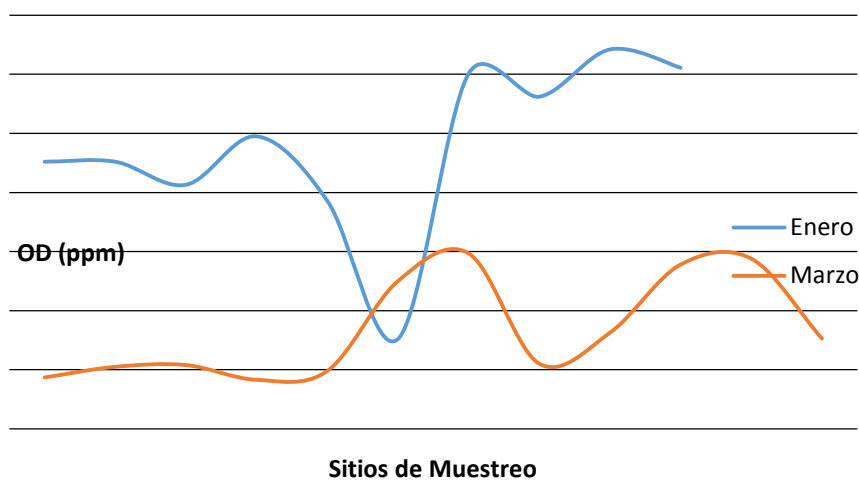


Figura 4. Variación de oxígeno disuelto del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 14); 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 15), coincidiendo a su vez con la categoría de actividades marino costeras de extracción y cultivo de moluscos bivalvos de la misma normativa (Tabla 17). 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 18).

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 reoxigenación, 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 (TSD)

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  $25.94 \pm 1.79$  ppt y en marzo de  $28.52 \pm 0.85$ ; 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).

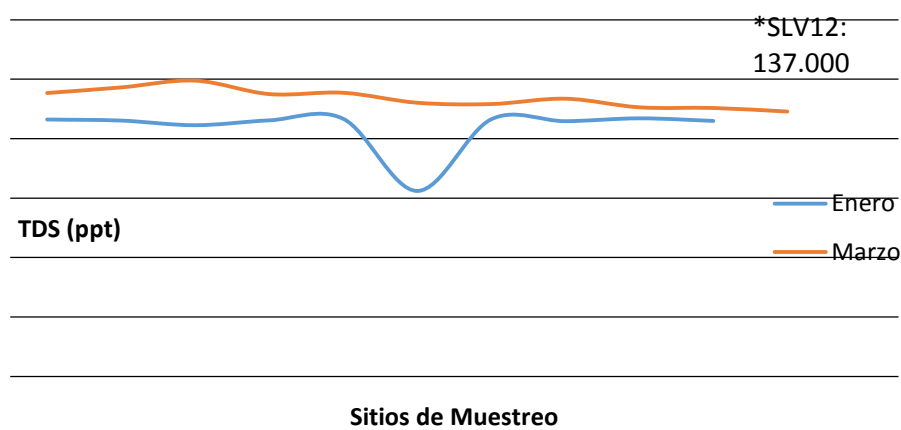


Figura 5. Variación de sólidos disueltos totales del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 15).

#### 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  $51.87 \pm 3.57$  mS/cm y en marzo de  $56.80 \pm 1.53$  mS/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).

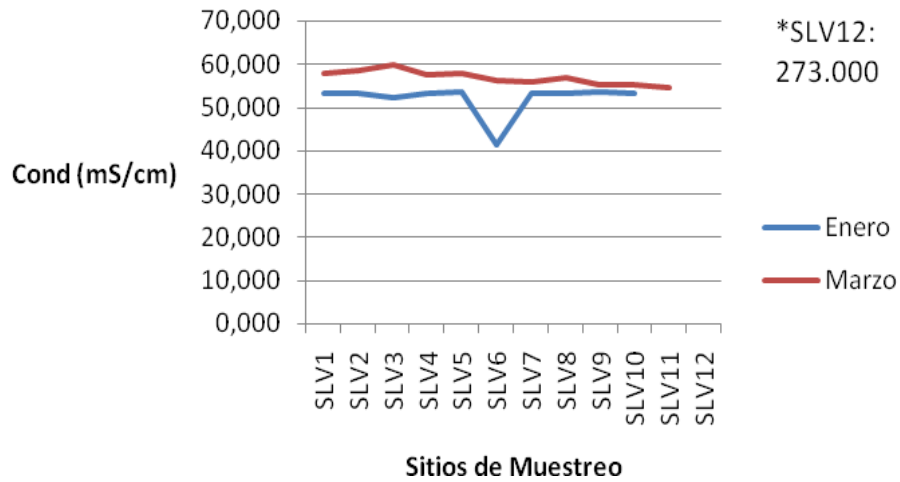


Figura 6. Variación de conductividad del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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  $15.02 \pm 10.21$  FNU y en marzo de  $10.04 \pm 7.25$  FNU. 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).

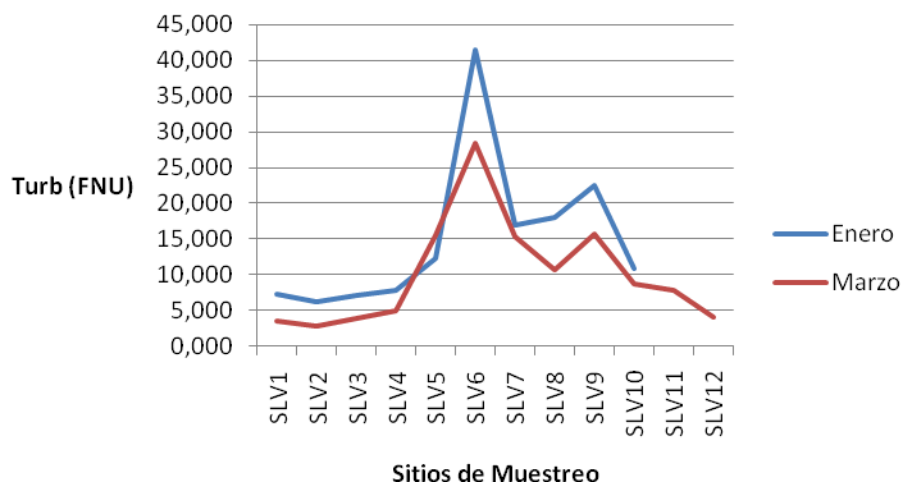


Figura 7. Variación de turbidez del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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  $2.41 \text{ mg/L}$  (Figura 8).

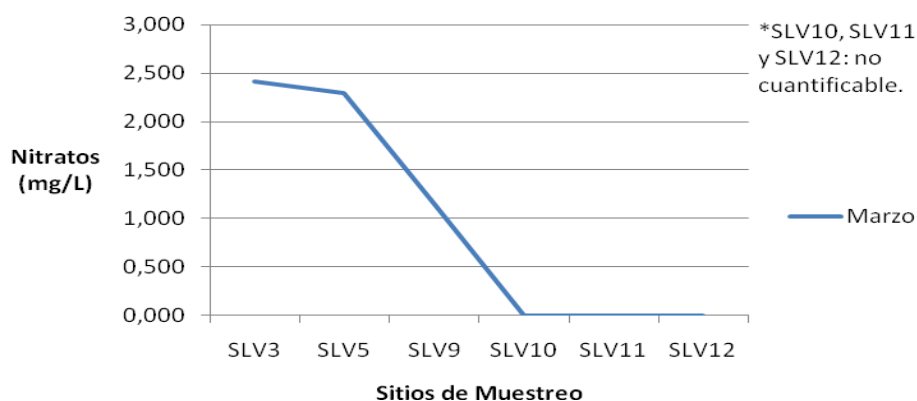


Figura 8. Variación de concentración de nitratos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 17). Lo que coincide con la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios de la misma normativa (Tabla 15). 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 18). 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  $5.28 \text{ mg/L}$  respectivamente; y el de mayor valor fue en SLV11 con  $18.15 \text{ mg/L}$  (Figura 9).

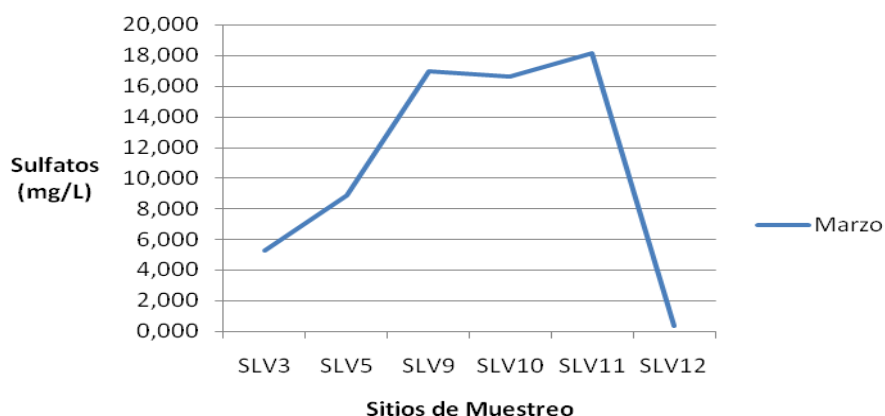


Figura 9. Variación de concentración de sulfatos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 14). Así mismo, se encuentran dentro de los rangos permisibles de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78, para calidad de agua para riego (Tabla 16).

Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de la 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 14. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de la 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 15. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de los sitios de muestreos de la 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 16. 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 17. 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 18. 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 19).

Tabla 19. 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 5). Mientras las variables de pH y oxígeno disuelto son las que construyen el componente 2 (lectura en el eje Y) (Tabla



19); 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 5).

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%).

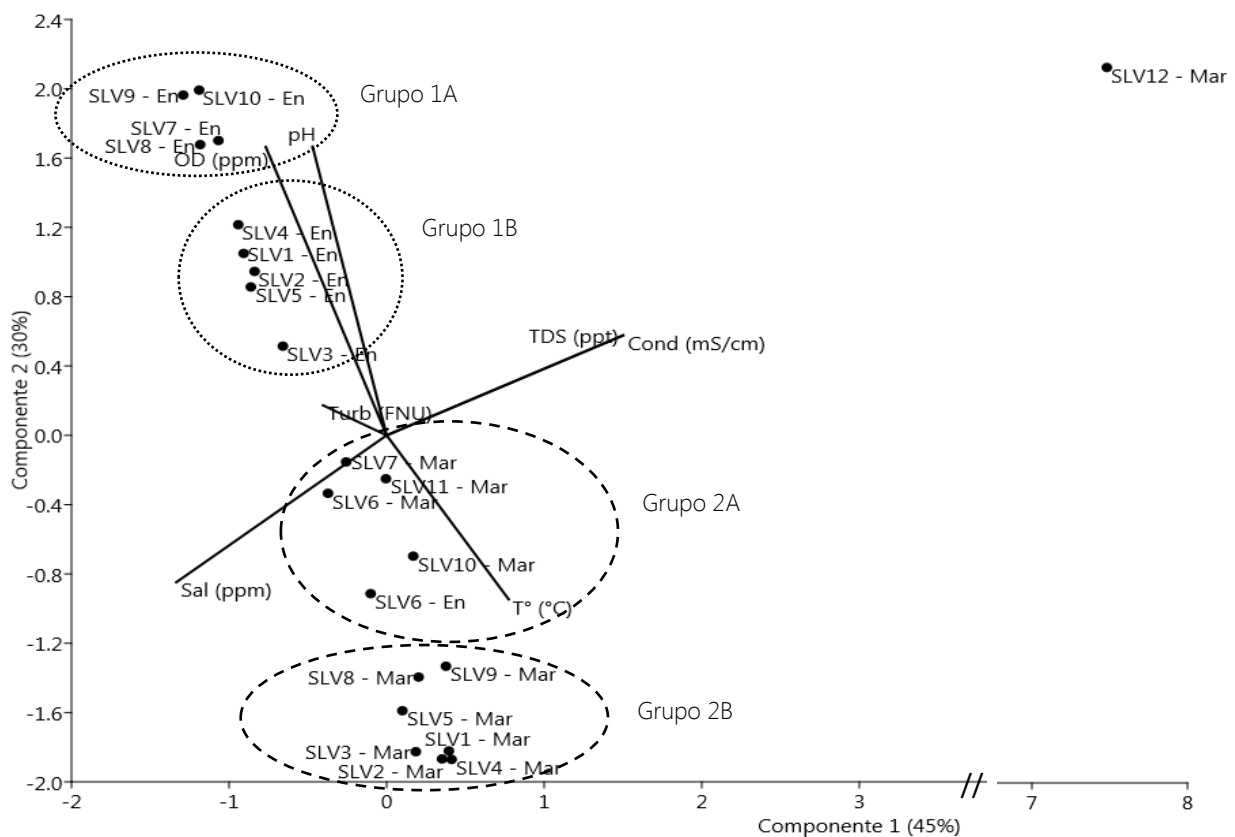


Figura 10. Análisis de Componentes Principales de las variables físicas y químicas por mes de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

### 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 20). 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 20), 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 20. 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%).

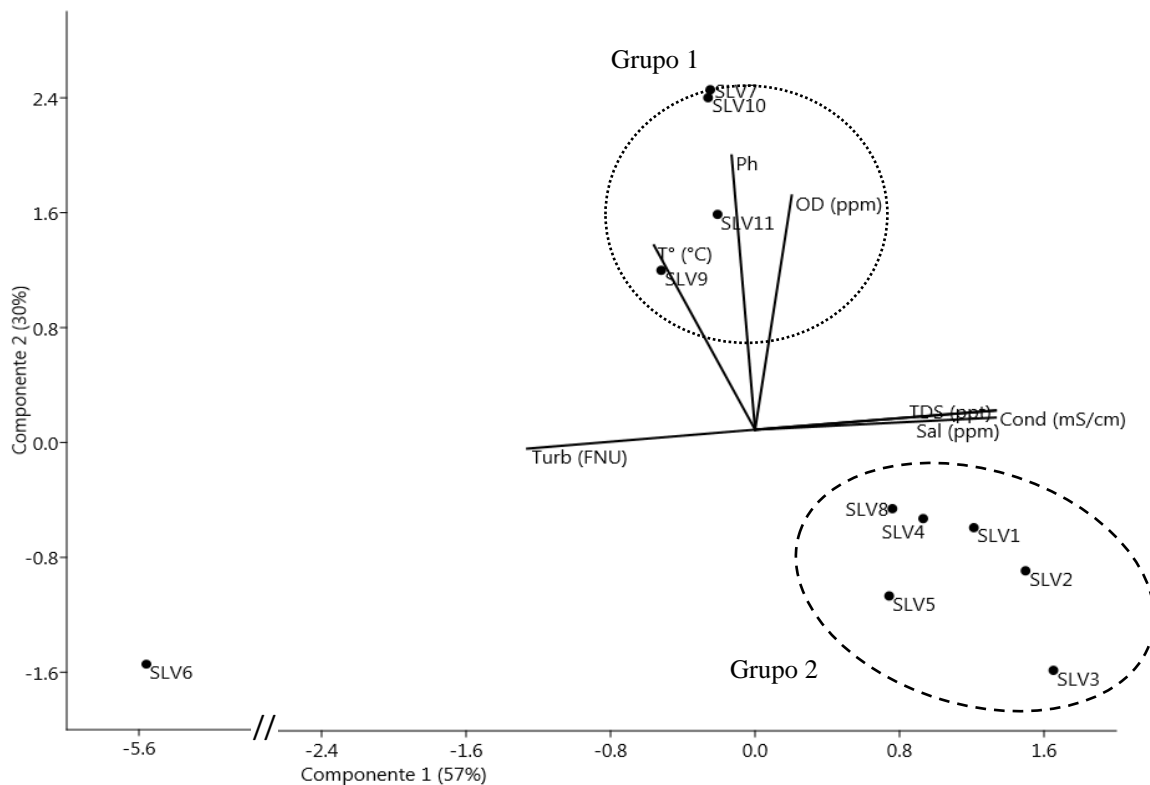


Figura 11. Análisis de Componentes Principales de las variables físicas y químicas en promedio de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de La Unión, El Salvador.

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.

### 8.1.2. 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 26), 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 21).

Tabla 21: 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 22).

Tabla 22. 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).

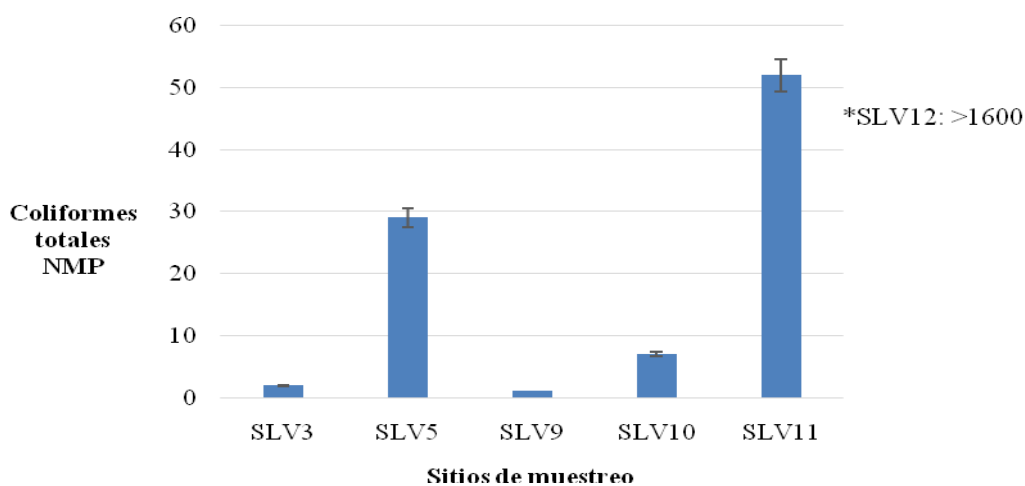


Figura 12. Variación de la concentración de coliformes totales (NMP) en los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 23).

Tabla 23. 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).

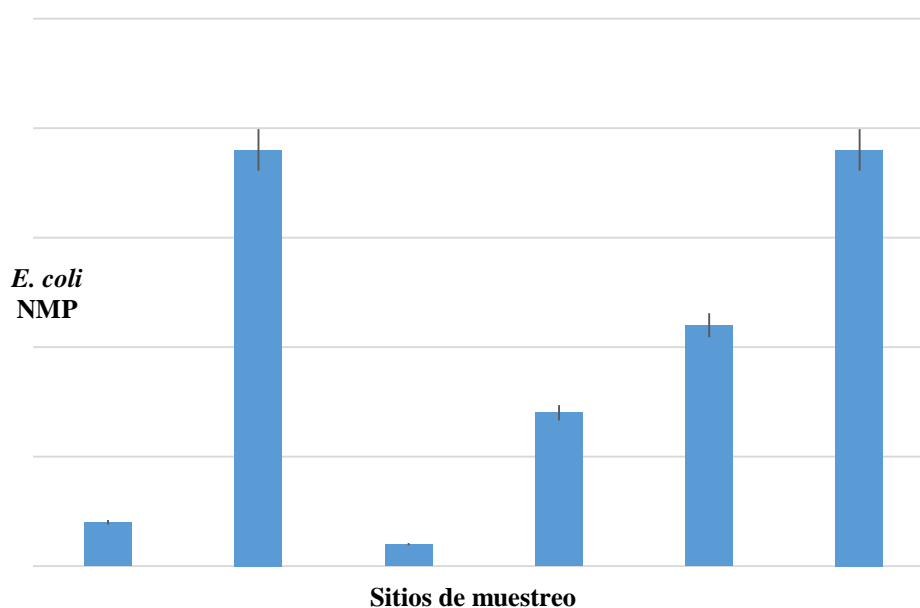


Figura 13. Variación de concentración de *Escherichia coli* (NMP) en los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 44). 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 45). 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 46).

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 45).

Concentración de *Vibrio spp.*

La concentración de *Vibrio spp.* que se registró en el rango de  $5 \times 10^1$  a  $2.4 \times 10^3$  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).

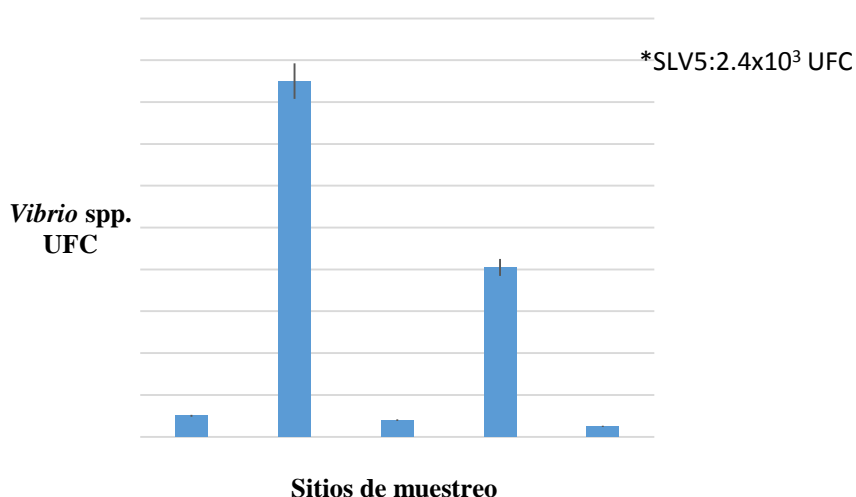


Figura 14. Concentración de *Vibrio spp.* (UFC) en los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador.

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 45).

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 24).

Tabla 24. 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.

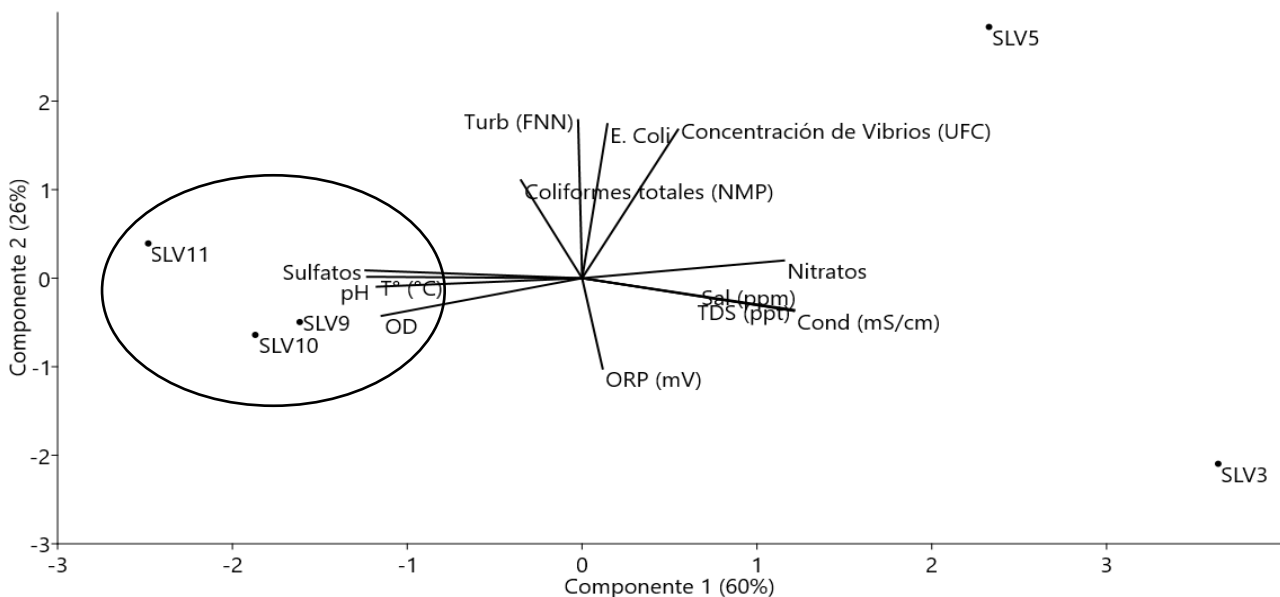


Figura 15. Análisis de Componentes Principales de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los sitios de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador.

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, dónde 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 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.

### 8.1.3. ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF)

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 2018

Se colectaron trescientos veintitrés (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 76 ejemplares capturados y Decápoda (Malacostrácea), 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 25).

Tabla 25. 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
Decápoda	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 (Decápoda), los cuales no necesariamente reflejan calidad de agua regular por su puntaje en el IBF-SV; esto se podría debe también a que, luego de post-larva, éstos migran hacia agua dulce 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 (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 Decápoda, con cincuenta y siete (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 26).

Tabla 26. 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
Decápoda	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 27).

Tabla 27. Cálculo del Índice Biológico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos (IBF-SV-2010) para submuestra 2 del sitio SLV12, tramo bajo del río Goascorán, enero de 2018.

Grupo Taxonómico	Ni	Ti	NiTi	Valor IBF
Ceratopogonidae	1	8	8	0.061068702
Chironomidae	45	8	360	2.748091603
Coenagrionidae	1	9	9	0.06870229
Decápoda	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 2018

Se colectaron doscientos veintitrés (223) ejemplares correspondientes a doce (12) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a Decápoda (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 28).

Tabla 28. 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
Decápoda	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 Decápoda 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 Decápoda (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 29).

Tabla 29. 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
Decápoda	18	6	108	1.384615385
Gerridae	6	6	36	0.461538462
Hydrobiidae	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 Decápoda (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 30).

Tabla 30. 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
Decápoda	72	6	432	2.979310345
Gerridae	5	6	30	0.206896552
Gomphidae	12	7	84	0.579310345
Hydrobiidae	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.

## 8.2 BAHÍA DE CHISMUYO

### 8.2.1. 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  $25.93^{\circ}\text{C}$  en el sitio HND5 (Mojote), y el máximo valor en marzo de  $31.14^{\circ}\text{C}$  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 (Jioton) 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 (Jioton) 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 31).



Tabla 31. 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±1,76 7	7,800±0,206	29,473±15,218	2,856±0,543	46,236±42,579	92,552±85,22 3	4,898±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 22), 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 32).

Tabla 32: 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					
$\rho$	0,4240					
Sal (ppm)	0,2047	-0,6142				
$\rho$	0,4642	0,0149				
OD (ppm)	-0,3314	0,7787	-0,4378			
$\rho$	0,2276	0,0006	0,1026			
TDS (ppt)	-0,2940	0,3257	-0,8863	0,2243		
$\rho$	0,2876	0,2362	0,0000	0,4215		
Cond (mS/cm)	-0,2950	0,3266	-0,8872	0,2250	1,0000	
$\rho$	0,2857	0,2348	0,0000	0,4201	0,0000	
Turb (FNU)	0,3950	-0,0327	-0,5397	-0,0707	0,4711	0,4717
$\rho$	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  $25.93^\circ\text{C}$  en enero y el alto valor fue en HND4 (abajo de Jioton) con  $28.25^\circ\text{C}$  (Figura 16).

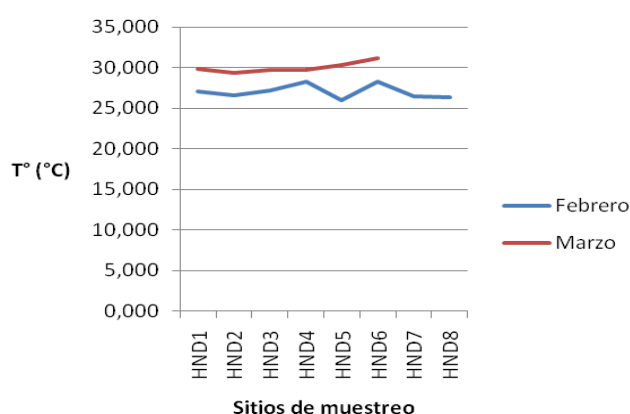


Figura 16. Variación de temperatura del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

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 33).

## 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  $36.74 \pm 0.72\text{ppm}$  y en marzo de  $36.89 \pm 1.19\text{ppm}$ , valorando de forma independiente el sitio HND8 (río Nacaome) la salinidad fue baja, en febrero fue de 0.08 y marzo de 0.09ppm, lo cual resulta lógico por ser agua dulceacuícola. En febrero el sitio que registró baja salinidad fue HND3 (Jiotillo) con 36.00ppm y el de mayor valor fue HND6 (El Aceituno) con 37.84ppm. Mientras en marzo, la menor salinidad se registró en HND6 con 34.93ppm y el mayor valor en HND2 (bocana del río Nacaome) con 38.19 (Figura 17).

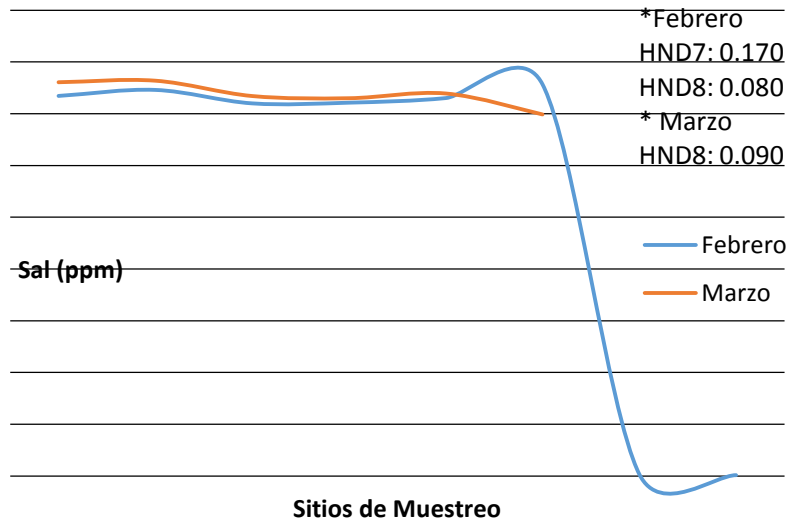


Figura 17. Variación de salinidad del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

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, dónde en febrero se registró un valor promedio de  $7.85 \pm 0.18$  y en marzo de  $7.75 \pm 0.24$ . 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).

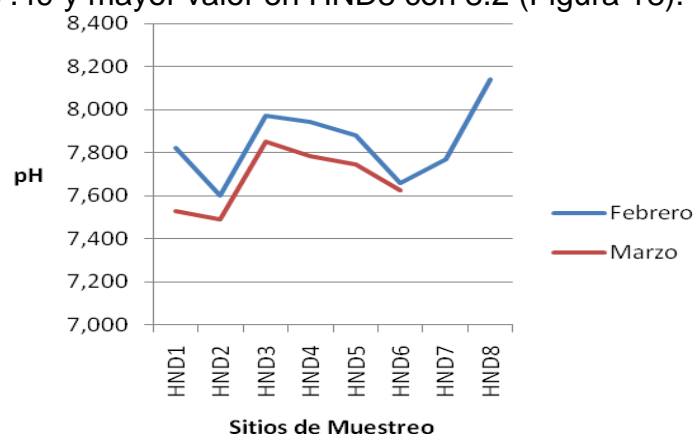


Figura 18. Variación de pH del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

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 33). 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 34), en la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios (Tabla 35); y, actividades marino costeras para extracción y cultivo de moluscos bivalvos, de la misma normativa (Tabla 37). Así mismo, cumple los rangos permisibles de la Norma Chilena Oficial NCh1333.Of78 (1987) de calidad del agua para riego (Tabla 36).

### Oxígeno disuelto

En la variación de oxígeno disuelto del agua superficial se observa una disminución de febrero para marzo, dónde febrero registró un valor promedio de  $3.03 \pm 0.45$  ppm y en marzo de  $2.66 \pm 0.61$ . 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).

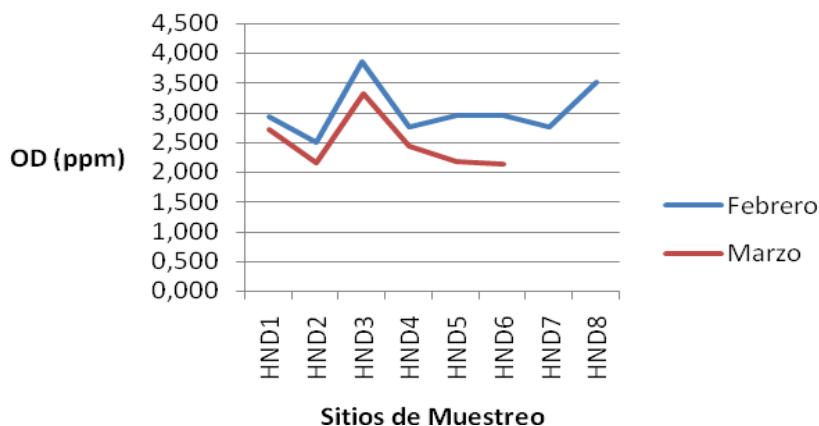


Figura 19. Variación de oxígeno disuelto del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, El Salvador.

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 34); coincidiendo para el caso de la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios (Tabla 35) y la categoría de actividades marino costeras de extracción y cultivo de moluscos bivalvos de la misma normativa (Tabla 37). 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 38).

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, donde febrero registró un valor promedio de  $27.10 \pm 0.46$  ppt y en marzo de  $28.22 \pm 0.56$ ; 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 Jioton) 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 Jioton) con 27.58ppt y el valor más alto en HND2 (bocana del río Nacaome) con 28.77ppt (Figura 20).

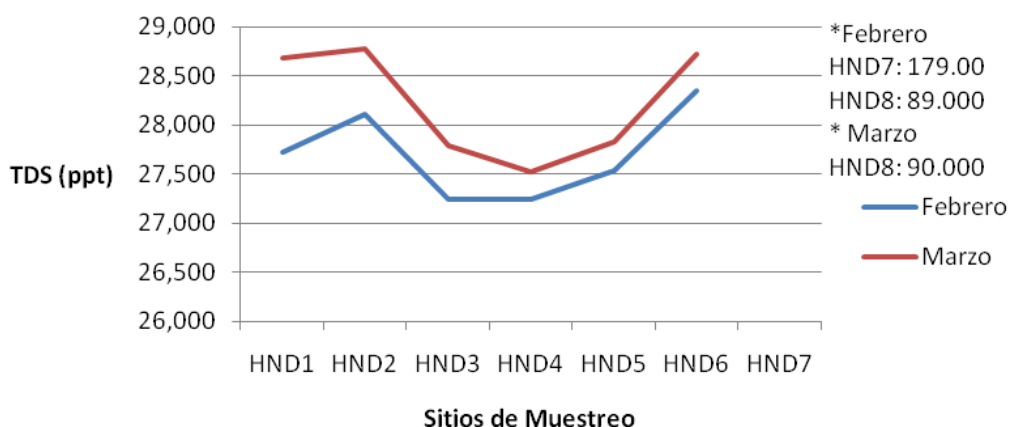


Figura 20. Variación de sólidos disueltos totales del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

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 35).

### Conductividad

En la variación de conductividad del agua superficial se observa una elevación de febrero para marzo, donde febrero registró un valor promedio de  $55.45 \pm 0.97$  mS/cm y en marzo de  $56.43 \pm 1.12$  mS/cm; valorando de forma independiente el sitio HND7 (febrero: 358.0mS/cm) y HND8 (febrero: 179.0mS/cm, marzo: 180.0mS/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 (Jioton) con 54.49mS/cm



respectivamente; y el de mayor valor fue HND6 (El Aceituno) con 56.70mS/cm. Mientras en marzo, el de bajo valor fue HND4 (abajo de Jioton) con 55.05mS/cm, y el mayor valor fue HND2 (bocana del río Nacaome) con 57.53mS/cm (Figura 21).

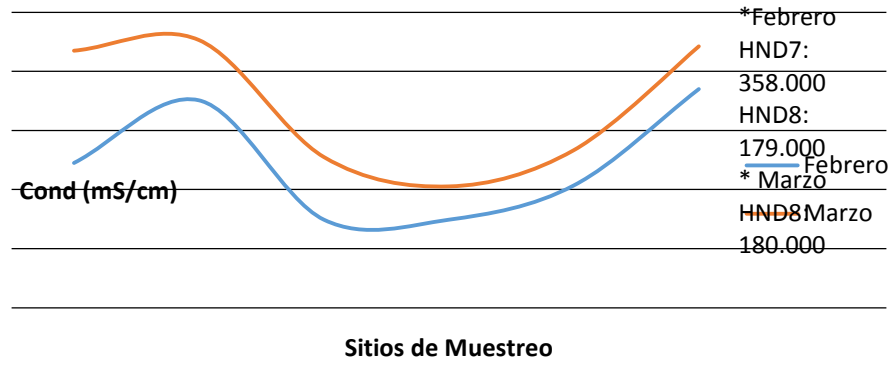


Figura 21. Variación de conductividad del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

### Turbidez

En la variación de turbidez del agua superficial se observa un aumento de febrero para marzo, donde febrero registró un valor promedio de  $3.49 \pm 3.06$ FNU y en marzo de  $6.50 \pm 1.75$ 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 (Jioton) con 4.37FNU y el de mayor valor fue HND1 (Puerto Nuevo) con 9.30FNU (Figura 22).

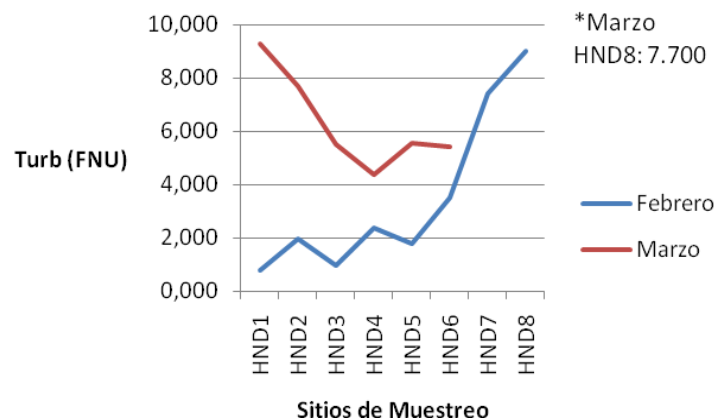


Figura 22. Variación de turbidez del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

### Nutrientes

### Concentración de nitratos

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

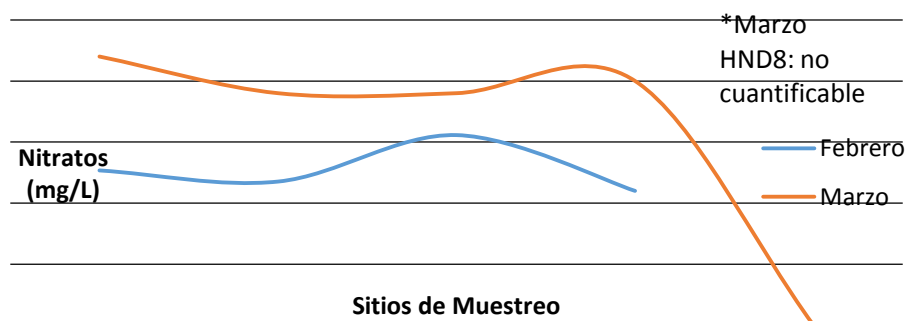


Figura 23. Variación de concentración de nitratos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

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 34). Lo que coincide con la categoría de conservación del ambiente acuático de estuarios de la misma normativa (Tabla 35). 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 38). El cual corresponde al tramo bajo del río Nacaome.

### Concentración de sulfatos

En la variación de concentración de sulfatos del agua superficial se observa una disminución de febrero para marzo, donde febrero registró un valor promedio de  $2465.19 \pm 248.65$  mg/L y en marzo de  $1558.45 \pm 150.36$  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 (Jioton) 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 (Jioton) con 1703.5 mg/L (Figura 24).

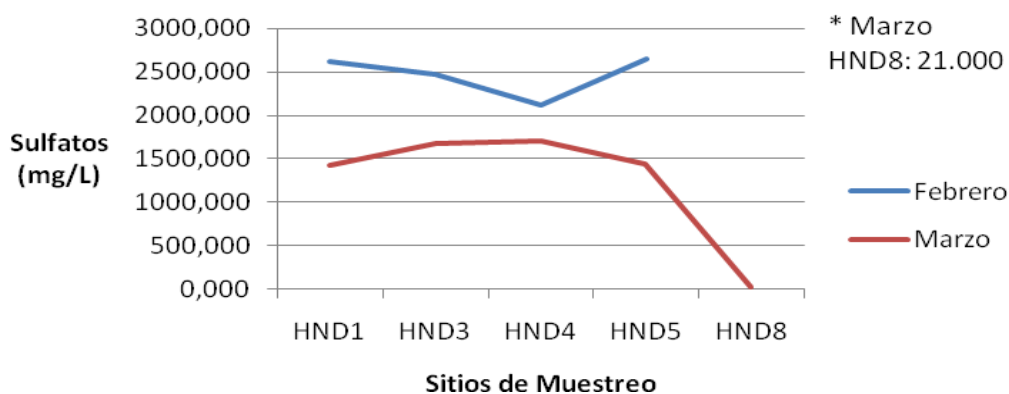


Figura 24. Variación de concentración de sulfatos del agua superficial en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

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 34), 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 36).

Tabla 33. 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 34. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la Bahía de Chismuyo dentro de rangos permisibles de los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua de Perú: 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 35. 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: 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 36. 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: 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 37. 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: Actividades marino costeras.

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 38. Valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de la Bahía de Chismuyo dentro de rangos permisibles de calidad ambiental para aguas naturales de Panamá: Estándares de calidad de agua, 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 39).



Tabla 39. 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%).

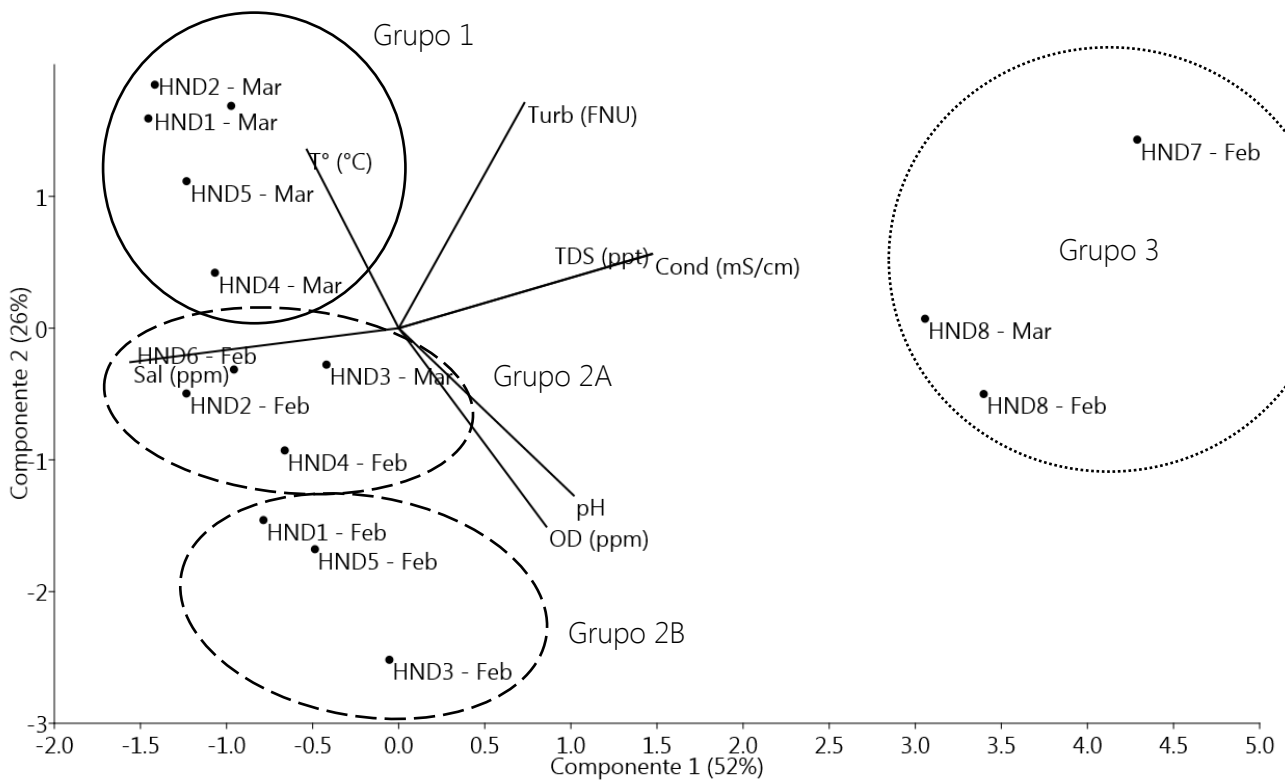


Figura 25. Análisis de Componentes Principales de las variables físicas y químicas por mes de los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

*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 40).

Tabla 40. 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 45) 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).

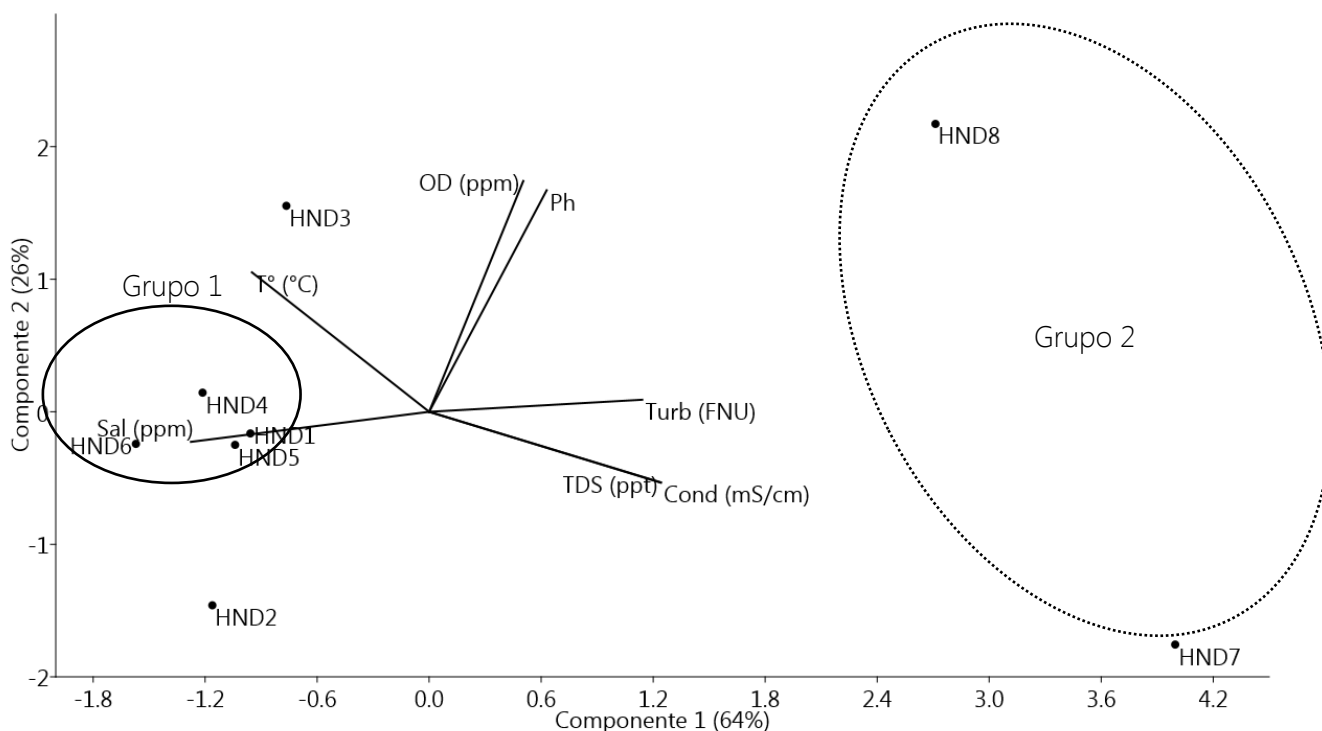


Figura 26. Análisis de Componentes Principales de los parámetros fisicoquímicos promedio en los sitios de muestreo para calidad de agua en la Bahía de Chismuyo, Honduras.

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.

## 8.2.2. 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*
15. *li* y nitratos: relación alta, inversa (-0.80  $p$ : 0.01).
16. Concentración *E. coli* y sulfatos: relación alta, inversa (-0.83  $p$ : 0.01).
17. Concentración *E. coli* y salinidad: relación alta, inversa (-0.99  $p$ : 0.00).
18. Concentración *E. coli* y sólidos disueltos totales: relación alta, directa (0.99  $p$ : 0.00).
19. 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 41).

Tabla 41: 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		
$\rho$	0,0261		
<i>E. coli</i>	0,7307	0,9977	
$\rho$	0,0253	0,0000	
Nitratos (mg/L)	-0,4732	-0,8174	-0,7969
$\rho$	0,1982	0,0071	0,0101
Sulfatos (mg/L)	-0,7271	-0,8090	-0,8295
$\rho$	0,0264	0,0083	0,0057
T° (°C)	0,6036	0,4667	0,4956
$\rho$	0,0852	0,2053	0,1748
pH	0,5398	0,6719	0,6491
$\rho$	0,1336	0,0475	0,0585
Sal (ppm)	-0,7283	-0,9985	-0,9945
$\rho$	0,0261	0,0000	0,0000
OD	0,4012	0,4325	0,4104
$\rho$	0,2845	0,2449	0,2726
ORP (mV)	0,0155	-0,0161	0,0132
$\rho$	0,9685	0,9673	0,9730
TDS (ppt)	0,7281	0,9998	0,9977
$\rho$	0,0261	0,0000	0,0000
Cond (mS/cm)	0,7279	0,9998	0,9977
$\rho$	0,0262	0,0000	0,0000
Turb (FNU)	0,3488	0,3250	0,3622
$\rho$	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 Jioton) donde las pruebas dieron negativo (Tabla 42).

Tabla 42. 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 (Jioton) (Figura 27).

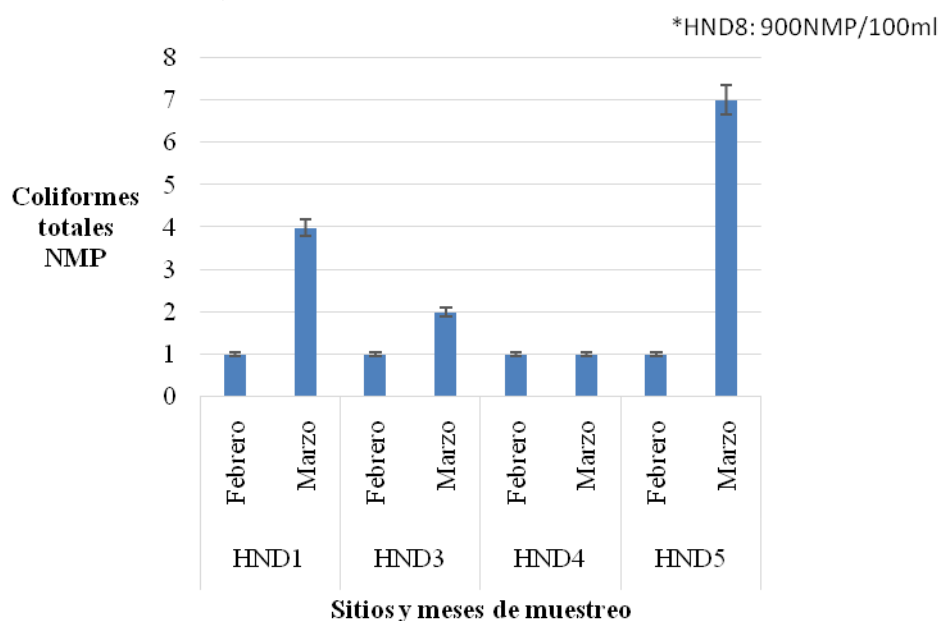


Figura 27. Variación de la concentración de coliformes totales (NMP + porcentaje de error) en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en febrero y marzo 2018, Bahía de Chismuyo, Honduras.

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 (Jioton) (Tabla 43).

Tabla 43. 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 33). 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 34) y con los estándares propuestos por esa misma normativa en la categoría de conservación del ambiente de estuarios (Tabla 35).

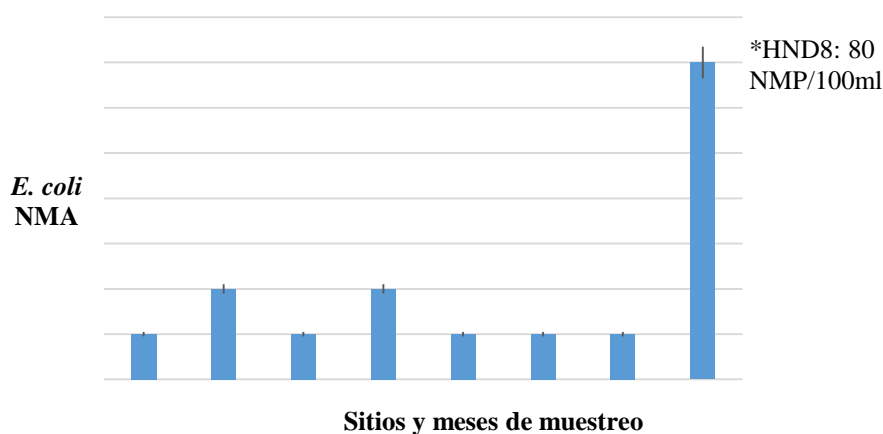


Figura 28. Variación de concentración de *Escherichia coli* (NMP) en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en febrero y marzo 2018, Bahía de Chismuyo, Honduras.

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 34).

#### Concentración de *Vibrio* spp.

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

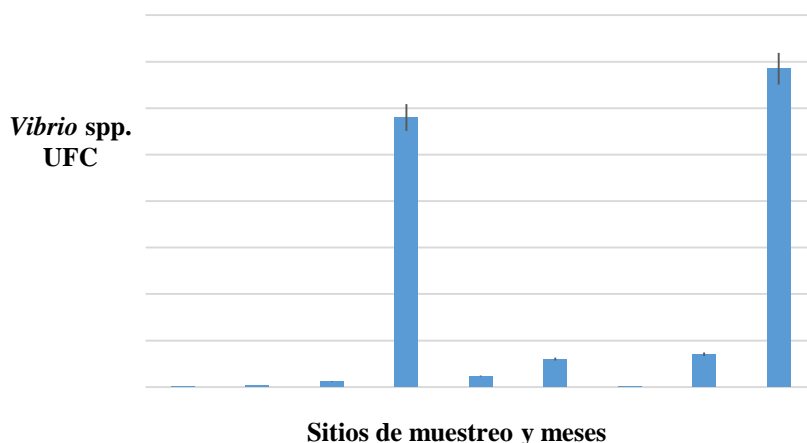


Figura 29. Concentración de *Vibrio spp.* (UFC) en los sitios de muestreo seleccionados para el registro de calidad de agua en febrero y marzo 2018, Bahía de Chismuyo, Honduras.

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 34).

Relación entre parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua superficial de la 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 físico-químicos 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 44).

Tabla 44. 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 49), 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 (Jioton). 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).

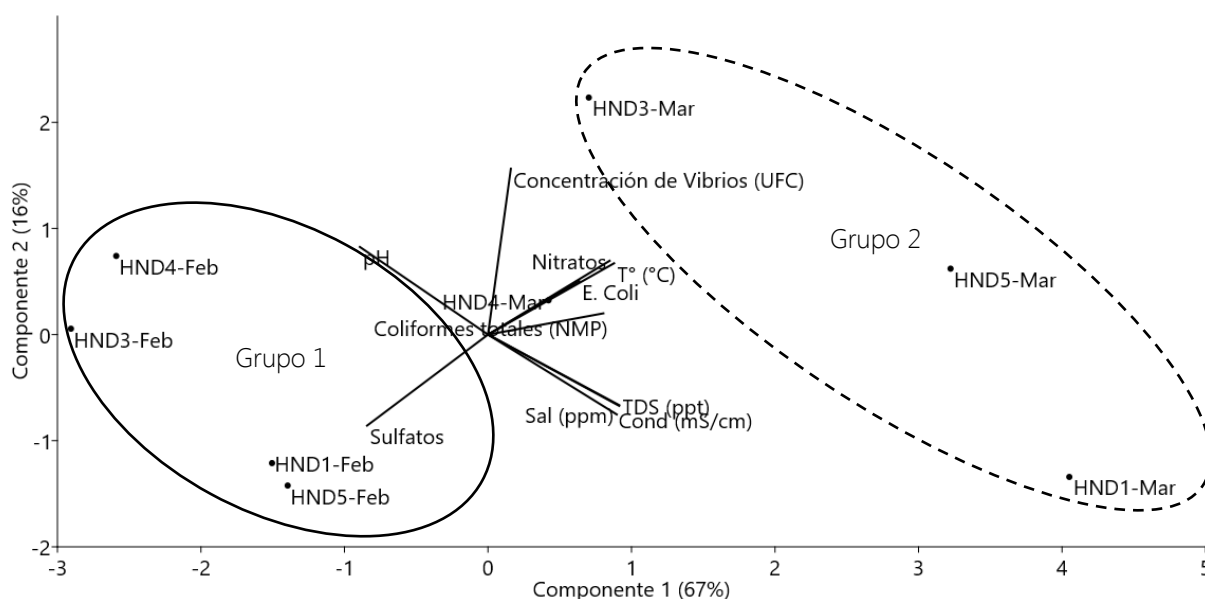


Figura 30. Análisis de Componentes Principales de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los sitios de muestreo para calidad de agua en febrero y marzo la Bahía de Chismuyo, Honduras.

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).

### 8.2.3. ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF)

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 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), Decápoda (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 y 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 et al. 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 y 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 2018

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 ochenta y dos (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 45).

Tabla 45. 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
Decápoda	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 (Pointier y 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 y 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 46).

Tabla 46. 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 noventa y un (91) ejemplares correspondientes a nueve (9) grupos taxonómicos. Los grupos más abundantes corresponden a las familias



Thiaridae (Gasterópoda), con cincuenta y tres (53) ejemplares capturados y Chironomidae (Díptera), con quince (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 47).

Tabla 47. 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
Decápoda	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 2018

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 48).

Tabla 48. 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
Decápoda	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 49).

Tabla 49. 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
Decápoda	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 50).

Tabla 50. 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

## IX. 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 las 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. Dónde 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 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 muestro 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.



## CAPITULO III:

# COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE MANGLAR DE LA BAHÍA DE LA UNIÓN, Y DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y PESCA DEL CURIL (*ANADARA TUBERCULOSA*), CASCO DE BURRO (*A. GRANDIS*) Y PUNCHE (*U. OCCIDENTALIS*) EN LAS BAHÍA DE LA UNIÓN Y BAHÍA DE CHISMUYO EN EL GOLFO DE FONSECA.

## X. INTRODUCCIÓN

La importancia de la biodiversidad en los ecosistemas marinos radica en las diferentes funciones ecológicas y servicios ecosistémicos que cumplen las especies y su utilidad que contribuye al bienestar de los seres humanos, la situación del uso excesivo para obtener estos bienes que generalmente causados por el incremento de las actividades antropogénicas está provocando la pérdida excesiva de los hábitats esenciales de muchas especies, cuya consecuencia se deriva en la pérdida de las poblaciones, especies y grupos funcionales (Worm et al. 2006); y la inminente disminución de los medios de vida de las personas que viven y hacen uso de estos recursos. La pérdida de la biodiversidad va en incremento sobre todo en países poco desarrollados que no han adoptado ni priorizado dentro de sus políticas públicas la necesidad de usar los recursos naturales con un enfoque ecosistémico, siendo este una visión alternativa para mejorar la calidad de vida de las comunidades que hacen uso de los bienes y servicios que la biodiversidad brinda. Todas las iniciativas de conservación, regulación, aprovechamiento y uso sostenible de sus recursos naturales, dependerá en gran parte de la voluntad de los políticos y de la cooperación internacional que apoya estas iniciativas.

En ese sentido como parte del proyecto Mejoramiento de Cuencas Costeras y Medios de Vida, financiado por USAID ejecutado por la UICN se presentan los resultados del monitoreo biológico del curil (*Anadara tuberculosa*), casco de burro (*A. grandis*) y punche (*U. occidentalis*), especies con importancia comercial y medios de vida de los pobladores de la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo en el Golfo de Fonseca. Además se expone el estudio de estructura y composición del bosque de manglar de la Bahía de La Unión; estos trabajos aportan insumos biológicos, ecológicos y pesqueros sobre la situación de estas poblaciones.

En el presente documento se da a conocer la distribución, abundancia, densidad y captura espacio temporal del curil (*A. tuberculosa*), casco de burro (*A. grandis*) y punche (*U. occidentalis*), además de la estructura y composición del bosque de manglar de la Bahía de La Unión. Bajo este contexto se logró identificar que en las dos bahías no existe regulación para la captura de las

tres (3) especies en cuanto a los tamaños de extracción, o por lo menos un sistema de control y monitoreo eficiente que permita conocer los volúmenes de captura, tallas mínimas de extracción, precios de venta entre otros componentes importantes para la gestión adecuada de este recurso. Se logró identificar los sitios más importantes en densidad y captura de las tres (3) especies, siendo para la Bahía de La Unión las estaciones de El Rico, Punta de Pecho, Ramadita Santa Cruz; para la Bahía de Chismuyo se identificaron las zonas de Chocolate, Los Duros, Los Gallos y Jiotón Grande, en estos sitios se incluyen como áreas de importancia para el recurso el bosque de manglar y los playones adyacentes.

Es prioritario dar seguimiento al monitoreo de estas especies sobre todo porque se evidencia una disminución de sus poblaciones debido a problemas de sobre pesca, falta regulación y ordenamiento pesquero, poca o nula información científica que ayude a construir herramientas de manejo y evaluar el estado de las poblaciones sometidas a extracción. Estas medidas deben complementarse con actividades económicas alternativas a la pesca y contar con el acompañamiento de las comunidades locales de las dos.

## **XI. OBJETIVOS**

### **11.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la distribución, abundancia y pesca del curil (*Anadara tuberculosa*), casco de burro (*Anadara grandis*) y punche (*Ucides occidentalis*) en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo en el Golfo de Fonseca.

Analizar la estructura y composición de la vegetación de manglar de la Bahía de La Unión en El Salvador.

### **11.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Conocer la distribución y abundancia del curil (*Anadara tuberculosa*), casco de burro (*Anadara grandis*) y punche (*Ucides occidentalis*) en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo.
- b. Determinar las densidad y captura mensual y temporal del curil (*Anadara tuberculosa*), casco de burro (*Anadara grandis*) y punche (*Ucides occidentalis*) en la Bahía de La Unión y la Bahía de Chismuyo.
- c. Identificar la riqueza de especies de manglar dominantes en la Bahía de la Unión.
- d. Conocer la estructura y composición de la vegetación de manglar de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, El Salvador.
- e. Determinar el potencial de regeneración natural del manglar de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, El Salvador.

## XII. RESULTADOS

### 12.1 BAHÍA DE LA UNIÓN, EL SALVADOR

#### 12.1.1. Riqueza de especies del bosque de manglar

De los doce (12) sitios muestreados (bosque de mangle), se registraron 2,310 individuos distribuidos en cinco (5) especies, la especie registrada con mayor número de individuos fue: “mangle rojo” *Rhizophora mangle* con un total de 1,150 individuos, seguido de las especies “madre sal” *Avicennia germinans*, “botoncillo” *Conocarpus erectus*, “mangle blanco” *Rhizophora racemosa* y “sincahuite” *Laguncularia racemosa* con 669, 349, 136 y 6 individuos respectivamente (Tabla 51). El manglar de la Bahía de La Unión es uno de los bosques más representativos y diversos en El Salvador (OEA 1974, MARN 2010 y MARN 2011). Según Chicas et al. (2008) la vegetación del bosque está compuesta por las mismas especies reportadas en el presente estudio con excepción de *A. bicolor* que no fue reportada para este estudio; por su parte Ramírez y Segovia (2003) registraron *A. bicolor* y establecieron que es una de las especies con menor dominancia; situación que debe verificarse ampliando el estudio a otros sitios de muestreo, por ser una especie que está sujeta a deforestación para los fines comerciales y de subsistencia.

Tabla 51. Riqueza y abundancia de especie en las estaciones de muestreo de la Bahía de La Unión, El Salvador. Febrero -marzo de 2018.

Sitios	<i>Avicennia germinans</i>	<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Rhizophora racemosa</i>	Total
Bahía El Rico	16	30		208		254
Bocana San Juan	51	3		47	25	126
El Chapernal	4	14		105		123
El Mora	114	1		16	20	151
El Rico-Isla perico	90	5		15	9	119
El Tamarindo	7	7		143		158
Entre Isla perico y Periquito	87	29		132	38	286
La Batea	4	29		186		219
La Borda	155	157	6	18		335
Punta Pecho	2	45		64	18	129
Robalito	110	10		71		191
Santa Cruz	29	19		145	26	219
Total general	669	349	6	1150	136	2,310

Con respecto a la fenología, el 13.6% de los ejemplares analizados se encontraron con flores como es el caso de *R. mangle* y *A. germinans* que registraron una alta abundancia de ejemplares floreando, el 1.21% registró la

presencia de frutos como fue el caso de *R. mangle* quien mostró la mayor abundancia de individuos con fruto (Tabla 2); con respecto a la calidad del fuste, el 84.5% de los árboles se encontraron sanos y el 13.8% enfermos como *R. mangle* y *A. germinans*, por último el 1.6% mostraron daños mecánicos en su estructura siendo las más afectadas *A. germinans* y *R. mangle* (Tabla 52). Según Blasco (1984), la floración del manglar se da durante todo el año, pero en bajos porcentajes, aunque existe un incremento significativo de la floración en el período de transición de época seca a de lluvia, esto depende de la zona; el bajo porcentaje de árboles floreciendo (13.64%) durante el estudio está condicionado por el periodo de floración del manglar y el grado de desarrollo de los ejemplares.

Tabla 52. Fenología y calidad del fuste del bosque manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador. Febrero-marzo de 2018.

Nombre común	Especie	Flor	Fruto	Calidad del fuste		
				Sano	Enfermo	Daño mecánico
madre sal	<i>Avicennia germinans</i>	84	1	537	111	21
botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	16		321	27	1
sincahuite	<i>Laguncularia racemosa</i>			6		
mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	183	24	976	161	13
mangle blanco	<i>Rhizophora racemosa</i>	32	3	113	20	3
	Total	315	28	1953	319	38
	Total (%)	13.64	1.21	84.54	13.81	1.65

Con relación a la estructura horizontal, el mangle rojo es la especie más importante del bosque por presentar alta abundancia y frecuencia, y baja dominancia con un Índice de Valor de Importancia (IVI) de 36.4%, por su parte, los ejemplares de madre sal se ubican como la segunda especie más importante con un IVI= 34.0%; estas dos especies representan una alta importancia ecológica para el bosque de la bahía (Tabla 53). Estos valores difieren con los registros presentados por Ramírez y Segovia (2003) quienes registraron a madre sal y mangle blanco como las especies de mayor valor de importancia, similar resultado fue registrado por Chicas *et al.* (2008); esta variación puede deberse que en el presente trabajo solo se estudiaron 12 sitios de muestreo un valor muy inferior a lo realizado en los dos estudios anteriores.

Los ejemplares de botoncillo son la tercera especie con mayor importancia del bosque con 17.6%, seguido por el mangle blanco con IVI de 11.1% y sincahuite con IVI de 0.92%, esta última especie fue escasa en todo el muestreo registrándose en un sitio (Tabla 53), situación que está influenciada por la tala de estos árboles debido a la expansión agrícola para el cultivo y que no se cubrieron las zonas cercanas al bosque de transición salado-dulce que son sitios comunes para esta especie.

Los cambios en la cobertura del manglar están influenciados por fenómenos naturales y fenómenos antropogénicos (Benavides 2016), en el presente

estudio se evidencio que el 86.6% de los individuos presentaron un DAP entre 4.7 a 13.6 cm, ubicándolos en la clase diamétricas inferiores (Figura 36); esta situación se debe a que los sitios muestreados presentan alta deforestación y pérdida de ejemplares viejos y desarrollados, ser antiguas salineras donde el bosque se está recuperando; aunado al estrés salino de algunos lugares, la discontinuidad del perfil vertical y balance hídrico que se da desde la cuenca alta hacia el manglar, lo cual hace que el bosque en estas zonas se encuentre en desarrollo y los individuos no hayan alcanzado la etapa de clímax.

Tabla 53. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies del bosque manglar de la Bahía de la Unión. Febrero-marzo de 2018.

Nombre común	Especie	Aa.	Fa.	Da.	Ar.	Fr.	Dr.	IVI	IVI (%)
mangle rojo	<i>R. mangle</i>	1,150	12	3.8	49.8	27.9	31.5	109.2	36.4
madre sal	<i>A. germinans</i>	669	12	5.5	28.9	27.9	45.1	102.0	34.0
botoncillo	<i>C. erectus</i>	349	12	1.2	15.1	27.9	9.8	52.8	17.6
mangle blanco	<i>R. racemosa</i>	136	6	1.6	5.9	13.9	13.4	33.2	11.1
sincahuite	<i>L. racemosa</i>	6	1	0.02	0.3	2.3	0.2	2.8	0.92
	Total	2,310	43	12.1	100	100	100	300	100.00

Aa: abundancia absoluta, Fa: Frecuencia absoluta, Da: Dominancia absoluta, Ar: Abundancia relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia.

Las clases diamétricas muestran que el 86.6% de los individuos presentaron un DAP entre 4.7 a 13.6 cm, siendo el mangle rojo la especie con mayor abundancia de ejemplares en esta clase, en menor porcentaje se encontraron madre sal, botoncillo, mangle blanco y sincahuite (Figura 38). En la clase diamétrica de DAP de 13.7 a 22.6 cm la abundancia de individuos baja drásticamente a un 8.2%, siendo madre sal y mangle rojo las especies que más aportan en esta clase, y en menor se encuentran botoncillo y mangle blanco; los ejemplares de sincahuite no se encontraron a mayores dimensiones que las reportadas en la primera clase diamétrica (Figura 38).

La estructura del manglar registra una tendencia de J invertida donde la mayor abundancia de individuos se registró en las primeras clases diamétricas, a medida que aumentan las clases disminuye la abundancia de los especímenes del bosque (Figura 38).

En las clases diamétricas se obtuvo similar resultado a los registros por Alfaro *et al.* (2015). Pero ellos exponen que el tamaño del área basal y altura promedio aluden a una composición vegetal adulta, sin embargo, al analizar en conjunto su base, queda en evidencia que la distribución de las clases obedece a las dimensiones de una comunidad de manglar en desarrollo, dado que las composiciones de comunidades vegetales adultas adquieren una connotación distinta (Smith y Smith 2001).

En cuanto a las clases diamétricas empleadas para el análisis de la estructura del manglar se reportan igual número de clases que las reportadas por Chicas *et al.* (2008), pero la amplitud y límites de cada clase diamétrica difieren con las

empleadas en este estudio, sin embargo, existe similitud en la estructura y resultados obtenidos.

Con relación a la estructura vertical del bosque de manglar, las clases de altura muestran que el 76.1% de los individuos se encuentran entre 1.2 a 8.7 m de altura, siendo el mangle rojo quien presentó la de mayor frecuencia para esta clase, seguida por madre sal, botoncillo, mangle blanco y sincahuite (Figura 38). En la clase 8.8 a 16.5 m la abundancia baja considerablemente al 19.3%, dónde el mangle rojo y madre sal son las especies que más aportan individuos, en menor porcentaje se encuentran botoncillo mangle blanco; para el caso de sincahuite no se encontraron ejemplares con dimensiones superiores a 8.7 cm (Figura 31).

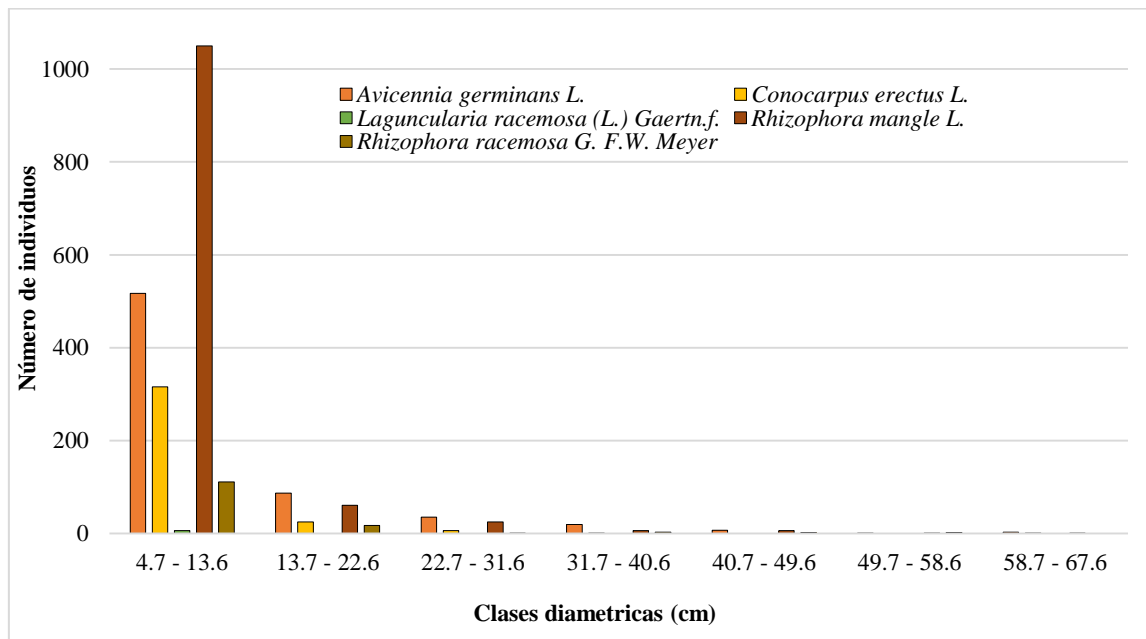


Figura 31. Distribución y abundancia de individuos por clase diamétrica (m) de las especies del bosque manglar en la Bahía de la Unión, El Salvador. Febrero-marzo de 2018.

Existe una preferencia a la baja de la abundancia de ejemplares con clases de altura alta conformando tendencia en forma una J invertida, en donde la mayor abundancia de individuos se registró en las clases de altura inferiores y baja abundancia de especímenes grandes, no se registraron individuos en la clase de altura de 40 a 47.7 m (Figura 32).



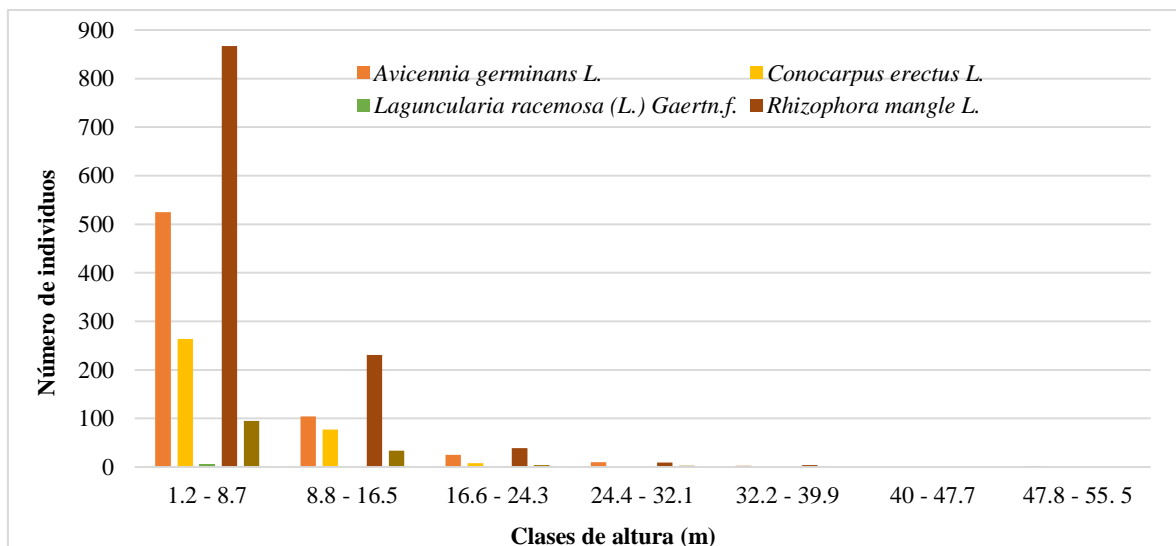


Figura 32. Distribución y abundancia de individuos por clase de altura (m) de las especies del bosque de manglar en la Bahía de la Unión, El Salvador. Febrero-marzo de 2018.

De las estaciones de muestreo, un aproximado de 5,643 individuos constituyen el potencial de regeneración natural, las estaciones de El Chapernal, Santa Cruz, El Mora y La Borda son las que presentan mayor potencial de regeneración con 836, 783, 677 y 579 ejemplares respectivamente (Tabla 54); para el caso de Isla Perico y Periquito, Bahía El Rico, El Rico-Isla Perico, Bocana de San Juan, El Robalito y El Tamarindo representan un rango de regeneración entre 512 y 336 individuos por sitio, las estaciones que presentaron menor regeneración fueron Punta de Pecho y La Batea con 188 y 124 individuos respectivamente (Tabla 54). Estos resultados reflejan que Bahía de La Unión presenta un potencial de regeneración natural considerable (Tabla 54 y Figura 39), sin embargo, la regeneración en este sitio en múltiples ocasiones se ve interrumpida por actividades antropogénicas ya ambiental.

Tabla 54. Estaciones de muestreo y abundancia de individuos registrados por parcela en el bosque de manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador. Febrero-marzo de 2018.

Estaciones	Parcelas			Total general
	1	2	3	
Bahía El Rico		257	164	421
Bocana de San Juan	82	142	170	394
El Chapernal		295	541	836
El Mora	128	549		677
El Rico-Isla Perico		201	201	402
El Tamarindo	72	67	197	336
Entre Isla perico y Periquito	23	246	243	512
La Batea	17	103	4	124
La Borda	84	295	200	579
Punta Pecho		116	72	188
Robalito	54	98	239	391
Santa Cruz	33	120	630	783

Total general	493	2,489	2,661	5,643
---------------	-----	-------	-------	-------

El análisis por estación de muestreo evidencia que el potencial de regeneración en la parcela 1 es menor que las parcelas 2 y 3, mostrando un incremento considerable a medida se aleja del cuerpo de agua mostrando un alto potencial de regeneración (Figura 33), lo cual verifica que la composición y estructura de las especies bosque de manglar obedece a patrones de gradientes salinos e hídricos.

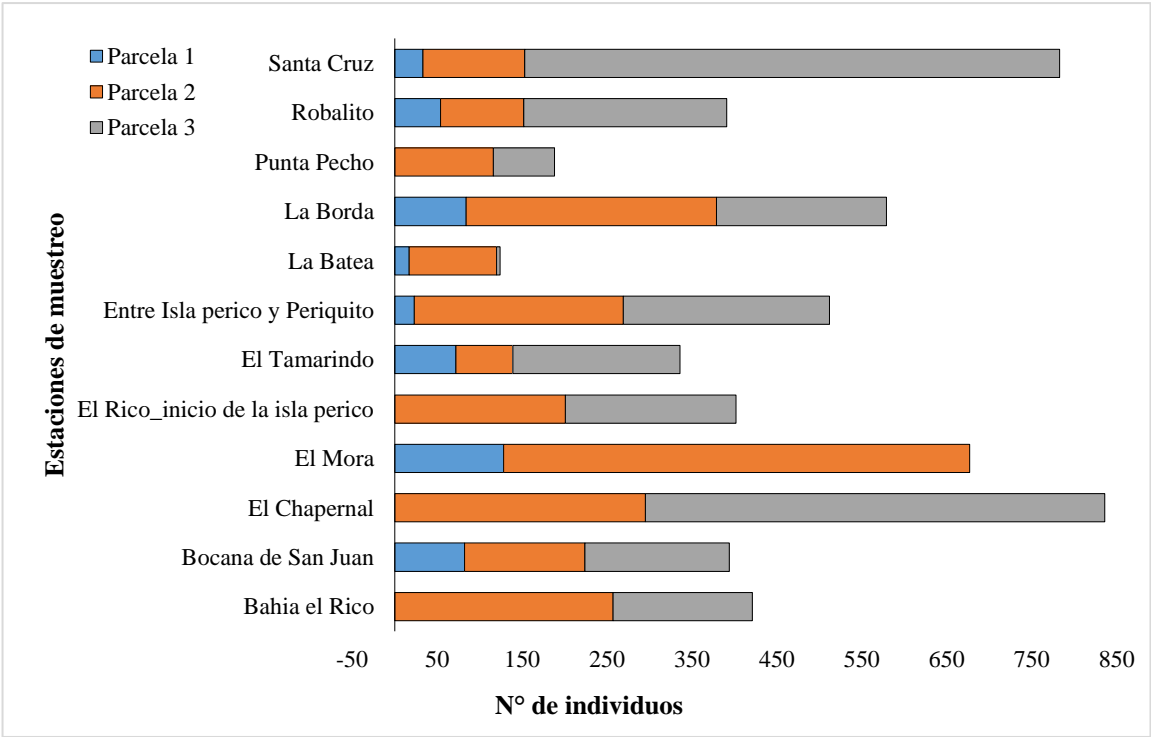


Figura 33. Estaciones de muestreo y parcelas con regeneración de manglar en el bosque de manglar de la Bahía La Unión, El Salvador. Febrero-marzo de 2018.

12.1.2. Distribución y abundancia del curil (*A. tuberculosa*)

La estructura de talla del curil *A. tuberculosa* en sus tres (3) variables morfométricas mostraron diferentes dimensiones promedio, el rango de talla de la altura de la concha presentó una forma de campana con una amplitud de 1.5 a 6.0 cm, encontrando la mayor abundancia de individuos entre 2.6 y 4.0 cm, las tallas más pequeñas y grandes se encontraron en menor abundancia (Figura 34a), para el caso de la longitud de la concha, el rango de talla se encontró entre 2.0 y 7.5 cm registrando mayor abundancia de ejemplares entre 3.1 y 5.0 cm (Figura 34b), por último, los valores de anchura se registraron en un rango de 1.0 a 5.0 cm, las tallas más abundantes se registraron entre 1.6 y 3.0 cm (Figura 34c). La longitud máxima reportada en el presente estudio fue de 7.5 siendo 8.0 cm la longitud máxima reportada para esta especie, es común encontrarla a los 6.0 cm (Poutiers 1995).

Los valores promedio y máximos del largo de concha reflejan variaciones en cuanto a los sitios de muestreo, en las estaciones de El Rico, Los Ángeles y El

Salón se presentaron los valores más importantes de largo promedio en un rango de 4.2 a 4.7 cm (Figura 34d); y los valores más importantes de largo máximo se encontraron en El Rico, Estero San Juan, Frente a Periquito y Punta de Pecho entre 5.7 a 7.1 cm (Figura 34d).

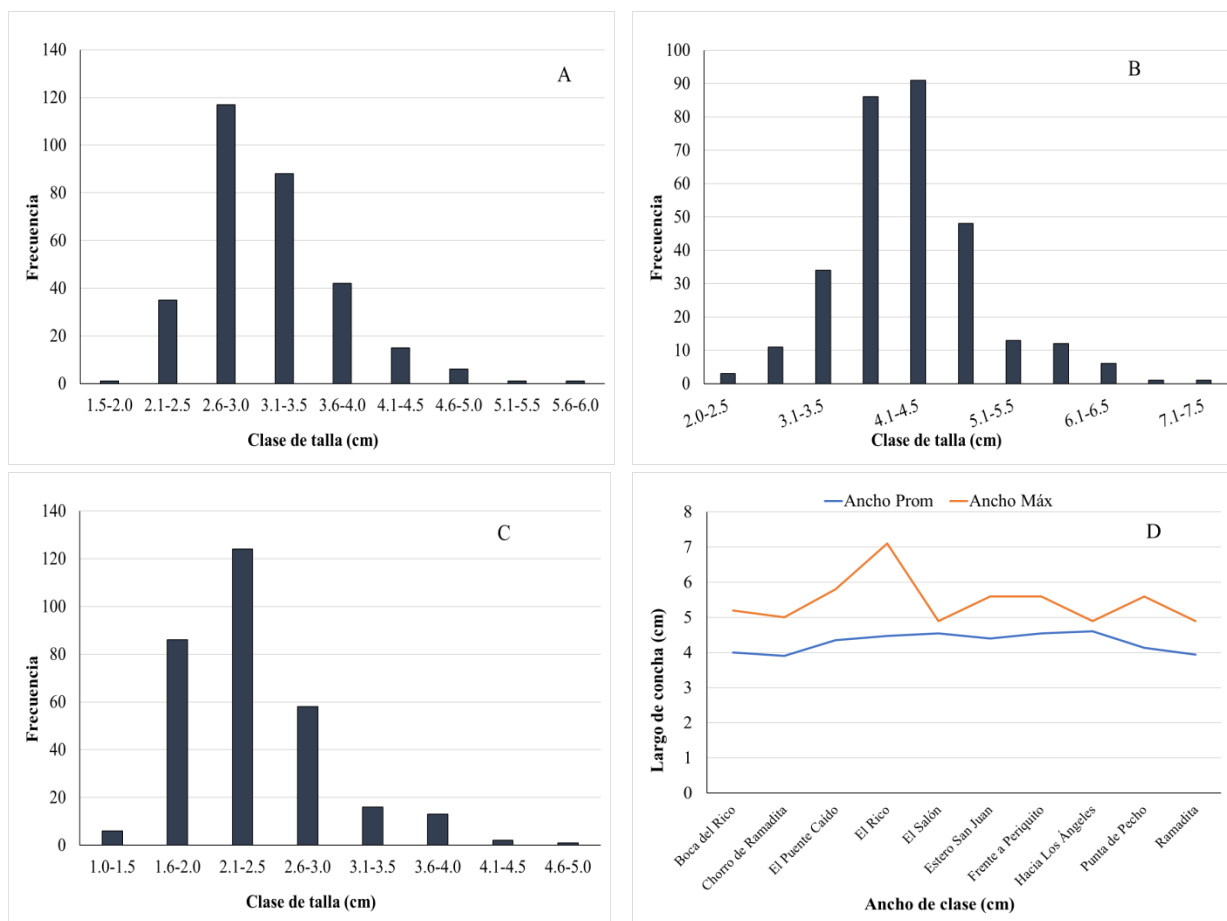


Figura 34. Estructura de talla de las dimensiones morfométricas del curil (*A. tuberculosa*), A: Alto, B: Longitud, C: Ancho y D: Longitud promedio y máximo, colectadas en la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, El Salvador.

Los individuos más abundantes para la Bahía de La Unión se encontraron entre 4.1 a 5.0 cm, las cuales son similares a las tallas reportadas para la Bahía de Jiquilisco 4.37 a 4.98 cm (Flores et al. 2011) y lo registrado en Golfo Dulce, Costa Rica con longitudes de 3.93 a 4.65 (Silva y Bonilla 2001). Se ha identificado para la Bahía de La Unión, una alta extracción de individuos de longitudes menores a 4.5 cm, lo cual puede indicarnos que se están capturando organismos que aún no se han reproducido, según lo reporta en los Manglares de Tumbes, Perú y las principales áreas de extracción de curiles de la costa de Ecuador (Mora y Moreno 2007, Azabache 2016). Sin embargo, aunque este dato es un parámetro de comparación, es importante verificar este dato para la Bahía de La Unión, a fin de contar con información más precisa sobre la longitud a la primera madurez sexual y de extracción para esta especie.

### 12.1.3. Densidad del curil (*A. tuberculosa*)

Con respecto a la densidad de organismos por área muestreada en las estaciones mostraron los valores más altos en El Rico con 0.24 indiv/m<sup>2</sup>, seguidos por las estaciones de Frente a Periquito y Punta de Pecho con 0.17 indiv/m<sup>2</sup> respectivamente, los sitios con bajos valores fueron Puente Caído y El Salón con 0.04 y 0.01 indiv/m<sup>2</sup> (Figura 35). Estos valores resultan similares a lo reportado en la Bahía de Jiquilisco, en donde las densidades más altas fueron de 0.18 a 0.17 indiv/m<sup>2</sup> en El Jobal y Puerto Ramírez y los valores más bajos fueron de 0.06 Indiv/m<sup>2</sup> en la parte más interna del manglar de la zona de El Jobal (Flores et al. 2011).

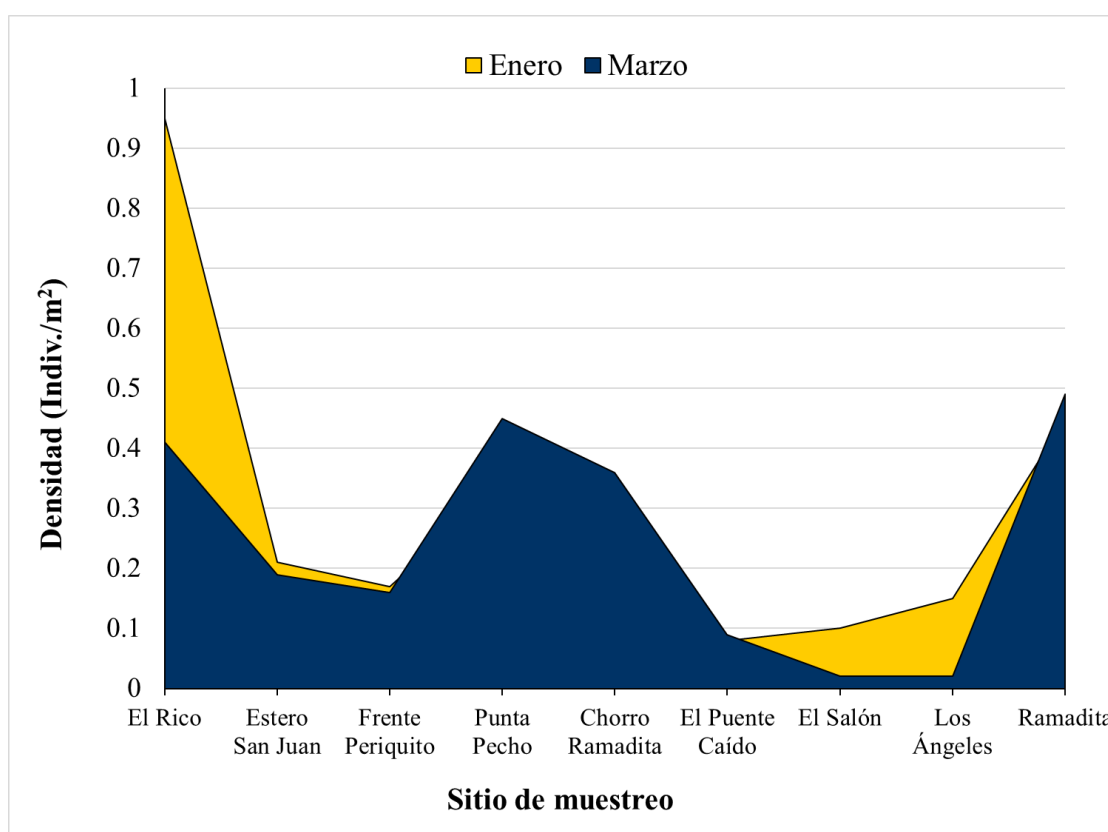


Figura 35. Registro de la Densidad mensual de individuos por unidad de área (indiv/m<sup>2</sup>) del curil (*A. tuberculosa*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, Golfo de Fonseca, El Salvador.

Las densidades reportadas para ecosistemas estuarios de otros países son mucho mayores que las reportadas para la Bahía de La Unión, como es el caso de los manglares de la costa de Ecuador donde se reporta una densidad promedio entre 0.5 a 3.5 indiv/m<sup>2</sup> (Mora y Moreno 2007) y el manglar de Purruja, Pacífico de Costa Rica con densidades de 0.8 a 1.2 indiv/m<sup>2</sup> (Silva y Bonilla 2001).

Si bien estas diferencias en las densidades con respecto a las reportadas en el presente estudio son muy contrastantes, a pesar que los sitios mencionados son libres para la extracción de curiles, la Bahía de La Unión es muy peculiar por ser un ecosistema de pequeña extensión con altos valores de contaminación de agua y procesos de sedimentación, un considerable número

pescadores que se dedican a la extracción de curiles por la alta demanda en el mercado nacional y la poca vigilancia de parte de las autoridades pesqueras para regular la extracción de este recurso; situación que impacta negativamente en la disminución de la población de curiles.

#### 12.1.4. Captura por Unidad de Esfuerzo del curil (*A. tuberculosa*)

La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en las estaciones de muestreo registró variaciones en los datos de captura, la estación de El Rico presentó mayores capturas con valores de 560 Indiv/hr en enero y 230 Indiv/hr en marzo, otras estaciones que presentaron importantes capturas y constantes con respecto a los meses de muestreo fueron Ramadita con 280 y 300 Indiv/hr en enero y marzo respectivamente, seguidas por Punta de Pecho con 200 y 270 Indiv/hr en los mismos meses y Chorro Ramadita con 190 a 210 Indiv/hr en enero y marzo (Figura 36); siendo estas tres (3) estaciones las más importantes para la captura de curiles.

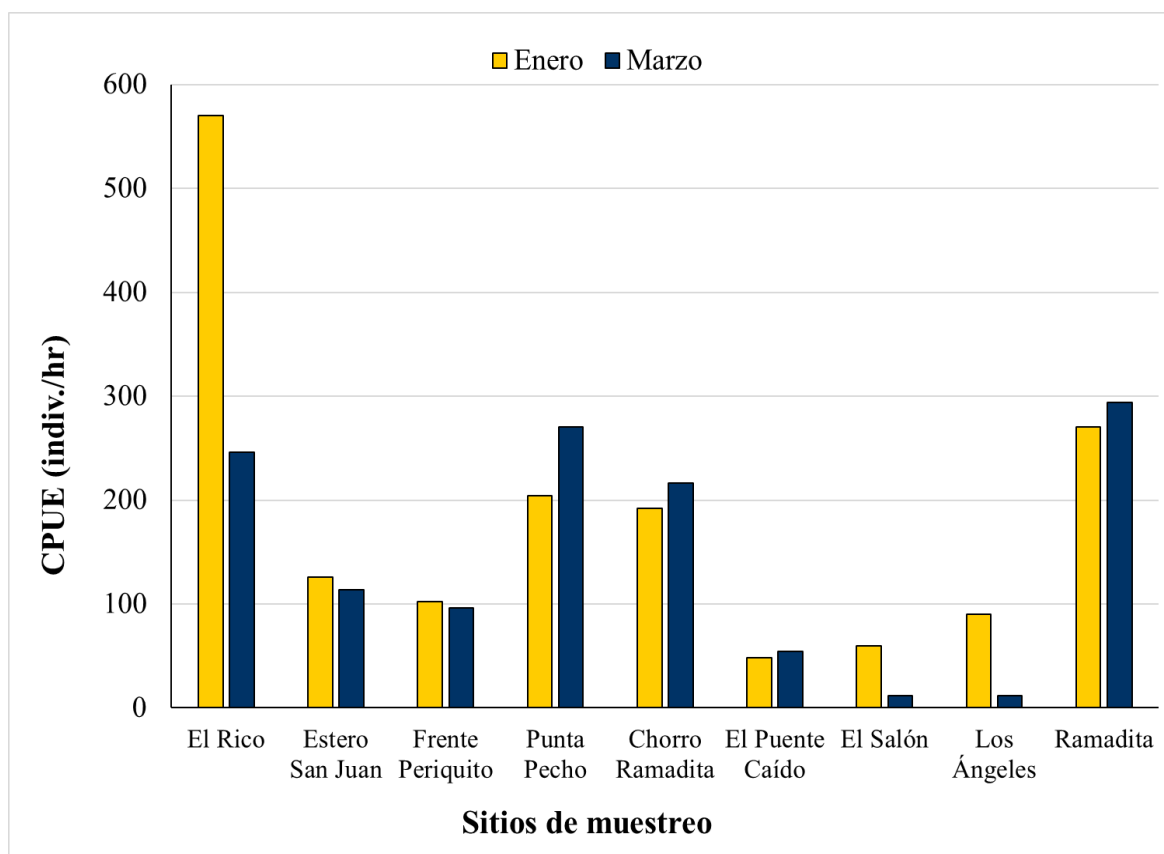


Figura 36. Registro de la Captura por Unidad de Esfuerzo (indiv/hr) del curil (*A. tuberculosa*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, Golfo de Fonseca, El Salvador.

El resto de las estaciones mostraron bajos valores de captura como El Puente Caído, El Salón y Los Ángeles con valores entre 10 a 90 Indiv/hr para los dos meses (Figura 6). La CPUE registrada en algunas estaciones de la Bahía de La Unión se encuentra dentro de los rangos de captura registrados para nueve sitios de la Bahía de Jiquilisco donde se reportan entre 7.8 a 110 indiv/hr (AM/ERD 2007), es evidente que las estaciones de El Rico, Ramadita, Punta Pecho y Chorros Ramadita son los sitios más importantes para la captura de

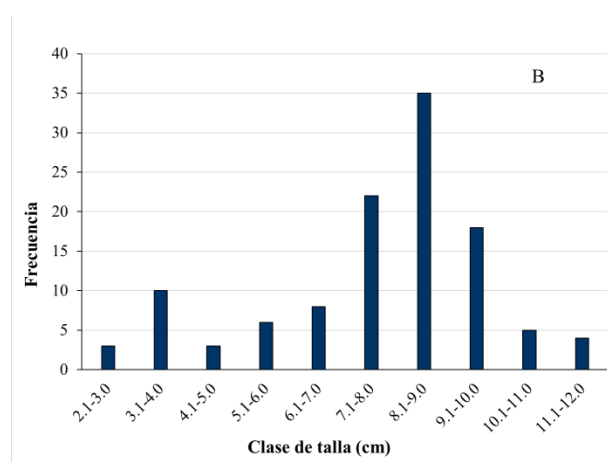
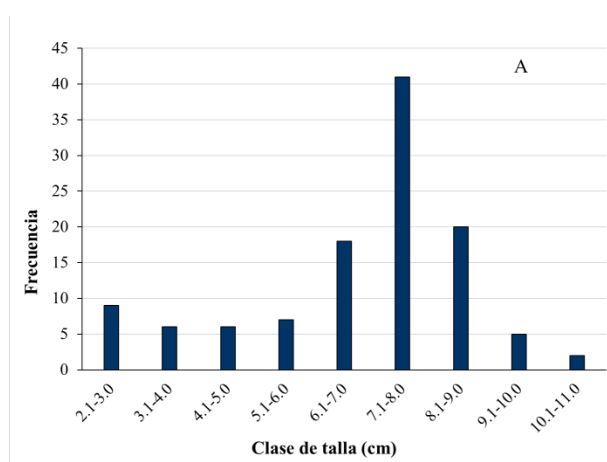
curiles, los cuales se encuentran en las áreas mejor conservadas de bosques de manglar.

### 12.1.5. Distribución y abundancia del casco de burro (*A. grandis*)

La estructura de talla del casco de burro *A. grandis* en sus tres (3) variables morfométricas mostraron diferentes dimensiones promedio, el rango de talla de la altura de la concha presentó una amplitud de 2.1 a 11.0 cm, encontrando los individuos más abundantes a tallas de 6.1 a 9.0 cm (Figura 37a), lo que indica que este rango de talla es el más capturado. Para el caso de la longitud de la concha, el rango de talla se encontró entre 2.1 a 12.0, los individuos más abundantes se encontraron entre 7.1 y 10.0 (Figura 37b), aquellos ejemplares con longitudes por debajo y arriba de este rango se presentaron en menor abundancia. Por su parte, los valores de anchura se registraron en un rango de 1.1 a 10.0 cm, los valores más abundantes se registraron entre 5.1 a 8.0 cm (Figura 37c). La longitud máxima reportada para el presente estudio fue de 12.0 cm, cuando la longitud máxima reportada para esta especie es de 14.5 cm, siendo común encontrarla a los 12.0 cm (Poutiers 1995).

Los valores promedio y máximos de largo de concha reflejan variaciones en cuanto a los sitios de muestreo, las estaciones de El Rico, Santa Cruz, Punta Pecho 1 y 2 presentaron los valores más importantes de largo máximo en un rango de 10.0 a 11.6 cm (Figura 37d); y los valores más importantes de largo promedio se encontraron en Estero San Juan, El Rico, Santa Cruz y Punta Pecho 2 con valores de 7.7 a 9.6 cm (Figura 37d); estos valores son más altos que los registrados en el Estero Ayalán, Ecuador con registros de 4.6 a 5.5 cm (Bohórquez 2015).

Estas últimas estaciones registraron altas capturas de individuos de 7.1 a 10.0 cm de largo de concha (Figura 44b), lo cual indica una extracción de ejemplares grandes, situación que debe ser evaluada con mayor detenimiento, pues esta acción puede provocar la disminución de reproductores potenciales. La zona de influencia de estos sitios se caracteriza por presentar un ecosistema de manglar desarrollado y mejor conservado que otras zonas de la bahía, fue evidente la alta extracción de casco de burro por parte de los pescadores locales.





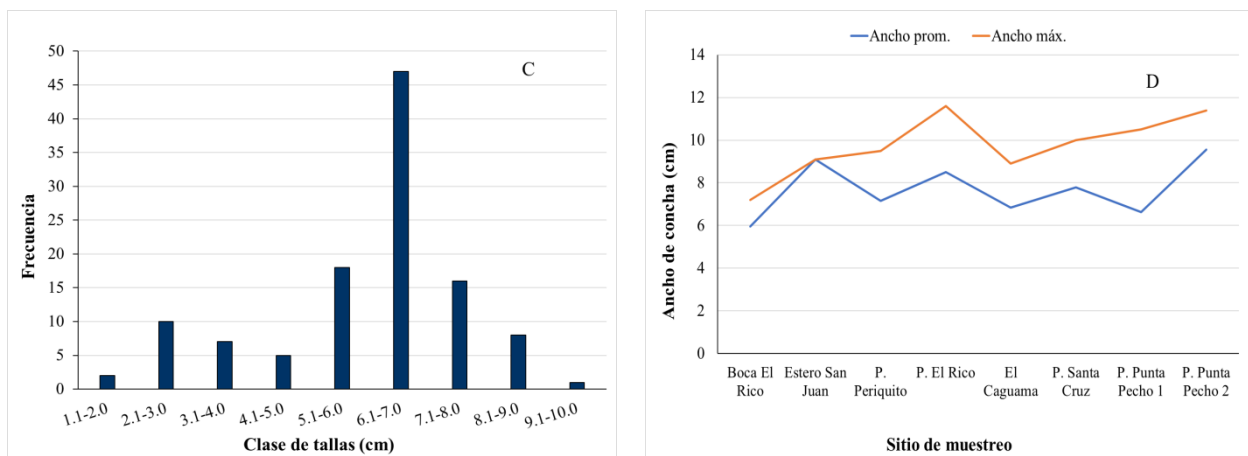


Figura 37. Estructura de talla de las dimensiones morfométricas del casco de burro (*A. grandis*), A: Alto, B: Longitud, C: Ancho y D: Longitud promedio y máximo, colectadas en la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, El Salvador.

### 12.1.6. Densidad de casco de burro (*A. grandis*)

El registro de la densidad de individuos de casco de burro fue muy bajo, los valores más importantes se registraron en el Playón 2 con 0.072 indiv/m<sup>2</sup> y el Playón 4 con 0.034 indiv/m<sup>2</sup>, el resto de estaciones mostraron valores inferiores (Figura 38). Estos resultados son bajos si se considera la alta extracción que se da en la zona, fue evidente que los pescadores locales dedican un mayor esfuerzo para coleccionar suficientes individuos para el trabajo del día; el poco recurso disponible ha obligado que muchos de ellos faenen en otros sitios de la bahía incluso se trasladen a Honduras para realizar sus actividades de pesca.

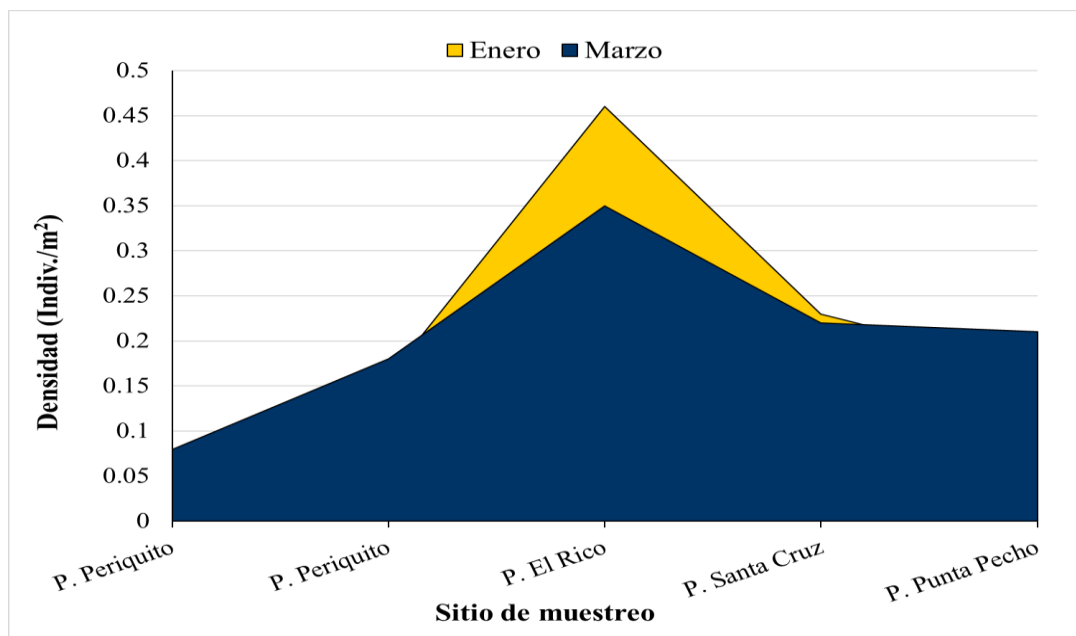


Figura 38. Densidad mensual de individuos por unidad de área (indiv/m<sup>2</sup>) del casco de burro (*A. grandis*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, Golfo de Fonseca, El Salvador.

### 12.1.7. Captura por Unidad de Esfuerzo de casco de burro (*A. grandis*)

La Captura por Unidad de Esfuerzo promedio por persona durante el día de acuerdo a los sitios de muestreo, registró los valores más altos en el Playón 2, Playón 4 y Playón 1 con 68, 45 y 32 indiv/hr respectivamente (Figura 39), el resto de las estaciones registraron bajos valores de CPUE como fue el caso del Estero San Juan y Periquito con 5 y 10 indiv/hr. Los bajos valores registrados en la mayoría de las estaciones de muestreo evidencian la disminución del recurso debido a la sobreexplotación del mismo. La evidente falta de control y ordenamiento pesquero en la zona contribuye a la disminución de la población de esta especie, a tal grado que esta actividad está resultando cada vez más insostenible; los pescadores de casco de burro buscan nuevos sitios de extracción, muchos de ellos se desplazan a la Bahía de Chismuyo en Honduras para realizar sus labores de pesca.

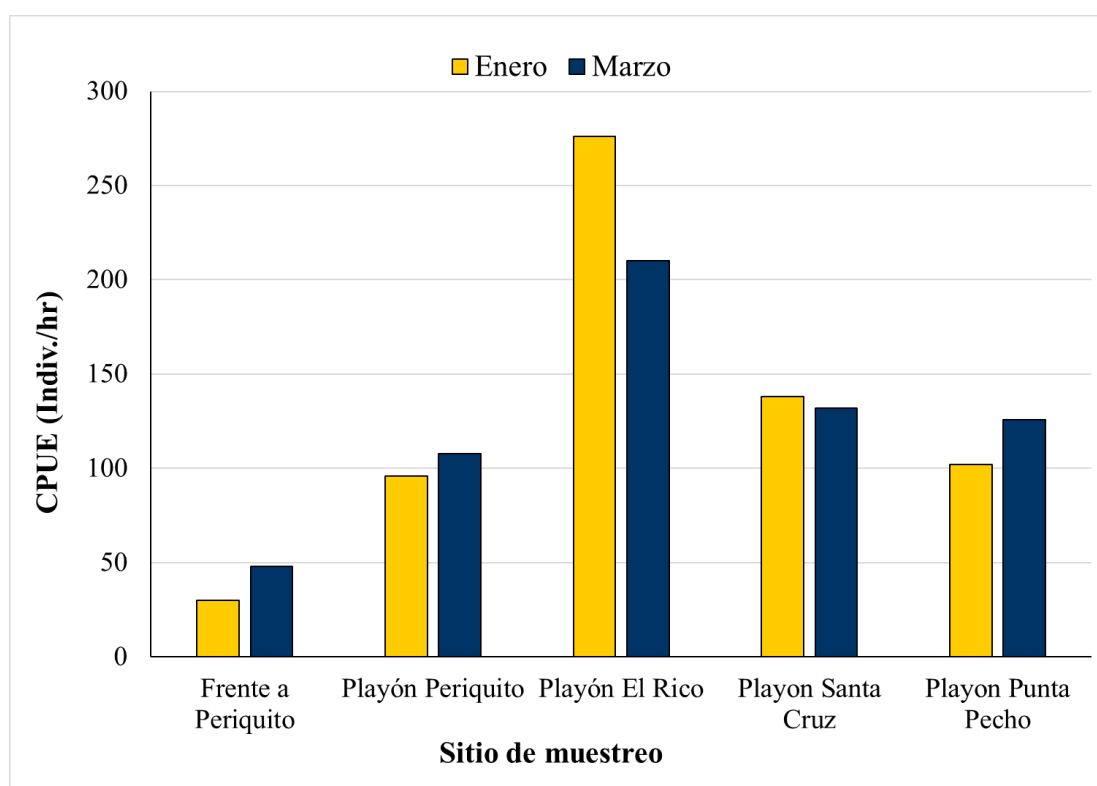


Figura 39. Registro de la Captura por Unidad de Esfuerzo (indiv/hr) del casco de burro (*A. grandis*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, Golfo de Fonseca, El Salvador.

### 12.1.8. Distribución y abundancia del punche (*U. occidentalis*)

Las tres (3) variables morfométricas del cefalotórax de *U. occidentalis* mostraron diferentes dimensiones promedio, el rango de talla de la altura presentó una amplitud de 1.0 a 4.6 cm, encontrando los registros más abundantes entre 2.6 a 4.0 cm (Figura 40a), lo que indica que este rango de talla es el más capturado. Para el caso de la longitud del cefalotórax, el rango de talla se encontró entre 1.0 a 7.2, los registros más abundantes se encontraron entre 3.1 a 4.0 (Figura 40b), los individuos con tamaños pequeños y grandes presentaron menor abundancia (Figura 40c). Por su parte, los

valores de anchura registraron en un rango de 2.5 a 12.0 cm, los valores más abundantes se registraron entre 4.6 a 6.5 cm (Figura 40d), los ejemplares pequeños y grandes registraron bajas abundancias (Figura 40d). El ancho del cefalotórax máximo reportado para el presente estudio fue de 12 cm, este valor superó el registro máximo para esta especie el cual fue es de 8.3 cm para machos y 7.5 cm para hembras (Hendrickx 1995).

Los valores promedio y máximos del ancho de cefalotórax reflejan variaciones en cuanto a los sitios de muestreo, los valores más importantes de ancho promedio y ancho máximo se registraron en El Rico, Punta de Pecho y por Barrancones con 6.1, 6.0 y 5.9 cm (Figura 40d), los valores promedio se encontraron por debajo de los valores máximos, con excepción de la estación Boca El Rico y Cerca del Tapón donde se registraron valores similares (Figura 40d). Estos valores son similares por los datos registrados para otros ecosistemas estuarinos del país como el estero El Tamarindo donde se reportan anchos promedios de 6.6 cm (Rivera 2005) y la Bahía de Jiquilisco con valores entre 5.66 y 7.0 cm (López 1997, Pocasangre y Granados 1997, Carranza y Mejía 2002).

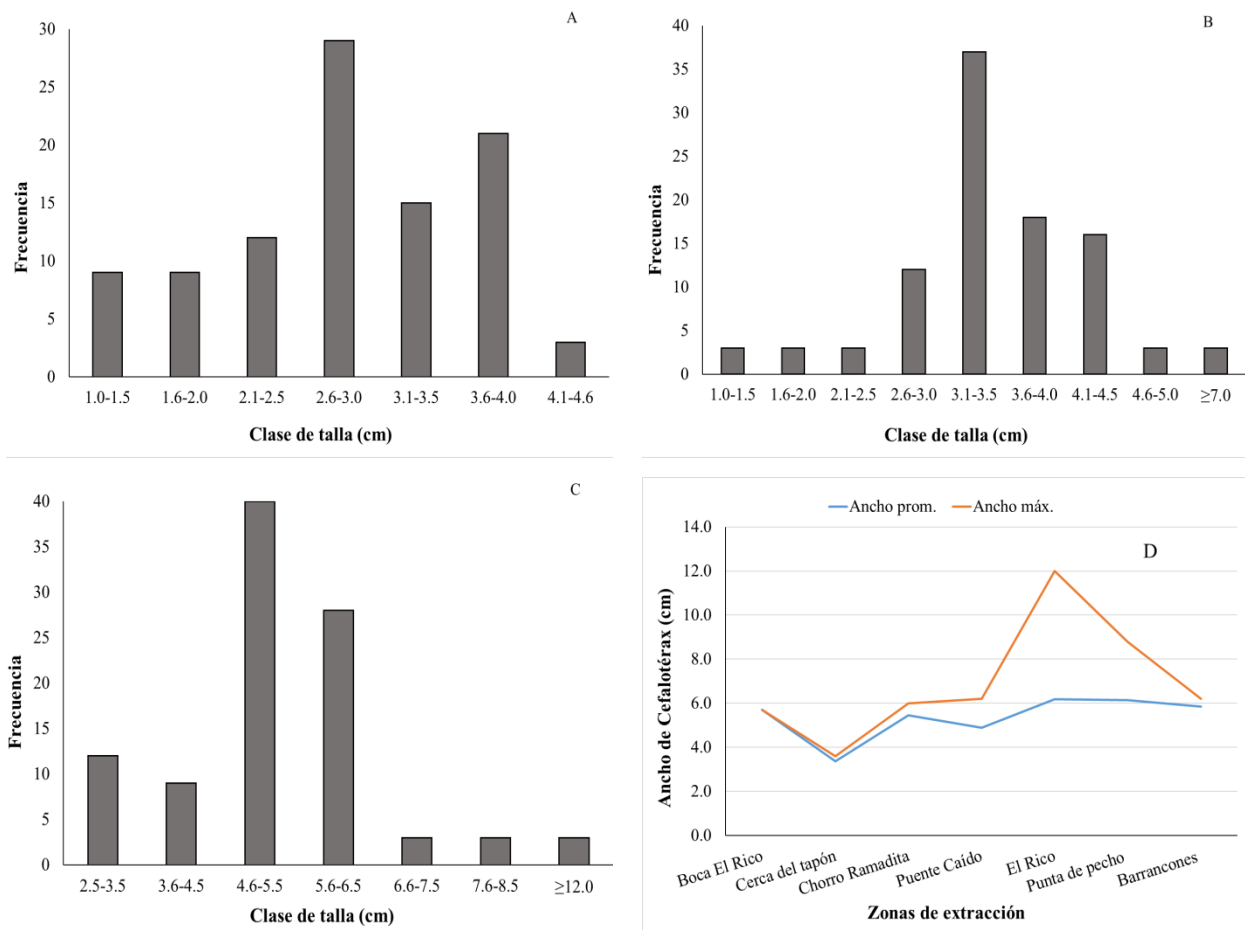


Figura 40. Estructura de talla de las dimensiones morfométricas del punche (*U. occidentalis*), A: Alto, B: Longitud, C: Ancho y D: ancho promedio y máximo, colectadas en la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, El Salvador.

Esta situación evidencia que después de 20 años se siguen capturando ejemplares a estas tallas con fines comerciales, situación que debe revisarse

ya que para la Bahía de Jiquilisco se sugiere recolectar ejemplares mayores a 6.0 cm de ancho de cefalotórax (Rivera 2005), situación que no se evidenció en el presente estudio, ya que el 80% de los individuos capturados corresponden a tallas inferiores.

### 12.1.9. Densidad del punche (*U. occidentalis*)

El registro de la densidad de individuos de punches fue muy bajo, los valores más importantes se registraron la estación El Rico con 2.0 indiv/m<sup>2</sup>, Chorro Ramadita y Puente Caído con 1.0 indiv/m<sup>2</sup>, el resto de estaciones mostraron valores inferiores de hasta 0.2 a 0.4 indiv/m<sup>2</sup> como fueron los casos de Boca El Rico, El Tapón, Frente a Periquito y Punta de Pecho (Figura 41). Estos resultados son bajos a pesar de que se logró cuantificar un número mucho mayor de madrigueras las cuales no se logró extraer individuos; posiblemente porque su profundidad y por ser época de muda lo que hace más difícil la extracción. La densidad promedio por sitio de extracción en la Bahía de Jiquilisco, fue mucho más alta que la registrada en el presente trabajo, con valores entre 2.9 a 5.26 indiv/m<sup>2</sup> (Rivera et al. 2008), situación que puede deberse a una mayor extracción pesquera, degradación de los hábitats esenciales de esta especie y la falta de regulación para el uso del recurso; lo cual es evidente cuando los pescadores locales dedican un mayor esfuerzo para coleccionar suficientes individuos para el trabajo del día.

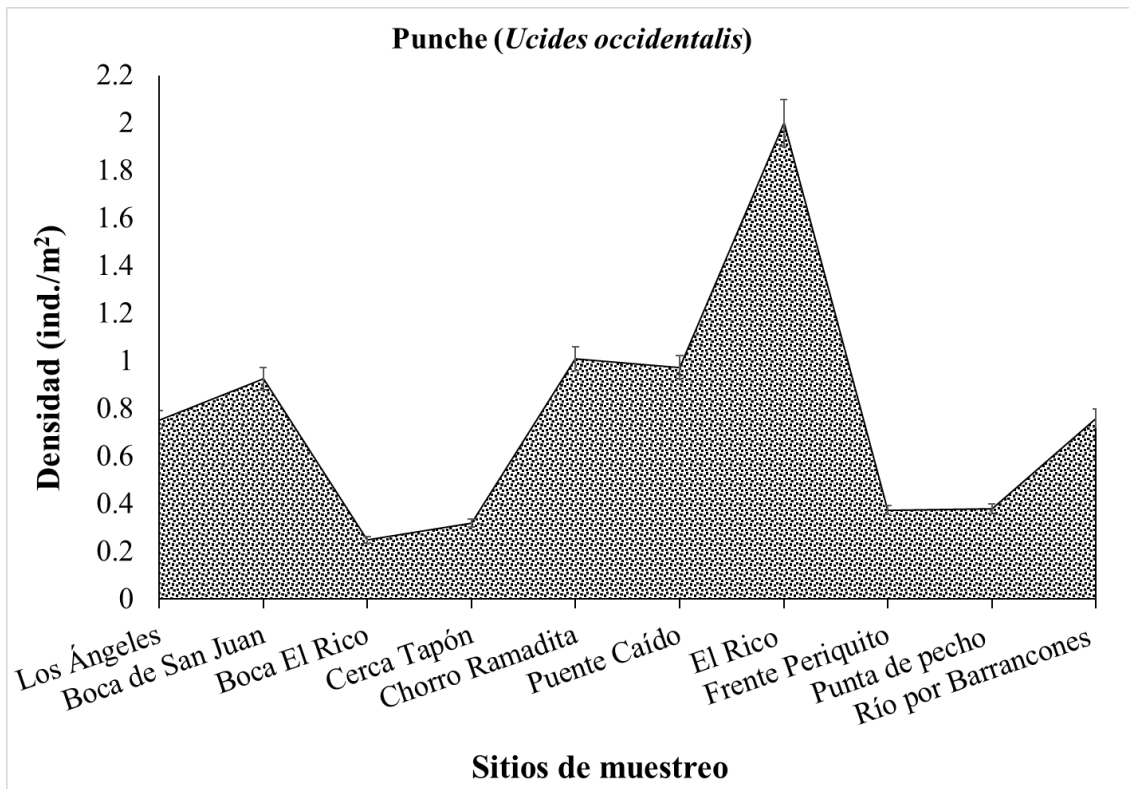


Figura 41. Registro de la Densidad mensual de individuos por unidad de área (indiv/m<sup>2</sup>) del punche (*U. occidentalis*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, Golfo de Fonseca, El Salvador.

### 12.1.10. Captura por Unidad de Esfuerzo del punche (*U. occidentalis*)

La Captura por Unidad de Esfuerzo promedio por persona durante el día, de acuerdo a los sitios de muestreo, registró los valores más altos en las estaciones de El Rico, Chorro Ramadita y Puente Caído con 60, 49 y 44 indiv/hr respectivamente, el resto de las estaciones registraron bajos valores de CPUE las cuales oscilaron entre 11 y 18 indiv/hr (Figura 42).

Estos resultados son similares a lo reportado para la zona Occidental de la Bahía de Jiquilisco, donde se registran capturas promedio de 42 indiv/hr en la época seca (Rivera et al. 2008); en contraste con otros ecosistemas de la región donde se reportan capturas de hasta 72.6 indiv/hr como es el caso de la Isla Juan Venado, Pacífico de Nicaragua (Centeno 2011). Esta situación se debe a factores comunes de los dos ecosistemas salvadoreños como sobreexplotación del recurso, alto número de pescadores, pérdida de hábitats esenciales de la especie, altos grados de contaminación del agua y sedimentos, entre otros factores.

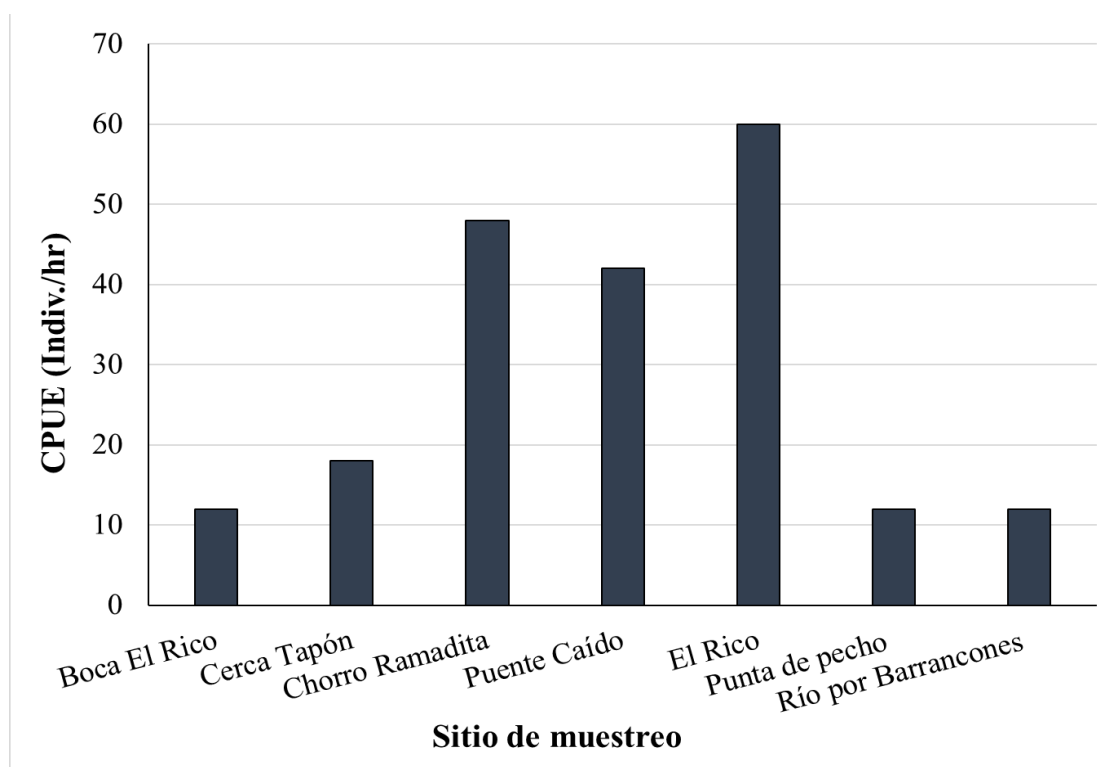


Figura 42. Registro de la Captura por Unidad de Esfuerzo (indiv/hr) del punche (*U. occidentalis*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, Golfo de Fonseca, El Salvador.

## 12.2 BAHÍA DE CHISMUYO, HONDURAS

### 12.2.1. Distribución y abundancia del curil (*A. tuberculosa*)

La estructura de talla del curil *A. tuberculosa* en la Bahía de Chismuyo para el caso de la altura de la concha presentó una forma de campana con un rango de 1.5 a 6.0 cm, encontrando la mayor abundancia de individuos entre 2.6 y 4.0 cm, las tallas más pequeñas y grandes se encontraron en menor abundancia (Figura 43a); esos registros son muy similares a lo reportado en la Bahía de La Unión, para el caso de la longitud de la concha, el rango de talla se encontró entre 2.0 y 6.5 cm registrando mayor abundancia especímenes entre 3.6 y 5.0 cm (Figura 43b), por último, los valores de anchura se registraron en un rango de 1.0 a 4.5 cm, las tallas más abundantes se registraron entre 2.5 y 3.0 cm (Figura 43c); los datos registrados en este ecosistemas son un poco mayor que lo reportado para la Bahía de La Unión. La longitud máxima reportada en el presente estudio fue de 6.5 cm, siendo 8.0 cm la longitud máxima reportada para la especie, sin embargo, es común encontrarla a los 6.0 cm (Poutiers 1995).

Los valores promedio y máximos del largo de concha reflejan variaciones en cuanto a los sitios de muestreo, en las estaciones Chocolate, Jiotillo, Los Negros y Puerto Nuevo se presentaron los valores más importantes de largo promedio en un rango de 4.5 a 4.7 cm; los valores de ancho máximo se encontraron en Jiotón Grande, Los Gallos y Los Negros con valores de 6.0 a 6.5 cm (Figura 43d); los valores promedio de la anchura se encontraron muy por debajo de los valores máximos.

Los individuos más abundantes para la Bahía de Chismuyo fueron de 3.6 a 5.0 cm de longitud, las cuales son similares a las tallas reportadas para la Bahía de Jiquilisco 4.37 a 4.98 cm (Flores et al. 2011) y Golfo Dulce, Costa Rica con longitudes de 3.93 a 4.65 (Silva y Bonilla 2001). La extracción de organismos con tallas superiores a 4.5 cm en esta bahía es relativamente alta, lo cual puede contribuir a que se estén capturando ejemplares que ya alcanzaron su tamaño de extracción, como lo reportan Mora y Moreno (2007) y Azabache (2016) para en los Manglares de Tumbes, Perú y las principales áreas de extracción de curiles de la costa de Ecuador; al igual que la Bahía de La Unión, es importante dirigir estudios de reproducción de esta especie para contar con valores más exactos de tallas de primera madurez sexual y de extracción pesquera, lo cual contribuirá a realizar un mejor uso de los medios de vida de las poblaciones que se dedican a esta actividad. La alta extracción de individuos de tallas grandes puede provocar la disminución de reproductores potenciales, lo cual afectaría la dinámica de la población y aquellos individuos aptos para ser capturados.



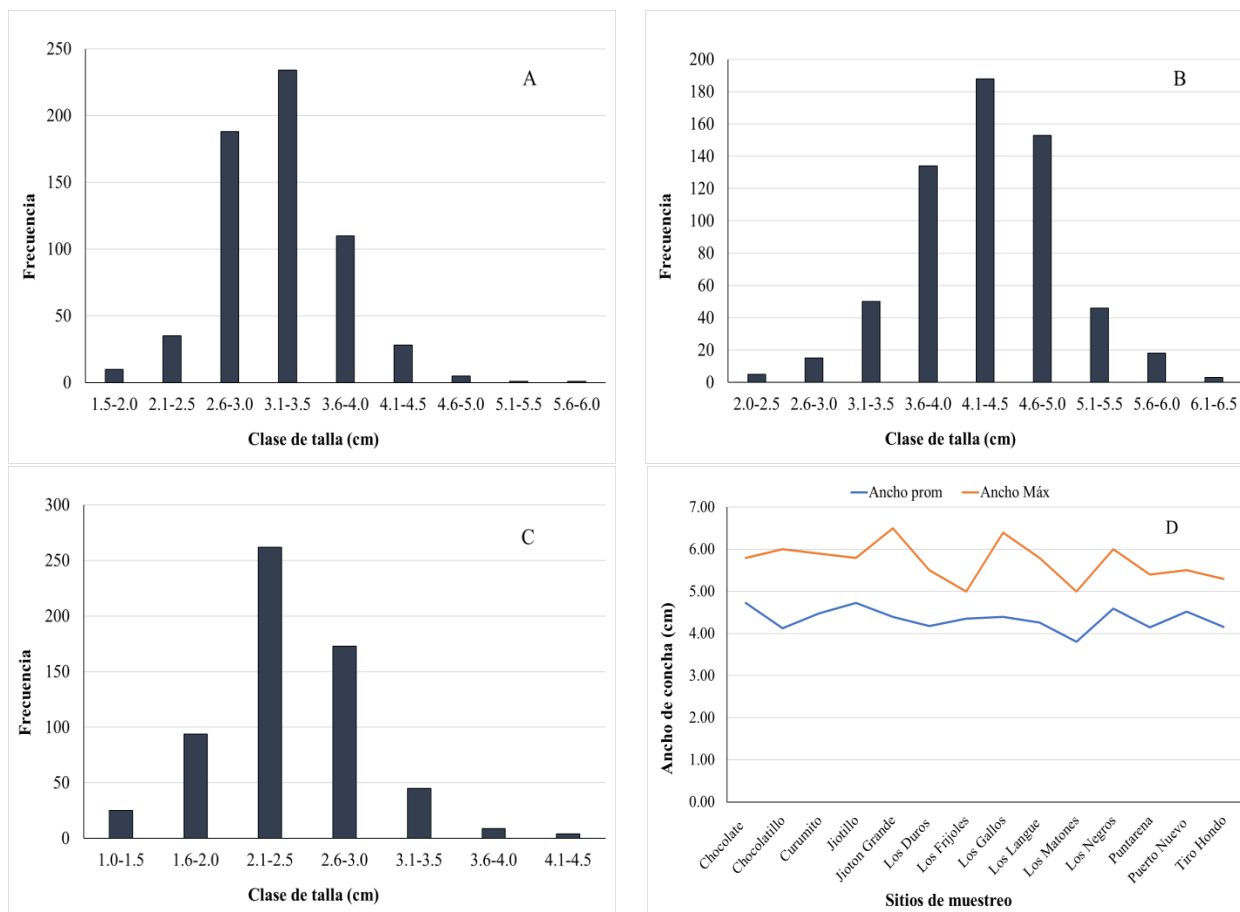


Figura 43. Estructura de talla de las dimensiones morfométricas del curil (*A. tuberculosa*), A: Alto, B: Largo, C: Grosor y D: ancho promedio y máximo, colectadas en la Bahía de Chismuyo, Departamento de Valle, Honduras.

### 12.2.2. Densidad de curil (*A. tuberculosa*)

La densidad de organismos por área muestreada en las estaciones registraron valores similares en los dos meses de muestreo, para el mes de marzo, los valores más altos se reportaron en Chocohatillo, Los Duros y Los Gallos con 0.75, 0.62 y 0.60 indiv/m<sup>2</sup> respectivamente (Figura 44); en febrero se reportó la mayor densidad en Los Gallos, Lo Langué y Los Negros con 0.72, 0.53 y 0.52 indiv/m<sup>2</sup> respectivamente (Figura 44), las estaciones con bajos valores El Jiotillo, Puerto Nuevo y Puntarena con 0.8 a 0.25 indiv/m<sup>2</sup> para ambos meses (Figura 44). Estos valores resultan mayores a lo reportado en la Bahía de La Unión y la Bahía de Jiquilisco con densidades de 0.18 a 0.9 indiv/m<sup>2</sup> (Flores et al. 2011).

Esto indica que la Bahía de Chismuyo se encuentra en mejores condiciones que los dos ecosistemas salvadoreños, no así en otros sitios de la región como la Bahía de Golfito, Pacífico de Costa Rica, donde se reportan densidades promedio de 0.8 a 1.2 indiv/m<sup>2</sup> (Silva y Bonilla 2001). Las densidades reportadas para ecosistemas estuarios de otros países son mucho mayores que las reportadas para la Bahía de Chismuyo, como es el caso de los manglares de la costa de Ecuador donde se reporta una densidad promedio

entre 0.5 a 3.5 indiv/m<sup>2</sup> (Mora y Moreno 2007) y el manglar de Purruja, Pacífico de Costa Rica con densidades de 0.8 a 1.2 indiv/m<sup>2</sup> (Silva y Bonilla 2001).

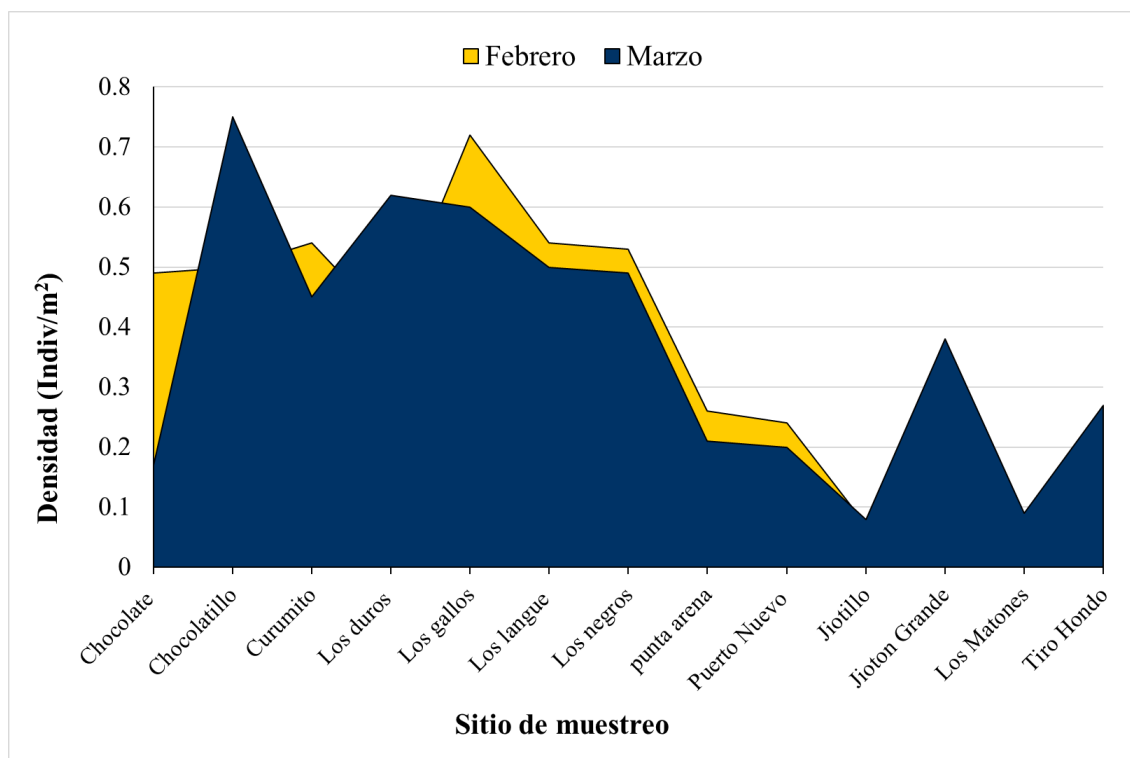


Figura 44. Registro de la Densidad mensual de individuos por unidad de área (indiv/m<sup>2</sup>) del curil (*A. tuberculosa*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de Chismuyo, Departamento de Valle, Honduras.

Las densidades registradas en la Bahía de Chismuyo son similares con lo reportado en la Bahía de La Unión, sin embargo, en el primer ecosistema se reportan más sitios con mayores densidades, lo cual aumenta la disponibilidad de sitios de extracción del recurso; con un manejo adecuado de extracción se recuperarían las poblaciones. Es importante mencionar que la Bahía de Chismuyo está expuestas a problemas de sobre explotación, altos valores de contaminación de agua y procesos de sedimentación, un considerable número pescadores que se dedican a la extracción de curiles por la alta demanda en el mercado nacional e internacional (Soto 2012) y la poca vigilancia de parte de las autoridades pesqueras para regular la extracción de este recurso; situación que impacta directamente en la disminución de la población de curiles.

### 12.2.3. Captura por Unidad de Esfuerzo del curil (*A. tuberculosa*)

La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en la Bahía de Chismuyo fue abundante y constante en casi todas las estaciones de muestreo durante los dos meses de estudio, las capturas se registraron en un rango de 240 a 450 indiv/hr en las estaciones de Chocolate, Chocolatillo, Curumito, Jiotón Grande, Los Duros, Los Gallos, Los Langue y Los Negros, los valores más bajos se reportaron en Puntarena, Puerto Nuevo, Jiotillo, Los Matones y Tiro Hondo con capturas que oscilaron entre 50 a 160 indiv/hr (Figura 45). La Bahía de Chismuyo presenta altos valores de CPUE y un mayor número de estaciones

con importancia para la pesca con respecto a la Bahía de La Unión y la Bahía de Jiquilisco (AM/ERD 2007).

Fue evidente que la Bahía de Chismuyo presenta una mayor variedad de sitios importantes para la captura de curiles, situación que puede permitir una mejor gestión del recurso, en temas de ordenamiento, vedas, zonas santuario y sitios de captura; estas acciones deben de trabajarse lo más pronto posible ya que para el 2009 se cuantificó para la zona un aproximado de 379 personas que se dedican exclusivamente a extraer curiles (Soto 2012), situación que a la fecha debe haber aumentado considerablemente.

#### 12.2.4. Distribución y abundancia del casco de burro (*A. grandis*)

La estructura de talla del casco de burro *A. grandis* en la Bahía de Chismuyo mostraron diferentes valores promedio, el rango de talla de la altura de la concha presentó una amplitud de 1.1 a 12.0 cm, encontrando los individuos más abundantes a tallas de 6.1 a 9.0 cm (Figura 46a), lo que indica que este rango de talla es el más capturado. Para el caso de la longitud de la concha, el rango de talla se encontró entre 2.1 a 14.0, los individuos más abundantes se encontraron entre 7.1 y 11.0, aquellos ejemplares con longitudes por debajo y arriba de este rango se presentaron en menor abundancia (Figura 46b). Por su parte, los valores de anchura se registraron en un rango de 1.1 a 10.0 cm, los valores más abundantes se ubicaron entre 5.1 a 8.0 cm (Figura 46c). La longitud máxima reportada para el presente estudio fue de 12.0 cm, cuando la longitud máxima reportada para esta especie es de 14.5 cm, siendo común encontrarla a los 12.0 cm (Poutiers 1995).

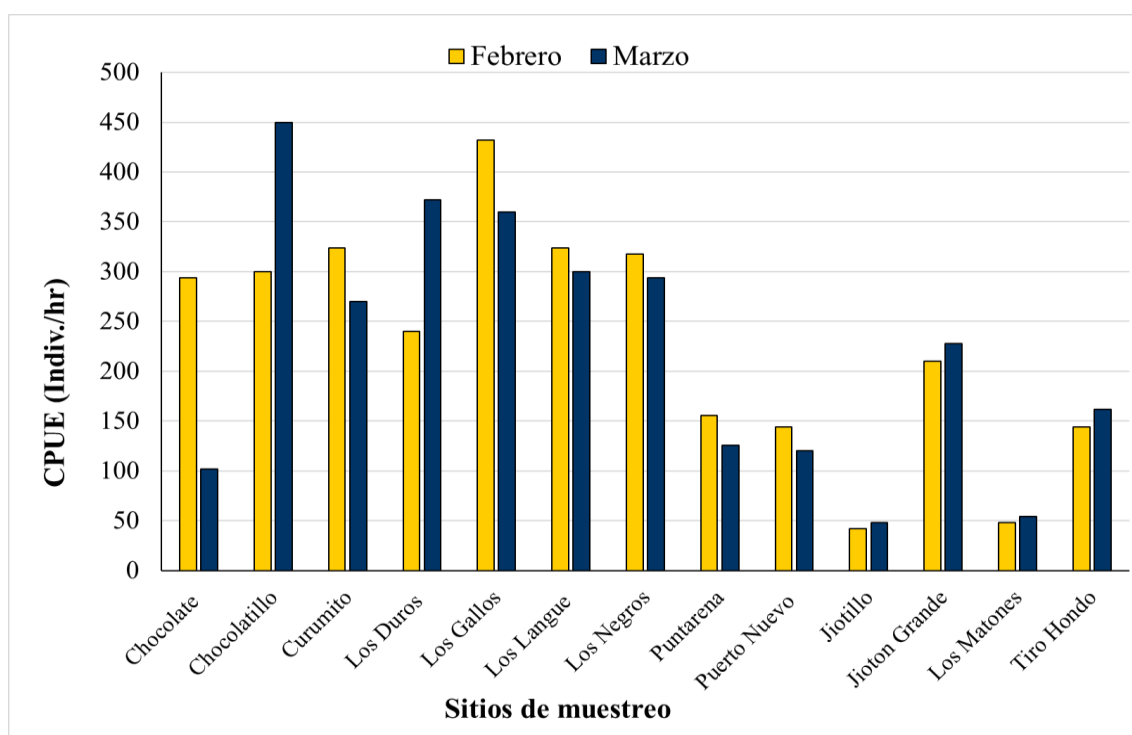


Figura 45. Registro de la Captura por Unidad de Esfuerzo (indiv/hr) del curil (*A. tuberculosa*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de Chismuyo, Departamento de Valle, Honduras.

Los valores promedio y máximos de largo de concha reflejan variaciones en cuanto a los sitios de muestreo, las estaciones de Chocolate 2, Jiotón Grande, Santa Elena; Los Matones y Tiro Hondo presentaron los valores más importantes de largo máximo en un rango de 11.3 a 13.4 cm; y los valores más importantes de largo promedio se encontraron en estas mismas estaciones con valores de 8.5 a 10.5 cm (Figura 23d); estos valores son más altos que los registrados en la Bahía de La Unión y el Estero Ayalán, Ecuador (Bohórquez 2015).

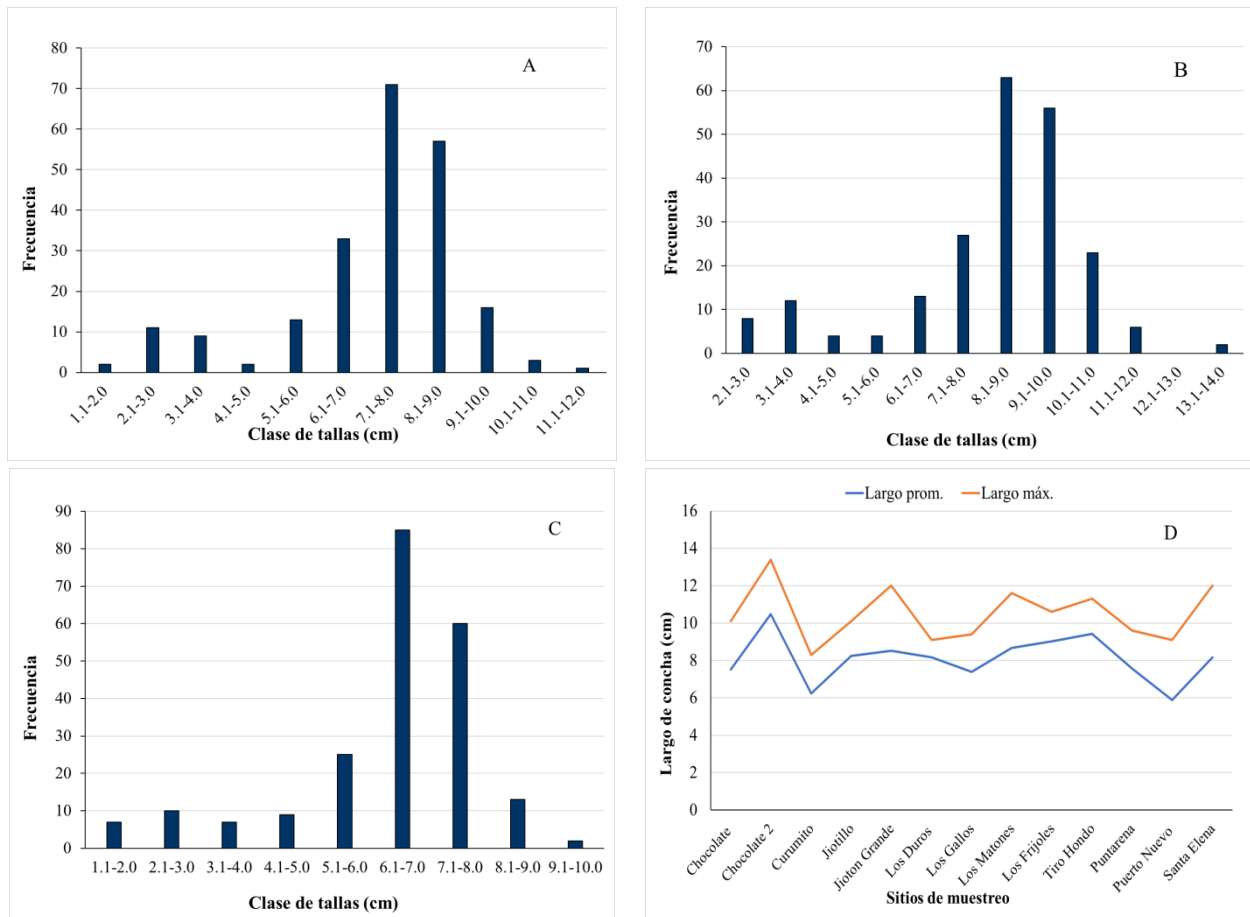


Figura 46. Estructura de talla de las dimensiones morfométricas del casco de burro (*A. grandis*), A: Alto, B: Largo, C: Grosor y D: ancho promedio y máximo, colectadas en la Bahía de Chismuyo, Departamento de Valle, Honduras.

Estas últimas estaciones registraron altas capturas de individuos de 7.1 a 10.0 cm de largo de concha (Figura 46d), lo cual indica una extracción de ejemplares grandes, de no implementarse medidas de uso y conservación de este recurso provocaría la disminución de los individuos que son reproductores potenciales. La zona de influencia de estos sitios se caracteriza por presentar un ecosistema de manglar desarrollado y conservados alejados de fuentes de contaminación antropogénica como camaroneras, salineras y zonas de cultivo, la extracción de casco de burro por parte de los pescadores locales es muy intensa (Soto 2012).

### 12.2.5. Densidad del casco de burro (*A. grandis*)

El registro de la densidad de individuos de casco de burro fue muy bajo, los valores más importantes se registraron en Tiro Hondo con 0.32 indiv/m<sup>2</sup> en febrero y 0.35 indiv/m<sup>2</sup> en marzo, seguidos por Jiotón Grande, Chocolate y Santa Elena con 0.15 indiv/m<sup>2</sup> en febrero y 0.25 indiv/m<sup>2</sup> en marzo respectivamente, el resto de estaciones mostraron valores inferiores con excepción en Los Duros donde se registró una densidad de 0.58 indiv/m<sup>2</sup> en marzo (Figura 47). Estos resultados son más altos que lo registrado para la Bahía de La Unión en donde se da una alta extracción de este recurso, esta situación se ha percibido para la Bahía Chismuyo donde se evidencia un alto número de personas dedicadas a esta actividad; los pescadores locales dedican un mayor esfuerzo para coleccionar suficientes individuos para el trabajo del día.

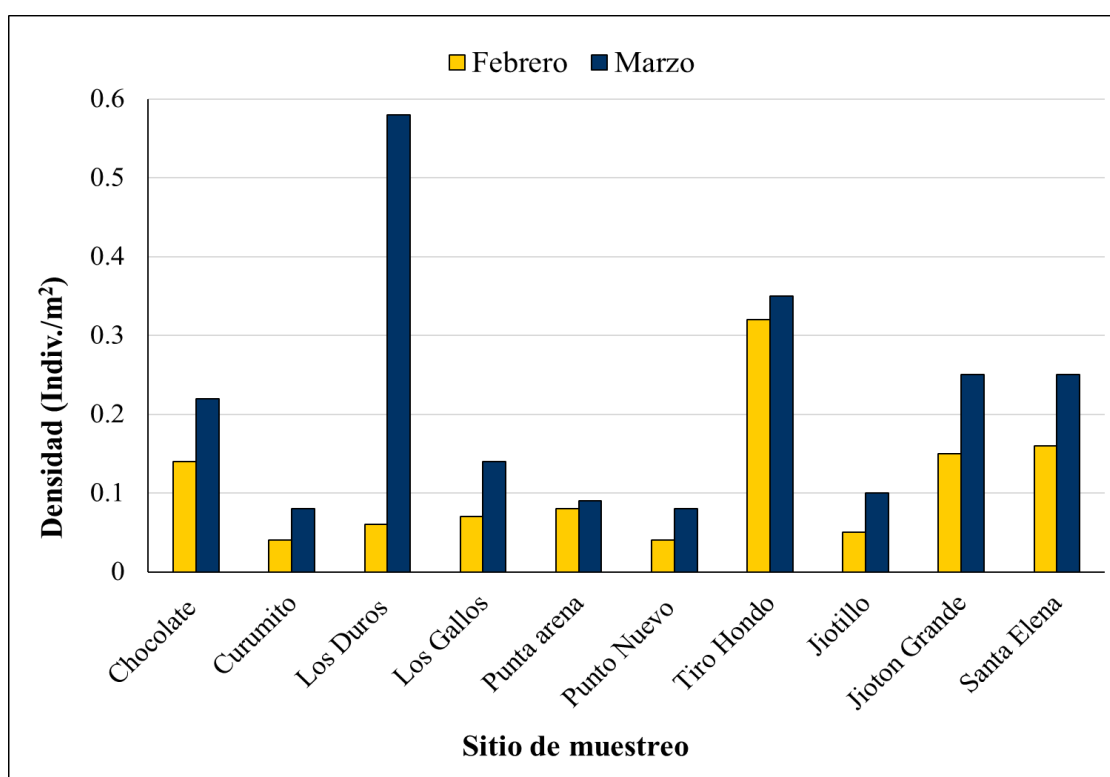


Figura 47 Registro de la Densidad mensual de individuos por unidad de área (indiv/m<sup>2</sup>) del casco de burro (*A. grandis*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de Chismuyo, Departamento de Valle, Honduras.

### 12.2.6. Captura por Unidad de Esfuerzo del casco de burro (*A. grandis*)

La Captura por Unidad de Esfuerzo promedio por persona durante el día de acuerdo a los sitios de muestreo, registró los valores más altos en Tiro Hondo con 192 indiv/hr en febrero y 210 indiv/hr en marzo, seguido por las estaciones Jioton Grande y Santa Elena con 90 indiv/hr en febrero y 150 indiv/hr en marzo respectivamente; el resto de estaciones registraron bajos valores de captura en los dos meses de muestreo, con excepción de la estación Los Duros que reportó una captura de 348 indiv/hr en febrero (Figura 48). Los bajos valores registrados en la mayoría de las estaciones de muestreo evidencian la

disminución del recurso debido a la alta presión pesquera por parte de las comunidades que se dedican a esta actividad, adunado a los problemas ambientales y propios del cambio climático.

Los playones de la Bahía de Chismuyo son más abundantes y más extensos, a pesar de ello la captura es muy similar a la registrada en la Bahía de La Unión, la evidente falta de control y ordenamiento pesquero en la zona contribuye a la disminución de la población de esta especie, siendo una actividad insostenible; muchos pescadores de casco de burro buscan nuevos sitios de extracción, o se dedican a otra actividad complementaria.

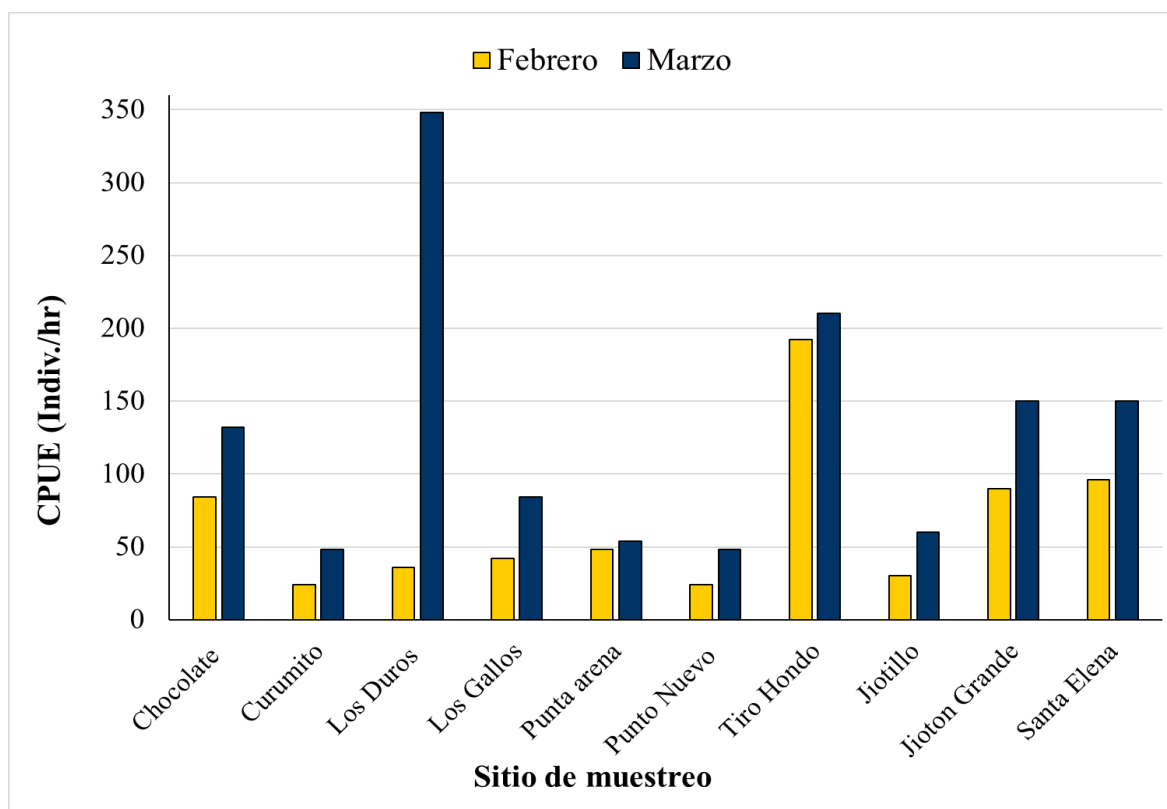


Figura 48. Registro de la Captura por Unidad de Esfuerzo (indiv/hr) del casco de burro (*A. grandis*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de Chismuyo, Departamento de Valle, Honduras.

### 12.2.7. Distribución y abundancia del punche (*U. occidentalis*)

La medición del cefalotórax de *U. occidentalis* mostraron diferentes valores promedio, el rango de talla de la altura presentó una amplitud de 1.5 a 4.5 cm, encontrando los individuos más abundantes entre 3.1 a 4.0 cm (Figura 49a), siendo los individuos estas tallas los más capturados. Para las mediciones de la longitud del cefalotórax se registró en un rango de 3.0 a 5.5, los ejemplares más abundantes se en una sola clase de talla siendo esta de 4.1 a 4.5 cm, los individuos más pequeños y grandes se presentaron en menor abundancia (Figura 49b). Por su parte los valores de anchura se registraron en un rango de 4.0 a 8.0 cm, los especímenes más abundantes se registraron entre 6.1 a 7.5 cm, al igual que el resto de las dimensiones los ejemplares más pequeños y grandes registraron bajas abundancias (Figura 49c). El ancho del cefalotórax máximo reportado para el presente estudio fue de 8.0 cm, este valor superó el



registro máximo para esta especie el cual fue es de 8.3 cm para machos y 7.5 cm para hembras (Hendrickx 1995).

Los valores promedio y máximos del ancho de cefalotórax reflejan variaciones en cuanto a las estaciones de muestreo, los valores más importantes de ancho promedio y ancho máximo se registraron en Chocolate, Jiote Grande, Los Matones y Tiro Hondo con valores entre 6.4 a 7.0 cm para el ancho promedio y de 6.6 a 7.9 cm de ancho máximo (Figura 49d), los valores promedio se encontraron por debajo de los valores máximos, con excepción de la estación Jiotillo, Los Duros y Los Gallos donde se registraron valores similares (Figura 49d). Estos datos son similares a los registrados para otros ecosistemas de El Salvador como el Estero El Tamarindo con anchos promedios de 6.6 cm (Rivera 2005) y la Bahía de Jiquilisco con valores entre 5.66 y 7.0 cm (López 1997, Pocasangre y Granados 1997, Carranza y Mejía 2002); y los datos reportados para la Bahía de La Unión. Según Rivera (2005), se sugiere recolectar ejemplares mayores a 6.0 cm de ancho de cefalotórax en la Bahía de Jiquilisco.

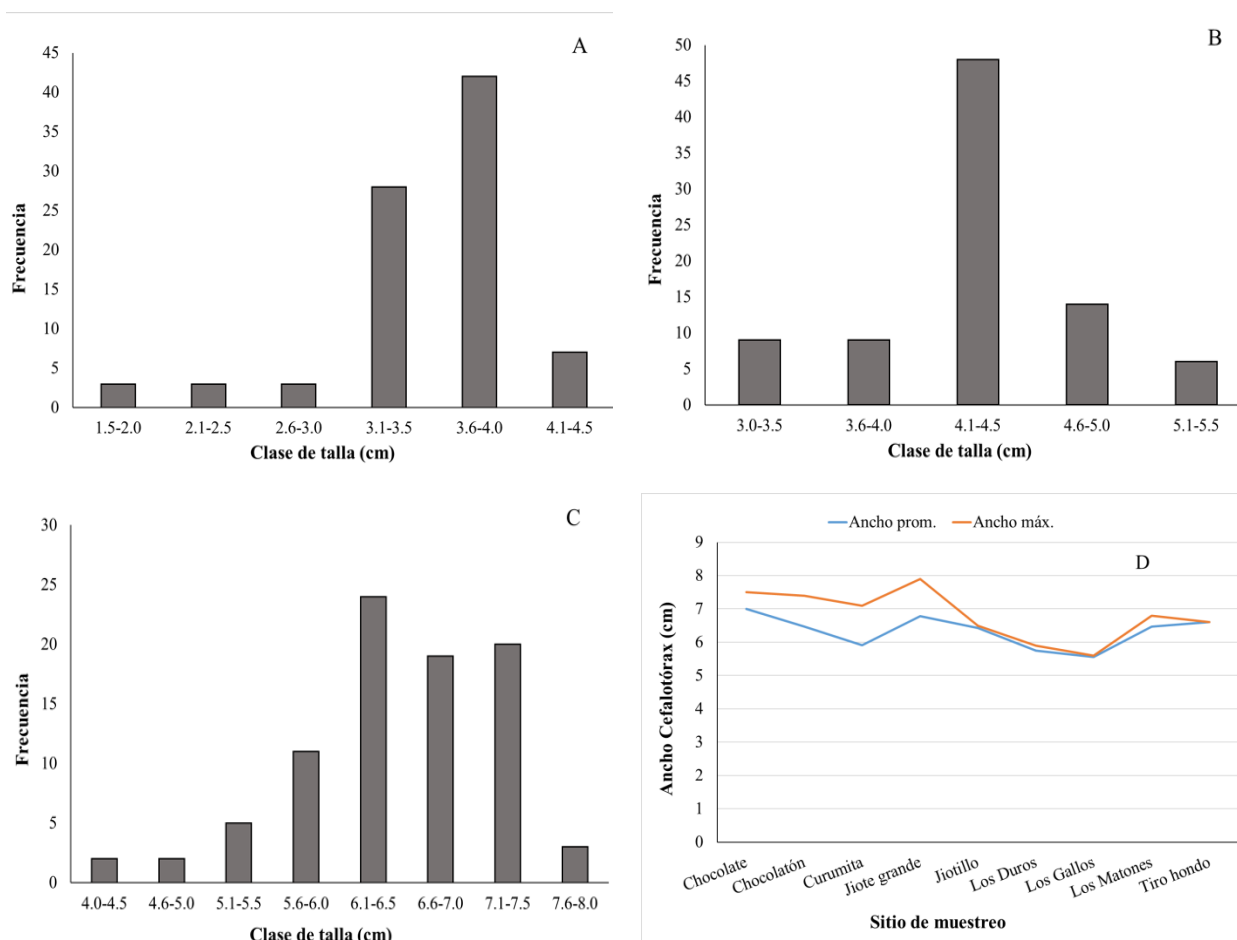


Figura 49. Estructura de talla de las dimensiones morfométricas del caneche (*U. occidentalis*), A: Alto, B: Largo, C: Grosor y D: ancho promedio y máximo, colectadas en la Bahía de Chismuyo, Departamento de Valle, Honduras.

### 12.2.8. Densidad del caneche (*U. occidentalis*)

La densidad de individuos de caneches para la Bahía de Chismuyo fue baja, los valores más importantes se registraron la estación de Chocolatón y Tiro Hondo con 1.2 y 0.91 indiv/m<sup>2</sup> respectivamente, seguido por las estaciones de Los Duros, Los Gallos y Los Matones con 0.34 a 0.44 indiv/m<sup>2</sup>, el resto de estaciones mostraron valores inferiores a 0.1 indiv/m<sup>2</sup> (Figura 43). La densidad promedio por sitio de extracción en la Bahía de Jiquilisco fue mucho más baja alta que la registrada en el presente trabajo con valores entre 2.9 a 5.26 indiv/m<sup>2</sup> (Rivera et al. 2008) (Figura 50). Se logró evidenciar una alta cantidad de personas que extraen caneches en jornadas diarias de hasta seis (6) horas, una mayor extracción pesquera, degradación de los hábitats esenciales de esta especie y falta de regulación para el uso del recurso. Los resultados son bajos a pesar de que se logró cuantificar un número mucho mayor de madrigueras de las cuales no se logró extraer individuos; posiblemente por su profundidad y por ser época de muda, lo que hace más difícil la extracción.

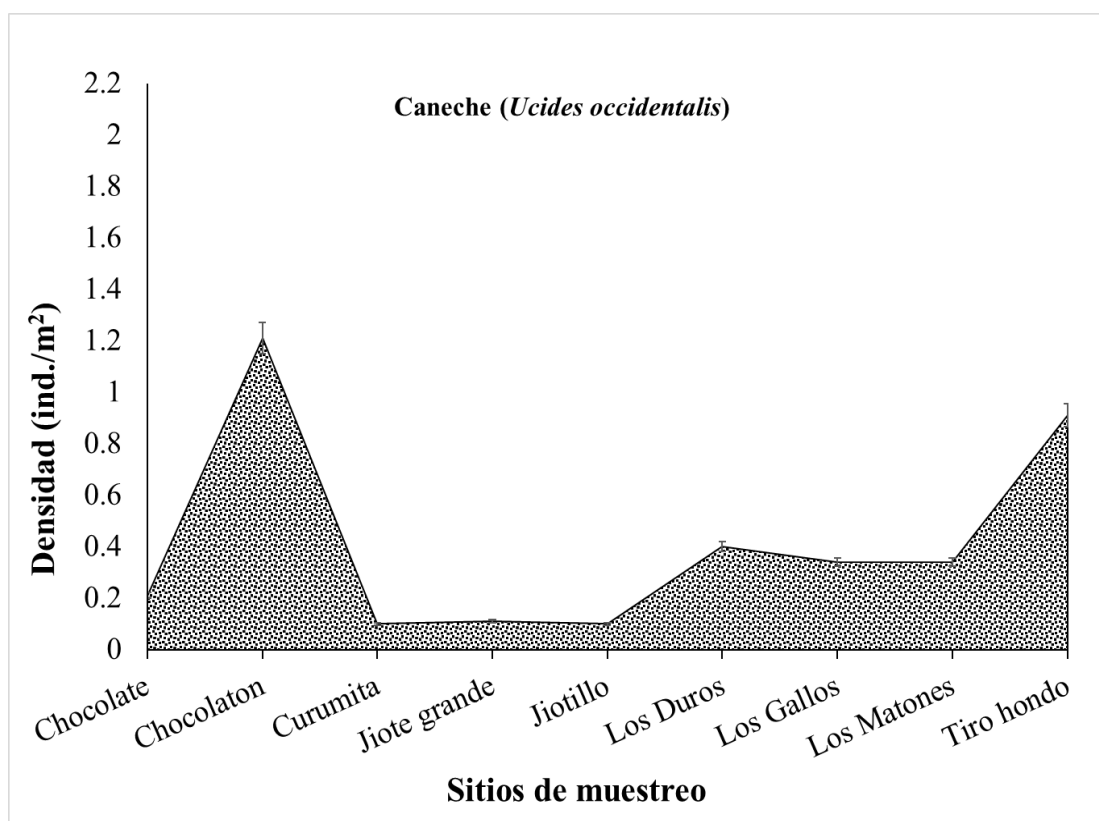


Figura 50. Registro de la Densidad mensual de individuos por unidad de área (indiv/m<sup>2</sup>) del caneche (*U. occidentalis*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de Chismuyo Golfo de Fonseca, Honduras.

### 12.2.9. Captura por Unidad de Esfuerzo del caneche (*U. occidentalis*)

La captura promedio por persona durante el día de acuerdo a las estaciones de muestreo registró los valores más altos en las estaciones de Chocolate y Curumita con 36 indiv/hr respectivamente, seguido por Jiote Grande y Chocolatón con 30 y 24 indiv/hr, el resto de las estaciones registraron bajos valores de captura como fueron el caso de Los Duros y Los Gallos con 12

indiv/hr cada uno y Tito Hondo con apenas 6 indiv/hr (Figura 51). Los altos valores registrados son similares a lo reportado en la Bahía de La Unión en algunas estaciones de muestreo, y a lo reportado para la zona Occidental de Bahía de Jiquilisco, donde se registran capturas promedio de 42 indiv/hr en la época seca (Rivera et al. 2008); en contraste con otros ecosistemas de la región donde registran capturas de hasta 72.6 indiv/hr como es el caso de la Isla Juan Venado, Pacífico de Nicaragua (Centeno 2011). Esta situación se debe a factores comunes de las dos bahías del golfo como son la sobreexplotación del recurso, alto número de pescadores, pérdida de hábitats esenciales de la especie, altos grados de contaminación del agua y sedimentos, entre otros factores.

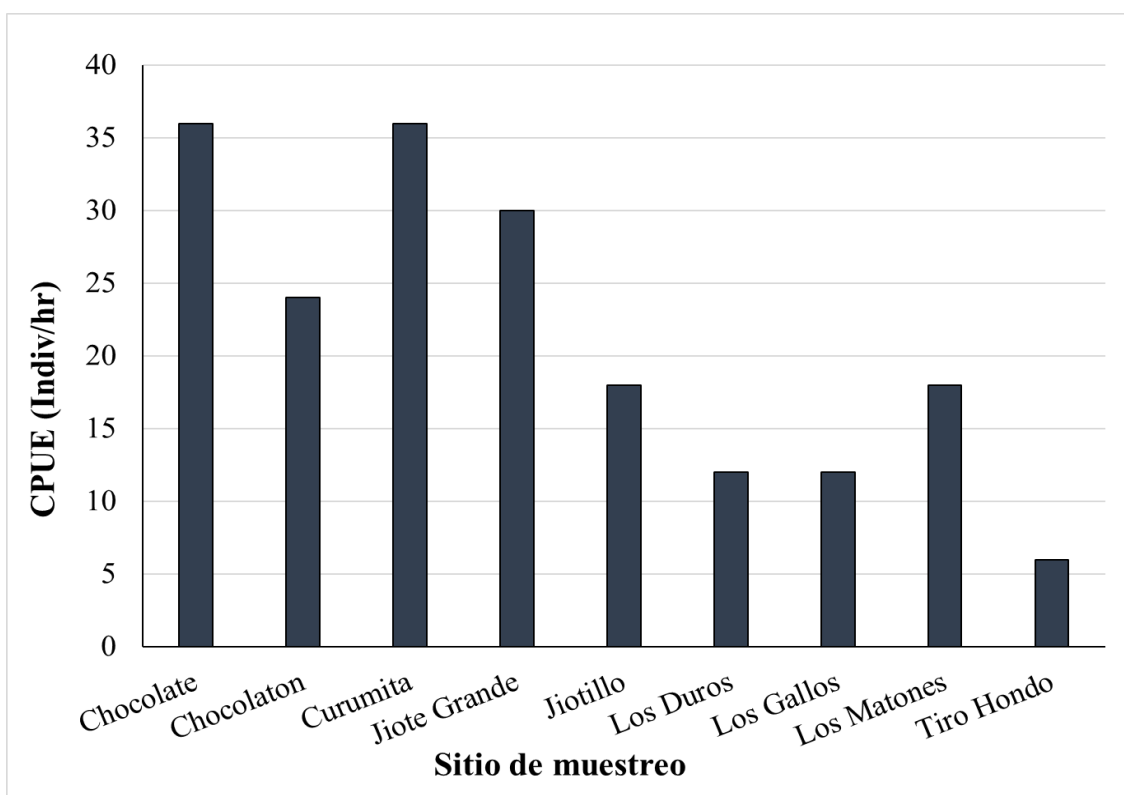


Figura 51. Registro de la Captura por Unidad de Esfuerzo (indiv/hr) del canache (*U. occidentalis*) en los sitios de mayor extracción de la Bahía de Chismuyo Golfo de Fonseca, Honduras.

## XIII. CONCLUSIONES

### 13.1 BAHÍA DE LA UNIÓN, EL SALVADOR

La riqueza de especies, abundancia y grado de desarrollo de los individuos registrados en el bosque de manglar difieren en cuanto al sitio de muestreo, tipo de sustrato, gradiente salino, balance hídrico, nivel de perturbación, este último componente es el que provoca cambios drásticos en la estructura del bosque.

Las especies de mangle rojo y madre sal presentaron el máximo valor de importancia en la comunidad estudiada, situación que difiere de otras investigaciones realizadas para el sitio, esto debido a que los sitios de muestreo no son los mismos y a la dominancia de estas especies.

La estructura del bosque de manglar que fue estudiado se asemeja a las de una comunidad vegetal en desarrollo, debido a la presencia de una alta abundancia de árboles con clases diamétricas bajas, esto debido a que dichos sitios presentan alta extracción de árboles viejos y desarrollados, presencia de estrés salino que inhibe el crecimiento de los árboles, zonas de antiguas salinas en recuperación vegetativa.

A pesar de haber encontrado un alto porcentaje de árboles del bosque de manglar con presencia de flores, la mayoría de estos individuos no se encontró en etapa de floración.

El potencial de regeneración del bosque de manglar de la Bahía de La Unión no está dado por que las condiciones del área sean favorables, este potencial es expresado en respuesta ante los cambios abruptos provocado por las actividades antropogénicas en la estructura del manglar como son la deforestación, contaminación, cambio en el balance hídrico del ecosistema.

La estructura de talla del curil *A. tuberculosa* se registró de 2.0 a 7.5 cm de largo de concha siendo más abundantes de 3.1 a 5.0 cm en casi todas las estaciones de muestreo, la alta extracción de ejemplares a estas longitudes, se debe a la falta de regulación pesquera por parte de las autoridades, poca consciencia de conservación y a la necesidad de los pescadores por contar con un ingreso económico para sus familias.

Las estaciones más importantes para la extracción del curil fueron El Rico, Punta de Pecho y Ramadita, estos sitios registraron los valores más importantes de densidad, captura por unidad de esfuerzo y valores promedio y máximo de largo de concha; este comportamiento se mantuvo en los dos meses de muestreo, el resto de las estaciones de muestreo registraron bajos de densidad y captura; estos sitios se caracterizan por encontrarse en las zonas degradadas y poco conservadas de la Bahía de La Unión.

El casco de burro *A. grandis* se registró un rango de longitud de concha de 2.1 a 11.0 cm siendo más abundantes de 6.1 a 9.0 cm en casi todas las estaciones de muestreo, la alta extracción de ejemplares a estas longitudes, se debe a la falta de ordenamiento de esta pesquería, la poca consciencia de conservación y a la necesidad de los pescadores por contar con un ingreso económico.

Los sitios más importantes para la extracción del casco de burro fueron los playones de El Rico, Punta de Pecho y Estero Santa Cruz, estos sitios registraron altos valores de captura, densidad de individuos y valores promedio y máximo de largo de concha; esta tendencia se mantuvo en los dos meses de muestreo; el resto de las estaciones registraron bajos valores de densidad y captura; siendo sitios que se caracterizan por encontrarse en las altamente degradadas y poco conservadas de la Bahía de La Unión.

Los ejemplares de punche *U. occidentalis* se registraron un rango de ancho de cefalotórax fue de 2.5 a 12.0 cm siendo más abundantes de 4.6 a 6.5 cm en casi todas las estaciones de muestreo, donde se evidencia una alta extracción de individuos a tallas que no han alcanzado su fase reproductiva, esto se debe a la falta de ordenamiento local en la extracción de este recurso, la poca consciencia de conservación y a la necesidad económica de los pescadores como parte de sus medios de vida.

Los sitios más importantes para la extracción del punche son los sitios alejados a la inundación por mareas con suelos consolidados, las estaciones más importantes fueron El Rico, Puente Caído y Chorro de Ramadita donde se registraron altos valores de captura, densidad de individuos y valores promedio y máximo de ancho de cefalotórax; esta tendencia se mantuvo en los dos meses de muestreo; el resto de las estaciones registraron bajos valores de densidad y captura; siendo sitios que con alta perturbación y poco conservadas.

### 13.2 BAHÍA DE CHISMUYO, HONDURAS

Los individuos de curil *A. tuberculosa* se encontraron en un rango de 2.0 a 6.5 cm de largo de concha siendo más abundantes de 3.6 a 5.0 cm en casi todas las estaciones de muestreo, la alta extracción de ejemplares a estas longitudes puede provocar la disminución de sus poblaciones, esto se debe a la captura no regulada, poca consciencia de conservación y a la falta actividades económicas alternativas.

Las estaciones más importantes para la extracción del curil fueron la zona de influencia de Chocolate, Los Duros y Los Gallos, estos sitios registraron los valores más altos de densidad de individuos, captura por unidad de esfuerzo y valores promedio y máximo de largo de concha; este comportamiento se mantuvo en los dos meses de muestreo, el resto de las estaciones de muestreo registraron bajos de densidad y captura.

Los ejemplares de casco de burro *A. grandis* se registraron en un rango de longitud de concha de 2.1 a 14.0 cm siendo más abundantes de 7.1 a 11.0 cm en casi todas las estaciones de muestreo, la alta extracción de ejemplares a estas longitudes sin un marco regulatorio, se debe a la falta de ordenamiento de esta pesquería, lo cual puede provocar un colapso es estas poblaciones si se considera que son ejemplares juveniles y adultos.

Los sitios más importantes para la extracción del casco de burro durante los meses de estudio fueron los playones de Tiro Hondo, Jiotón Grande Santa Elena y Los Duros en marzo, estos sitios registraron altos valores de captura y densidad de individuos; el resto de las estaciones registraron bajos valores de densidad y captura.

Los ejemplares de punche *U. occidentalis* se registraron un rango de ancho de cefalotórax fue de 4.0 a 8.0 cm siendo más abundantes de 6.1 a 7.5 cm en casi todas las estaciones de muestreo, donde se evidencia una alta extracción de

individuos a tallas que no han alcanzado su fase reproductiva, esto se debe a la falta regulación pesquera local.

Los sitios más importantes para la extracción del punche fueron Chocolatón, Tiro Hondo y la zona de los Duros, Los gallos y Los matones donde se registraron altos importantes capturas y densidad de individuos; esta tendencia se mantuvo en los dos meses de muestreo; esta especie se captura sin ordenamiento pesquero local para abastecer el mercado nacional y para la exportación a El Salvador a través de intermediarios.

## XIV. RECOMENDACIONES

Debido a que se encontraron similares condiciones biológicas y pesqueras de las tres (3) especies en las dos bahías, se proponen las siguientes recomendaciones para los dos ecosistemas

Se sugiere continuar levantando información sobre la composición y estructura del bosque de manglar en aquellas zonas donde no se realizó el estudio y que corresponde a la zona de influencia de Los Jíotes, Barrancones, Robalón, Robalito, Ramadita y Bocana de Goascorán a fin de finalizar el registro de información para toda la bahía y compararlo con otros trabajos, para determinar cambios de cobertura del bosque de manglar en el tiempo y espacio, esto dará una idea de la pérdida o aumento en la estación boscosa del bosque natural.

Hacer un análisis de fragmentación de la matriz del paisaje y compararlo con estudios anteriores, a fin de evidenciar alteraciones al bosque y nuevas formas de uso de suelo.

Es importante que a partir de junio del año 2018 y los años subsiguientes que dure el proyecto, se mantenga un monitoreo bimestral manteniendo las mismas metodologías, en donde se puedan evaluar las especies de curil (*A. tuberculosa*), casco de burro (*A. grandis*) y punche (*U. occidentalis*), esto permitirá conocer algunos parámetros poblacionales básicos de estas especies, dicha información ayudará a conocer el estado actual del recurso y proponer medidas de uso, manejo y conservación sostenible local.

Junto con el monitoreo se debe incorporar el registro de datos sobre patrones reproductivos de las tres (3) especies estudiadas, donde se considere las dos épocas climáticas, a fin de proponer tallas a la primera reproducción y tallas mínimas de extracción, como medidas de regulación local y ordenamiento de la pesca de estas especies, posteriormente se deben hacer muestreos cada dos meses para hacer una evaluación de las medidas implementadas, a fin de mantenerlas o modificar su aplicación basado en datos biológicos.



## XV. 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.
- AM/ERD. 2007. Evaluación de calidad de sitio para prospeccionar el potencial de moluscos bivalvos del complejo manglar-estuario Cucho de Monte, Bahía de Jiquilisco, sector Occidental. ASOCIACIÓN MANGLE/ERD, Usulután, El Salvador.
- 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.
- Azabache C. 2016. Cadena productiva de *Anadara tuberculosa* (SWERBY 1833) extraída en el santuario nacional de los Manglares de Tumbes, 2015. Tesis de pre grado, Universidad de Tumbes, Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Pesquera. Tumbes, Perú.
- 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. Limn., 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.
- Bohórquez JG. 2015. Extracción de *Anadara grandis*, (Broderip y Sowerby 1829), en el Estero de Ayalán del recinto de Puerto El Morro de la Provincia del Guayas. Tesis de grado para optar al título de Biólogo Marino. Escuela de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Botsford LW, Castilla JC, Peterson CH. 1997. The management off fisheries and marine ecosystems. Science 277:509-515.

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 Se r Zool*, 103, 260–265.

Buckalew JO, Maurice J, Knowles RB, Laprevote J. 1998. Water resources assessment of El Salvador. U.S. Army Corps of Engineers Mobile District and the U.S. Army Topographic Engineering Center.

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.

Carranza O, Mejía F. 2002. Estudio de Población del punche *Ucides occidentalis*, en la Bahía de Jiquilisco. Fundación Salvadoreña para la Reconstrucción y el Desarrollo REDES.

Centeno GE. 2011. Aspectos biológicos pesqueros del punche rojo (*Ucides occidentalis*) en el sector de Las Peñitas, Isla Juan Venado, León, Nicaragua. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León, Nicaragua.

Citoler B, I. Jiménez, L. Sánchez-Mármol. 2004. Plan de Manejo del Área Natural Bahía de La Unión e Islas del Golfo de Fonseca, El Salvador. San Salvador (SV): MARN-AECl. San Salvador, El Salvador.

Contreras F, Leaño C, Licona JC, Dauber E, Gunnar L, Hager N, Caba C. 1999. Guía para la instalación de parcelas permanentes de muestreo (PPMs). Proyecto BOLFOR y PROMABOSQUE. Santa Cruz, Bolivia.

Costa C. 2006. Insectos Inmaduros. Meramorfose e Identificação / Holos, Editora. 249 p.

Chicas-Batres FA, JA. Sayes, JA. González-Leiva. 2016. Composición florística y estructura del manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador. *Rev. Com. Cient. Tecnol.* 2(1): 52-64.

Chicas-Batres FA, JA. González-Leiva, WE. Ramírez. 2012. Ecología básica de los peces del Golfo de Fonseca: Bases para el manejo de la pesca artesanal. Consejo de Investigaciones Científicas, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

Chicas-Batres FA, WE. Ramírez, JA. Sayes, JA. González-Leiva. 2009. Biodiversidad de los manglares de la Unidad de Conservación Bahía de La Unión, Departamento de La Unión, El Salvador. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de El Salvador.

Cifuentes MC, P. Leandro, O. Molina, TE. Romero, DT. Gómez, SV. Mazariegos. 2018. Manual centroamericano para la medición de carbono azul

en manglares. CATIE Programa de Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático, Turrialba, Costa Rica.

Dallmeier F. 1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment inventory of permanent plot. MAB Digest 11 UNESCO- Prs.

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), 63–93.

Figueroa R, Araya E. Parra O, Valdovinos C. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 76: 275-285.

Flores AC, Romero JA, Córdova MF. 2011. Evaluación de la población de curil (*Anadara tuberculosa*) en los canales principales de Puerto Ramírez y El Jobal, Bahía de Jiquilisco, Usulután, El Salvador. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Escuela de Biología, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

Flowers RW, C. De La Rosa. 2010. Ephemeroptera. *En*: Springer M, P. Hanson, A. Ramírez. Macro invertebrados dulceacuícolas de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 58(4): 63-93.

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

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

Hauer F, Lamberty G. 1996. Methods in stream ecology. Academic Press, New York, New York, USA.

Hendrickx ME. 1995. Bivalvos (Acephala, lamellibranchia, pelecypoda). *En*. Fischer W., Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH. (Eds). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centra; Oriental, Volumen I, plantas e invertebrados. Programa de identificación y datos de especies Departamento de Pesca FAO. Roma, Italia.

Hilsenhoff WL. 1988. Rapid field Assessment of organic pollution with a family-level biotic index. JN. Am. Benthol. Soc. 7(1): 65-68.

INVEMAR. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos). Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Santa Marta, Colombia.

López HM. 1997. Biología Reproductiva del punche. (*Ucides occidentalis*) en la Bahía de Jiquilisco, Departamento de Usulután. Trabajo de Graduación para optar al grado de Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Escuela de Biología. Universidad de El Salvador.

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

MARN. 2002. Manual de inventarios de la biodiversidad. PNUD-GEF/ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador, El Salvador.

Mena E. 2007. Diagnóstico Nacional de Calidad de Aguas Superficiales. Servicio Hidrológico Nacional, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), San Salvador, El Salvador.

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.

Mora AG. 2015. Estructura poblacional del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en un gradiente de inundación dentro de un bosque de manglar riverino (Isla Mondragón, estuario río Guayas). Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceanográficas y Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Mora E. Moreno J. 2007. Abundancia y estructura poblacional de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en las principales áreas de extracción de la costa ecuatoriana. Instituto Nacional de Pesca. Ecuador.

Mostacedo B, Fredericksen TS. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

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

Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres F. 1998. Fishing down marine food webs. Science 279:860-863.

Pocasangre O., Granados C. 1995. Distribución y abundancia relativa de *Ucides occidentalis* y *Cardissoma crassum* en la Bahía de Jiquilisco, Usulután. P. 267-276. In: Zamarro, J. (Ed.). Actas del Simposium Ecosistemas de Manglar en el Pacífico Centroamericano y sus Recursos de Postlarvas de Camarones Peneidos. PRADEPESCA.

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

Poutiers JM. 1995. Bivalvos (Acephala, lamellibranchia, pelecypoda). En: Fischer W., Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH. (Eds).

Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centra; Oriental, Volumen I, plantas e invertebrados. Programa de identificación y datos de especies Departamento de Pesca FAO. Roma, Italia.

Resh VH, Myers MJ, Hannaford MJ. 1996. Macro invertebrates as biotic indicators of environmental quality. In Hauer FR, Lamberti GA. (eds.). 1996. Methods in Stream Ecology. Academic, San Diego, CA. p. 647-668.

Rivera CG, DA. Córdova, OR. Acosta. 2008. Contribución al manejo sostenible de la pesca artesanal de punche (*Ucides occidentalis*) de los manglares del sector occidental de bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután. p 34-48. En: Rivera CG, G. Mariona, K. García, J. Segovia, M. Vásquez. Estructura y composición del complejo manglar/estuario del sector occidental de la bahía de Jiquilisco. Asociación Mangle/FIAES/ICMARES. San Salvador, El Salvador.

Rivera CG. 2005. Estudio preliminar de la distribución y abundancia del punche *Ucides occidentalis*, curil *Anadara tuberculosa*, curililla *A. similis* y casco de burro *A. grandis* del Estero El Tamarindo, Departamento de La Unión. 18 pp.

Rodríguez J, Ruíz J. 2010. Conservación y protección de ecosistemas marinos: conceptos, herramientas y ejemplos de actuaciones. Rev. Cient. Ecol. Med. Amb. 19(2): 5-23.

Savage HM. 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.

Severiche CA, Sierra ME. 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.

Shimano Y, Salles FF, Faria LRR, Cabette HSR, Nogueira DS. 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.

Silva AM, Bonilla RC. 2001. Abundancia y morfometría de *Anadara tuberculosa* y *A. similis* (Mollusca: Bivalvia) en el Manglar de Purruja, Golfo Dulce, Costa Rica. Rev. Biol.Trop. 49. Supl. 2: 315-32.

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

Smith R. Smith T. 2001. *Ecología. Estructuras de las comunidades*. Cuarta edición. Pearson Educación. S.A. Madrid, España.

Soto L. 2012. Informe de evaluación de la actividad pesquera en el Golfo de Fonseca, Honduras. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID.

Springer M. 2006. Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54(1): 273-286.

Vásquez-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.

Worm B, Barbier EB, Beaumont N, Duffy JE, Folke C, Halpern BS, Jackson JB, Lotze HK, Micheli F, Palumbi SR, Sala E, Selkoe KA, Stachowicz JJ, Watson R. 2006. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science*, 314: 787-790.

UNAH-IHCT. 2014. Las herramientas e información disponible para la evaluación del riesgo climático. Proyecto Enfrentando riesgos climáticos en recursos hídricos en Honduras: incrementando resiliencia y disminuyendo vulnerabilidades en áreas urbanas pobres. Universidad Nacional Autónoma de Honduras/Instituto Hondureño de Ciencias de La Tierra. Tegucigalpa, Honduras.

USAID. 2001. Corredor biológico Golfo de Fonseca, El Salvador. U.S. Agency for International Development (USAID).

Tresierra A. & Culquichicón Z. 1995. Manual de biología pesquera, CONCYTEC, Trujillo Perú. 237 pp.

Young RA. 1991. *Introducción a las Ciencias Forestales* Ed. Noriega/LIMUSA, México D.F.



## XVI. ANEXOS

### ANEXO I: Hoja de colecta en campo para parámetros fisicoquímicos, nutrientes y microbiológicos

<b>Fecha:</b>	
<b>Responsable de datos:</b>	
<b>Hora de inicio:</b>	
<b>Hora de finalización:</b>	
<b>Nubosidad:</b>	

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







## ANEXO 5: Consultores

Coordinador de la Consultoría:  
M. SC. José Alberto González Leiva  
[jagonzalez.icmares@ues.edu.sv](mailto:jagonzalez.icmares@ues.edu.sv)  
Coordinador técnico:  
M.SC. Johanna Vanessa Segovia  
[jsegovia.icmares@ues.edu.sv](mailto: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