

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**SECCIÓN DE BIOLOGÍA**



**TEMA DE INVESTIGACIÓN:**

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, UTILIZANDO EL ÍNDICE BIOLÓGICO A NIVEL DE FAMILIA (IBF), EN EL COMPLEJO ESTERO DE JALTEPEQUE, LA PAZ

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:**

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**PRESENTADO POR:**

GABRIELA LISBETH ARAUJO CAÑENGUEZ

EUNICE MARIELA ESQUIVEL MONTESINO

HERSON DAVID MARTÍNEZ BARAHONA

**DOCENTES ASESORES:**

MSc. WENDY KARINA ARCHILA DE MIRANDA

LIC. LILIANA JANNETH FUENTES DE VENTURA

SEPTIEMBRE DE 2025

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**AUTORIDADES**



**RECTOR:**

MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA

**VICERRECTORA ACADÉMICA:**

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:**

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL:**

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

**DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS:**

LICDA. ANA RUTH AVELAR

**FISCAL GENERAL**

LIC. CARLOS AMILCAR SERRANO RIVERA

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**AUTORIDADES**



**DECANO:**

MSc. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO

**VICEDECANA:**

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA

**SECRETARIO DE LA FACULTAD:**

LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ

**DIRECTOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:**

EVER ANTONIO PADILLA LAZO

**JEFE DEL DEPARTAMENTO:**

ING. DOLORES BENEDICTO SARAVIA MARTÍNEZ

**COORDINADOR DE LA CARRERA:**

MSc. JOSÉ YADER SAGETH RUÍZ CRUZ

**COORDINADOR GENERAL DE LOS PROCESOS DE GRADO:**

MSp. OSCAR ENRIQUE DÍAZ HERNÁNDEZ

## **Agradecimientos**

Queremos agradecer primeramente a Dios por habernos permitido culminar nuestro proceso educativo, por darnos paciencia y humildad. De igual manera a nuestros padres, Florencia Barahona, Tomás Martínez, Romelia Montesino, Mario Esquivel, Isabel Carranza y Manuel Cañenguez.

Asimismo, a las docentes MSc. Wendy Karina Archila de Miranda y Lic. Lilibian Janneth Fuentes de Ventura que se han tomado el tiempo de asesorarnos, por siempre estar de nuestro lado en la fase de campo, como también corrigiendo con mucho esmero cada detalle en el proceso de grado.

Al docente MSc. Ing. José Miguel Sermeño Chicas por facilitarnos el material didáctico, el cual sirvió de respaldo para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos. Además, agradecemos de gran manera al Licenciado Francisco Quezada Alvarado, biólogo de Costa Rica por permitirnos un poco de su tiempo y colaborarnos en la identificación de macroinvertebrados acuáticos en estudio.

A los jurados licenciado Carlos Eduardo Juárez Peña y al Ing. Guillermo Moya Turcios, por ser parte de este proceso. A los señores de la Cooperativa Los Piñalitos de R.L, por proveernos el transporte en lancha con motor fuera de borda en los sectores de muestreo en toda la fase de campo. A los docentes de la sección de biología por habernos formando académicamente, proporcionando sabiduría en cada uno de nosotros.

## Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Planteamiento del problema.....	5
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 General.....	6
1.2.2 Específicos.....	6
Marco Referencial.....	7
2.1 Marco histórico.....	7
2.2 Marco legal.....	11
2.3 Marco teórico.....	12
2.3.1 Parámetros Físico y Químicos.....	12
2.3.2 Parámetros Biológicos.....	15
2.3.3 Complejo Jaltepeque.....	18
Diseño metodológico.....	21
4.1 Tipo de investigación.....	21
4.2 Descripción del área de estudio.....	21
4.3 Población y Muestra.....	22
4.4 Diseño de técnicas de recolección de información.....	22
4.5 Método de recolección de muestras biológicas.....	24

4.6 Método de recolección de datos para la toma de parámetros físicos y químicos	27
4.6 Técnicas de análisis	28
4.6.1 Cálculo del índice Biológico a nivel de Familias	28
Resultados	30
5.1 Parámetros físicos y químicos	30
5.2 Parámetros biológicos	32
5.2.1 Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos	32
5.3 Algunas familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en los tres sectores de muestreo S1, S2 Y S3, en el canal del Complejo Estero Jaltepeque	36
Discusión	41
Conclusión	43
Recomendaciones	44
Referencias Bibliográficas	45
.....	53
.....	54

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Índice Biológico a nivel de Familias (IBF). .....	28
<b>Tabla 2</b> Parámetros físicos y químicos de la visita de colecta 1 el día 25 de enero del 2025.....	31
<b>Tabla 3</b> Parámetros físicos y químicos de la visita de colecta 2 el día 25 de febrero del 2025.....	31
<b>Tabla 4</b> Parámetros físicos y químicos de la visita de colecta 3 el día 25 de marzo del 2025.....	31
<b>Tabla 5</b> Interpretación de la calidad del agua según el valor del índice biológico por familias de macroinvertebrados acuáticos adaptados para El Salvador (IBF-SV-2010). .....	36
<b>Tabla 6</b> Asociación entre grupos taxonómicos generales de macroinvertebrados acuáticos y en que determinados hábitats pueden abundar.....	55
<b>Tabla 7</b> Grupos taxonómicos registrados en tres sectores de muestreo, Estero de Jaltepeque La paz.....	68
<b>Tabla 8</b> Grupos taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el sector 1 costado norte limitando con la Camaronera Las Anímas (S1).....	69
<b>Tabla 9</b> Grupos taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el sector 2 limitando con el Rio el Chorro (S2).....	70
<b>Tabla 10</b> Grupos taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el sector 3 que limita con El Aguaje (S3). .....	70
<b>Tabla 11</b> Inventario de macroinvertebrados en el Estero de Jaltepeque, La Paz. ....	71

## Lista de Gráficos

<b>Gráfica 1</b> Representación del número y la abundancia de familias encontradas en tres sectores del canal del estero de Jaltepeque La Paz.....	33
<b>Gráfica 2</b> Número de especies de macroinvertebrados acuáticos encontrados por familia en el sector 1 ubicado en el costado norte limitando con la Camaronera Las Animas.....	34
<b>Gráfica 3</b> Número de familias e individuos encontrados en el sector 2 que se ubica limitando con Rio el Chorro.....	35
<b>Gráfica 4</b> Cantidad de Familias y número de especies encontradas en el sector 3 denominado El Aguaje.....	35

## Lista de Figura

<b>Figura 1</b> Mapa de los sectores de Muestro del canal Complejo Estero de Jaltepeque.	21
<b>Figura 2</b> Colecta de macroinvertebrados acuáticos, en el canal de complejo estero Jaltepeque. ....	27

## Lista de Anexos

<b>Anexo 1</b> Macroinvertebrados acuáticos .....	53
<b>Anexo 2</b> Colecta, toma de parámetros y actividades antrópicas .....	54
<b>Anexo 3</b> Tabla de las características generales de los macroinvertebrados acuáticos .	55
<b>Anexo 4</b> Instrumentos de investigación.....	58
<b>Anexo 5</b> Tabla general de macroinvertebrados acuáticos.....	68
<b>Anexo 6</b> Tablas de macroinvertebrados acuáticos por sectores de muestreo.....	69
<b>Anexo 7</b> Inventario de macroinvertebrados.....	71

## Resumen

La evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados acuáticos constituye una herramienta eficaz y de bajo costo económico, utilizada en distintos países debido a la confiabilidad de sus resultados. El objetivo de la investigación fue determinar la calidad del agua en un canal del Complejo Estero de Jaltepeque, La Paz, mediante la aplicación del Índice Biológico a Nivel de Familia (IBF-SV-2010).

Para el desarrollo del estudio se seleccionaron tres sectores de muestreo: sector 1, costado norte limitando con Camaronera Las Ánimas; sector 2, colindante con el río El Chorro; y sector 3, ubicado en El Aguaje. En cada sector se midieron parámetros físicos y químicos, tales como temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad y turbidez. Asimismo, se implementó la técnica de colecta directa, que consistió en la búsqueda activa de organismos en su ambiente natural con el fin de determinar la calidad del agua mediante el IBF.

Los resultados reportaron un total de 184 macroinvertebrados, distribuidos en 12 órdenes y 29 familias. El sector 1 presentó la mayor diversidad con 22 familias, destacando Gerridae con 59 individuos, mientras que el sector 2 registró la menor diversidad con seis familias, siendo Culicidae la más representativa. En el sector 3 se identificaron 11 familias, con Gerridae como la más abundante (cinco individuos).

El análisis del IBF clasificó a los sectores 1 y 2 en la categoría “pobre” (rango 6.51–7.25), lo que sugiere una muy probable contaminación orgánica sustancial. Por su parte, el sector 3 se ubicó en la categoría “regular-pobre” (rango 5.76–6.50), lo que indica una probable contaminación orgánica sustancial. Estos hallazgos evidencian un deterioro de la calidad del agua en los sitios evaluados dentro del Complejo Estero de Jaltepeque.

Palabras clave: macroinvertebrados acuáticos; calidad del agua; IBF-SV-2010; Complejo Estero de Jaltepeque; contaminación orgánica.

### **Abstract**

The assessment of water quality through aquatic macroinvertebrates is an effective and low-cost tool that has been adopted by several countries due to the reliability of its results. The objective of this research was to determine the water quality in a canal of the Jaltepeque Estuary Complex, La Paz, using the Family Biotic Index (IBF-SV-2010).

For the study, three sampling sectors were selected: sector 1, northern side bordering Camaronera Las Ánimas; sector 2, adjacent to the El Chorro River; and sector 3, located in El Aguaje. In each sector, physical and chemical parameters were measured, such as temperature, dissolved oxygen, pH, salinity, and turbidity. Additionally, the direct collection technique was applied, which consisted of actively searching for organisms in their natural environment to determine water quality through the IBF.

A total of 184 macroinvertebrates were recorded, distributed in 12 orders and 29 families. Sector 1 showed the greatest diversity with 22 families, with Gerridae being the most representative (59 individuals). Sector 2 exhibited the lowest diversity with six families, with Culicidae as the dominant group, while sector 3 presented 11 families, with Gerridae as the most abundant (five individuals).

The IBF results classified sectors 1 and 2 in the “poor” category (range 6.51–7.25), indicating a very likely substantial organic pollution. Meanwhile, sector 3 was categorized as “fair-poor” (range 5.76–6.50), reflecting a likely substantial organic pollution. These findings highlight a significant deterioration of water quality in the studied sites of the Jaltepeque Estuary Complex.

**Keywords:** aquatic macroinvertebrates; water quality; IBF-SV-2010; Jaltepeque Estuary Complex; organic pollution.

## Introducción

Los macroinvertebrados acuáticos son los organismos que habitan en los sedimentos de los ecosistemas acuáticos, en cualquier tipo de sustrato o microhábitat (hoja, tronco, macrófitas, entre otros). Estas especies se han determinado como excelentes bioindicadores de calidad de agua, ya que a través de estos se puede considerar si un cuerpo de agua está contaminado, poco contaminado o extremadamente contaminado, dependiendo de las cantidades de poblaciones de macroinvertebrados presentes en el recurso hídrico.

El conocimiento de estos organismos como indicadores de calidad de agua se ha venido denotando a lo largo del tiempo en países latinoamericanos, siendo este un recurso efectivo y de bajo costo para generar conocimiento. En El Salvador existen limitados recursos bibliográficos acerca del estudio de macroinvertebrados acuáticos en diferentes cuerpos de agua; sin embargo, la presente investigación es la primera que se realiza en la zona que comprende el Complejo Estero de Jaltepeque.

*El complejo Jaltepeque es la segunda extensión más grande de agua salobre y humedales intermareales arbolados en El Salvador. El sitio incluye una variedad de ecosistemas marinos y costeros como bosques de manglares, playas de arenas, lagunas de agua dulce y ríos estacionarios y permanentes (RAMSAR, 2021).*

Debido a que posee una alta biodiversidad de especies de fauna y flora, este humedal cumple una función muy importante dentro del contexto del corredor biológico mesoamericano. Principalmente en la prevención de catástrofes naturales, control de la erosión y fijación de suelo. Como también la extracción pesquera de mariscos, ganadería, caña de azúcar y plantaciones de cocos (Molina et al., 2010).

Las aguas del Complejo de Jaltepeque revisten y suplen algunas de las necesidades que se pueden dar en las comunidades aledañas y sus alrededores, ya sea para la extracción de agua para cultivos acuícolas, agrícolas y recreación, etcétera. Sin embargo, algunas actividades antrópicas como la ganadería, la agricultura, la pesca, la camaronicultura, así como las

descargas de aguas residuales y el uso de agroquímicos pueden ser indicadores de contaminación y que de tal manera estén afectando el sistema hídrico, así como a las especies acuáticas que habitan en ellos.

El objetivo de este estudio se basa en determinar la calidad de agua a través del estudio de macroinvertebrados acuáticos, mediante el uso del índice biológico a nivel de familia (IBF), en el Complejo Estero de Jaltepeque, La Paz, en el año 2025, utilizando una metodología cuasiexperimental-observacional y correlacional. Para este estudio se tomó como muestra los macroinvertebrados acuáticos que se colectaron en el canal del estero en los sectores 1 (S1), costado norte limitando con Camaronera Las Ánimas; sector 2 (S2), que limita con el río El Chorro; y sector 3 (S3), limitando con El Aguaje.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos se realizaron mediante dos secciones: una de campo, en la que se llevaron a cabo muestreos en el brazo del Complejo Estero de Jaltepeque usando redes entomológicas (acuáticas y aéreas) y coladores plásticos de 20 cm; además, se llevó a cabo la toma de parámetros físicos y químicos tales como salinidad, oxígeno disuelto, pH del agua, temperatura, nitratos, nitritos y amonio; y una sección de laboratorio, en la que se identificaron las especies encontradas aplicándoles el índice biológico por familia (IBF).

Es de suma importancia realizar este tipo de estudios científicos para determinar, a través del estudio de bioindicadores acuáticos, el nivel de contaminación del recurso hídrico que posee tan importante humedal del Complejo de Jaltepeque.

## **Planteamiento del problema**

### **1.1 Planteamiento del problema**

En El Salvador, debido al gran incremento de residuos que son depositados en los cuerpos de agua por acción humana, ya sea por actividades domésticas o productivas, modifican la dinámica de las especies de manglar y, a su vez, las especies que habitan en él, incidiendo en la alteración de las condiciones ambientales del agua, como son los cambios de temperatura, concentraciones bajas de oxígeno disuelto y en el pH del agua.

Todos estos problemas de la calidad de agua, incluida la sedimentación, la eutrofización que provoca la excesiva turbidez que a su vez indica contaminación por bacterias y sustancias tóxicas, han persistido durante décadas (Espinoza et al., 2013). Los productos resultantes de las actividades humanas, aguas residuales, escurrimientos, emisiones industriales, urbanas y contaminación atmosférica afectan la calidad de agua. De igual modo, las modificaciones al paisaje pueden socavar los procesos naturales y ambientales de la purificación vital del líquido a través de humedales e infiltración a los mantos freáticos, así como provocar modificaciones en las aguas (Espinoza et al., 2013).

Se ha considerado a los macroinvertebrados acuáticos como una útil herramienta para el monitoreo de la calidad ambiental del agua debido a que estos pueden llegar a ser tolerantes o intolerantes a ciertas perturbaciones que limiten el espacio de su hábitat. Uno de los parámetros o índices dentro de estudios de calidad de agua con macroinvertebrados en El Salvador es el IBF (Índice biológico por familia), que es una medida de la contaminación orgánica, debido a las cantidades de nutrientes, la cual causa menores niveles de oxígeno disuelto. Estos niveles, a su vez, afectan la capacidad de cada especie de artrópodos para sobrevivir en un río en particular (Hernández Rivera & Orellana Hernández, 2015).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 General**

- ❖ Determinar la calidad de agua a través del estudio de macroinvertebrados acuáticos, mediante el uso del índice biológico a nivel de familia (IBF), en el Complejo Estero de Jaltepeque, La Paz.

### **1.2.2 Específicos**

- ❖ Evaluar la presencia de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad de agua.
- ❖ Validar que método de captura es el más adecuado para la colecta de los macroinvertebrados acuáticos en un cuerpo de agua salobre.

## Marco Referencial

### 2.1 Marco histórico

Los macroinvertebrados acuáticos se han utilizado como bioindicadores de la calidad de agua a lo largo del tiempo en diferentes países del mundo; dichos estudios datan de la mitad del siglo XIX, iniciando en Europa con Kolenati 1848 y Cohn 1853, *quienes* observaron cómo algunas especies de estos organismos poseen una relación con la calidad de agua y la contaminación de estas. Para inicios del siglo XX en Alemania, Kolkwitz y Marsson 1908-1909 presentaron el Sistema de Saprobios, refiriéndose al grado de contaminación que presentan los ríos debido a las aguas residuales, citado por (Sermeño-Chicas et al., 2010) (Roldán-Pérez, 2016).

En los años de 1949-1950, Patrick desarrolla métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes en Norteamérica; Gaufin y Tarzwell 1952 proponen a los macroinvertebrados como indicadores de contaminación. Para los años de 1959-1963, Hynes presenta a los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua. Resh, Richard y Barbour 1995 presentan métodos rápidos de evaluación de la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores; dichos estudios se realizaron en Maryland, Estados Unidos. Trihadiningrum, De Pauw, Tjondronegoro y Verheyen 1996 utilizaron macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en Indonesia, citado por (Roldán-Pérez, 2016).

Alba-Tercedor 1988-1996: “Implemento la utilización de los macroinvertebrados acuáticos en los programas de evaluación de la calidad de agua en España, utilizando para ello el índice BMWP (Biological Monitoring Water Party) adaptado para la Península Ibérica”, citado por (Roldán-Pérez, 2016).

En 1993 De Pauw y Hawkes en la década de los años setenta y los noventa analizan el desarrollo de la bioindicación, la cual consiste en la aplicación de los principales métodos de evaluación de la calidad de agua en 11 países de la Unión Europea, basándose en los macroinvertebrados acuáticos. Dichos métodos son cualitativos, ya que se basan en la

identificación de los organismos, llegando solo a nivel de familia en la mayoría de los casos; sin embargo, en el caso de Alemania, se llega a nivel de especie. Estos métodos son evaluaciones rápidas del ecosistema. Birk y Herring 2006 realizan una comparación directa de los métodos de valoración usando macroinvertebrados como bioindicadores, citados por (Roldán-Pérez, 2016).

A nivel centroamericano, los estudios de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores son recientes, siendo el país de Costa Rica el que ha realizado más estudios sobre estos organismos para comprobar la calidad del agua, como también dicho país es el único en establecer en el 2007 el "Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales" (La Gaceta No. 178, Decreto No. 33903 MINAE-S). El reglamento define el uso del índice biológico BMNWP-CR, adaptado a las condiciones ambientales del país de Costa Rica, en el cual se trabaja a nivel de familias de macroinvertebrados acuáticos, tomando en cuenta únicamente la presencia de las familias y omitiendo la abundancia o riqueza genética, asignando valores de tolerancia entre un rango de 0 a 10 y sumando los mismos para obtener el valor final, citado por (Sermeño-Chicas et al., 2010).

El índice biológico BMNWP-CR ha sido adaptado a los países tropicales, como: Colombia por Roldan-Pérez en 2003 y en Cuba por Muñoz-Riveaux en 2003. También dicho índice biológico ha sido implementado en países como Nicaragua y Honduras; sin embargo, en ambos países aún no ha sido adaptado, citado por (Sermeño-Chicas et al. 2010).

En El Salvador, la utilización de estos organismos como bioindicadores de la calidad de agua se ha realizado en años recientes aplicados a ríos del país. Siendo (Sermeño-Chicas et al. 2010) quienes adaptarían el índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010), teniendo como base el método de cálculo, asignado por puntajes y escalas de medición, propuestos por Hilsenhoff 1987. En el Complejo Estero de Jaltepeque se han llevado a cabo diversos estudios: socioeconómicos, de turismo, sobre la contaminación de la zona, entre otros.

El Estero del Jaltepeque es un ecosistema que ha brindado a lo largo de los años un sustento económico a las poblaciones aledañas debido a que en estas zonas se llevan a cabo actividades tales como *la pesca artesanal, recreativa, deportiva y la acuicultura*, además de que posee una *gran diversidad biológica y escénica* (Ospesca, 2006).

En 1994, la revista de biología tropical publicó un estudio sobre la estructura de macrobentos del estero de Jaltepeque, El Salvador, en el cual describieron la estructura de la fauna macrobentónica del estero a través de 15 puntos de muestreo de 10 m<sup>2</sup> cada uno a lo largo de un gradiente de salinidad. La investigación se llevó a cabo en época seca y en época lluviosa, realizando los muestreos en marea baja, en la cual calcularon, para cada estación, el índice de diversidad de Shannon-Weiner y su equitatividad, obteniendo así una variabilidad de los resultados por la transición de las épocas climáticas (Lara & Zamora, 1994).

Para el 2002, las Naciones Unidas, Santiago de Chile, publicaron una investigación sobre la contaminación de los ríos y los efectos que estos tienen en las áreas costeras y el mar, mencionando así el problema global que es actualmente la contaminación costera. Así mismo, hicieron énfasis en la situación de la contaminación del mar y áreas costeras de la región, señalando que el Estero de Jaltepeque es uno de los ecosistemas más degradados por los vertidos de aguas residuales sin tratamiento, provenientes de ríos contaminados (Escobar, 2002).

En el año 2004 se llevó a cabo una investigación sobre la composición y abundancia de peces comerciales en el estero de Jaltepeque, en la cual implementaron puntos de muestreo según el gradiente de salinidad promedio de todo el canal principal, dando a conocer así que la salinidad influye en la *distribución y abundancia de especies e individuos presentes en el estero* (Candray Zelaya & Rios Molina, 2006).

En el 2007, un *biólogo* y un doctor extendieron un estudio sobre las condiciones de saneamiento de las aguas del estero de Jaltepeque y su relación con la morbilidad, debido a que en los estudios anteriores encontraron niveles de contaminación del agua por coliformes, y esto

influye directamente en la salud de la población y la vida silvestre. Este estudio pretendía servir de *diagnóstico base para orientar las políticas y la inversión en áreas prioritarias, por lo cual era necesario el registro de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos* (García & Hurtado, 2007).

En El Salvador, en el año 2008, realizaron una guía de desarrollo sustentable para el estero de Jaltepeque, región La Paz, en la cual implementaron 4 fases de desarrollo para su ejecución, las cuales fueron: el cumplimiento con la normativa vigente, el fortalecimiento de capacidades locales, el desarrollo de normativa faltante (creación de nuevos reglamentos) y, por último, la cooperación del comité de desarrollo turístico. Esta guía establece tres objetivos principales, los cuales están enfocados *en asegurar una adecuada valoración de la importancia que reviste la zona costera para la región de La Paz, y en específico la zona de Estero Jaltepeque, por su valor económico y natural*. Así mismo, destacaron las principales fuentes de contaminación en el estero, las cuales son: los fertilizantes y compuestos nitrogenados que son utilizados de manera inadecuada y la segunda fuente de contaminación es el vertimiento de las aguas residuales (Duhne Backhauss, 2008).

En Los Nonualcos, en El Salvador, efectuaron un estudio de caso con el objetivo *de identificar las relaciones urbano-rurales* que las personas locales consideraban como de mayor beneficio, así como también aquellas que podrían no ser favorables. Se señala que en los últimos años el Estado se ha enfocado en el apoyo al turismo y a los cultivos, expandiéndose en territorio. En los territorios que se han visto más afectados, mencionan el departamento de La Paz, en el cual se encuentra el estero de Jaltepeque, en donde se describe que ha perdido territorio de mangle, humedales, entre otros, a causa de la introducción de zonas turísticas y la urbanización (Gómez, 2016).

## 2.2 Marco legal

El Salvador no cuenta con una ley sobre el uso de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua; sin embargo, cuenta con la “Ley General de Recursos Hídricos”, la cual garantiza el agua y el saneamiento de esta como derechos humanos, mencionando que estas tienen que ser de dominio público, así como presentar una buena calidad y cantidad. Los siguientes artículos tratan sobre la calidad de agua (ASA, 2022).

Art. 1.- El Salvador reconoce el derecho humano al agua siendo este el derecho de todas las personas, a disponer agua de calidad, suficiente, segura, accesible y asequible. Asimismo, también reconoce el derecho humano al saneamiento siendo este el derecho que tienen las personas sin discriminación alguna a un saneamiento que sea salubre, higiénico, seguro, social y que garantice la dignidad. Ambos derechos son componentes del derecho a un nivel de vida adecuado (ASA, 2022).

Art. 2.- La presente Ley es de orden público y tiene como objeto regular la gestión integral de las aguas, su sostenibilidad, garantizar el derecho humano al agua, la seguridad hídrica para una mejor calidad de vida de todos los habitantes del país; y promover el desarrollo humano, social y económico mediante la utilización sustentable de los recursos hídricos (ASA, 2022).

Art. 6.- Conforman el dominio público hidráulico: a) Las aguas continentales, insulares, estuarinas y marinas, sean superficiales o atmosféricas, así como las subterráneas, incluyendo las subsuperficiales y los estratos del subsuelo que las contienen, cualquiera que sea su condición. b) Los cauces y las riberas de corrientes naturales, continuas o discontinuas. c) Los lechos de los lagos, lagunas, embalses, esteros y marismas, ya sean naturales o artificiales. d) Las playas del mar, lagos y lagunas. e) Los terrenos inundados durante las crecidas máximas ordinarias para un período de retorno de veinticinco años de lagos, lagunas, embalses, ríos y aguas desalinizadas. f) Los acuíferos. g) Las aguas procedentes de la desalación de agua del mar. h) Todo el bosque salado/mangle del territorio nacional (ASA, 2022).

Art. 45.- La planificación hídrica es la proyección en forma ordenada, permanente y sostenible de la utilización, aprovechamiento y protección de los recursos hídricos. Se fundamenta en las políticas y estrategias de desarrollo en materia hídrica y tiene una perspectiva de corto, mediano y largo plazo; así como también, en la evolución de los diferentes usos, en el control de la calidad del agua y en la gestión sostenible de los recursos hídricos (ASA, 2022).

Art. 55.- En el inventario hídrico nacional, deberán contener como mínimo sin limitarse a ello la información siguiente: c) Localización, nombre del propietario, volumen anual extraído, ubicación de la fuente de agua, incluyendo las características básicas y calidad de agua. e) Información de la calidad de las masas de aguas superficiales y cambios estacionales (ASA, 2022).

Art. 128.- La información de aguas superficiales, subterráneas y lluvias en calidad y cantidad es necesaria para su incorporación al SIHI, para tal efecto la ASA podrá realizar las acciones tendientes al monitoreo de áreas específicas del país, y así obtener la información necesaria para elaborar el inventario y balance hídrico a nivel regional y nacional (ASA, 2022).

## **2.3 Marco teórico**

### ***2.3.1 Parámetros Físico y Químicos***

#### **2.3.1.1 Calidad de agua**

La calidad de agua constituye las características físicas, químicas y biológicas que un cuerpo de agua posee; estas son cruciales para determinar su capacidad en los diversos usos que se le dan, siendo el agua un recurso vital e indispensable para la vida en el planeta. Para comprobar la calidad del agua, se realiza mediante el análisis de parámetros físico-químicos y biológicos (Aqua, 2021).

#### **2.3.1.2 Principales contaminantes del agua**

- Los agentes patógenos algunas bacterias, virus y parásitos provenientes de residuos orgánicos entran en contacto con el agua.

- Los desechos que requieren oxígeno algunos desperdicios pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Cuando existen grandes poblaciones de estas bacterias, pueden llegar a agotar el oxígeno del agua.

- Las sustancias químicas inorgánicas como los ácidos y los compuestos de metales tóxicos envenenan el agua.

- Las sustancias químicas orgánicas como el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes amenazan la vida en el agua.

- Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas. Estas mueren y se descomponen agotando el oxígeno del agua y provocando la muerte de varias especies marinas (Guadarrama et al., 2016).

- Desechos industriales La industria es una enorme fuente de contaminación del agua, que produce contaminantes que son extremadamente perjudiciales para las personas y para el medio ambiente. Muchas instalaciones de uso industrial de agua dulce suelen verter los residuos de la planta en los ríos, lagos y océanos. Los contaminantes procedentes de fuentes industriales incluyen: amianto; este contaminante es un grave peligro para la salud y cancerígeno. Las fibras de amianto pueden ser inhaladas y provocar enfermedades como la asbestosis, mesotelioma, el cáncer de pulmón, cáncer intestinal y cáncer de hígado (Guadarrama et al., 2016).

### **2.3.1.3 Parámetros Físico y Químicos**

La toma de parámetros físicos y químicos brinda una serie de información extensa sobre la naturaleza química y las propiedades físicas que posee el agua, también estos suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia (Samboni Ruiz et al., 2007).

-Temperatura: La temperatura es una constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse (Rodríguez, 2009).

-pH: el pH es la medida del potencial de hidrógeno en una solución, cuerpo o área. Generalmente, el pH se mide dentro de una escala de 0 a 14. Los valores de 0 a 6 se clasifican como ácidos, mientras que de 8 a 14 como alcalinos. El pH 7 significa que es neutro (Delgado, 2023).

-Turbidez: La turbidez del agua se genera por la presencia de partículas en suspensión. La velocidad de sedimentación de las partículas pequeñas (menores al micrón de diámetro) es muy baja, por lo que requieren tratamiento para lograrla en tiempos útiles. Las mayores a un micrón sedimentan espontáneamente. Mientras algunas son de naturaleza inorgánica (arcillas, fangos y óxidos minerales), que provienen de la erosión del suelo, otras son de naturaleza orgánica (bacterias, parásitos, algas, zooplancton, ácidos fúlvicos y coloides húmicos). Además de las fuentes naturales, las actividades humanas generan efluentes cargados de estas partículas y el aporte de otras sustancias que pueden combinarse con ellas (virus entéricos, contaminantes químicos, cloro, etc) tanto en el cuerpo de agua como en las plantas y redes de distribución (Marcó et al., 2004).

- Salinidad: El término salinidad indica el contenido de gramos de sales disueltas por kilogramo de agua de mar (se utiliza la unidad de peso y no la de volumen porque este último depende más de la temperatura de lo que el peso depende de la aceleración de gravedad, para interiorizarnos al concepto de decantación). No obstante, se utiliza todavía de forma general el símbolo 0/00 con relación a la salinidad y al tipo de matriz (McGuire, 2017).

- Oxígeno disuelto: Es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos, es necesario para la supervivencia de la gran mayoría de animales marinos y niveles muy bajos pueden ser indicativos de altas concentraciones bacterianas. Su solubilidad aumenta cuando disminuyen la temperatura y la salinidad, lo que afecta el porcentaje de saturación óptimo de oxígeno en un cuerpo de agua (Alvarado & Aguilar, 2009).

- Nitratos y nitritos: Los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad de agua. Ambos se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno

de suelo y plantas superiores, aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes, lo que puede ocasionar que los niveles de estos aumenten. Los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utilizan como indicador de contaminación fecal en aguas naturales (Cabrera Molina et al., 2003).

- Amonio: El amonio está presente en el agua como resultado de la descomposición de materia orgánica de plantas y animales, diversas actividades industriales, la desaminación microbiana de las proteínas en un proceso denominado amonificación y por ser el principal producto de excreción de los organismos debido a la necesidad de una alimentación con alta concentración proteica (Cárdenas & Sánchez, 2013).

### **2.3.2 Parámetros Biológicos**

#### **2.3.2.1 ¿Qué son los macroinvertebrados acuáticos?**

Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500  $\mu\text{m}$ , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, como los cangrejos, los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua (Espinoza et al., 2013).

#### **2.3.2.2 Macroinvertebrados acuáticos**

El empleo de comunidades de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de cursos lóticos viene incrementándose en los últimos años, en lo que respecta a la protección de los ambientes acuáticos. A diferencia de los rutinarios y costosos análisis fisicoquímicos y microbiológicos, que sólo proporcionan información puntual e indirecta, la evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, con énfasis en insectos, proporciona una excelente alternativa en el diagnóstico de la calidad de agua (Paredes et al., 2019).

Los macroinvertebrados, en particular los insectos, son un componente importante tanto en la biodiversidad como en el funcionamiento de los ecosistemas dulceacuícolas. Gracias a sus

atributos, los macroinvertebrados acuáticos presentan diversas ventajas para la evaluación de la calidad de agua, entre las cuales destacan: su sensibilidad a los diversos contaminantes, reaccionan relativamente rápido, son omnipresentes, aprovechan prácticamente todos los hábitats disponibles (Barba-Álvarez et al., 2013).

### **2.3.2.3 Biología de los macroinvertebrados**

Los grupos de macroinvertebrados que habitan en agua dulce muestran una gran variedad de adaptaciones, incluyendo importantes diferencias en sus ciclos de vida. Algunos grupos pasan todo, o casi todo, su ciclo de vida en el agua. Ejemplos incluyen chinches (Hemíptera), la mayoría de los escarabajos (Coleóptera; aunque la pupa es generalmente terrestre), crustáceos, moluscos, sanguijuelas y planarias. Por otro lado, los órdenes de insectos Ephemeroptera, Odonata, Plecóptera, Megaloptera, Trichoptera, Lepidóptera y Díptera tienen adultos terrestres (Hanson et al., 2010).

En muy pocos grupos, como Dryopidae (Coleoptera) y Nematomorpha, solo los adultos son acuáticos. El tiempo de desarrollo es altamente variable, dependiendo de la especie y de factores ambientales, como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento, y puede variar desde pocas semanas hasta varios años. En los ambientes tropicales, los ciclos de vida son por lo general multivoltinos, lo que quiere decir que se dan varias generaciones al año, las cuales se traslapan (Hanson et al., 2010).

### **2.3.2.4 Indicador Biológico**

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica (Antezana et al., 2006).

A diferencia de los análisis fisicoquímicos, que dan información sobre las condiciones en el momento de tomar la muestra, el monitoreo biológico informa tanto de condiciones pasadas como de actuales (Barba-Álvarez et al., 2013).

#### **2.3.2.5 Importancia de los indicadores biológicos**

El uso de especies para detectar procesos y factores en los ecosistemas acuáticos tiene varias ventajas:

- Las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis fisicoquímicos no detectan, es decir, las especies y comunidades bióticas responden a efectos acumuladores intermitentes que en determinado momento un muestreo de variables químicas o físicas pasa por alto.

- La vigilancia biológica evita la determinación regular de un número excesivo de parámetros químicos y físicos, ya que en los organismos se sintetizan o confluyen muchas de estas variables.

- Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados.

- Puesto que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos, su concentración en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental.

- Como no es posible tomar muestras de toda la biota acuática, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de la valoración sobre el estado del ecosistema, a la vez que se obtiene solo la información pertinente, desechando un cúmulo de datos difícil de manejar e interpretar (Antezana et al., 2006).

#### **2.3.2.6 Utilidad de los Bioindicadores**

El principal uso que se le ha dado a los indicadores biológicos ha sido la detección de sustancias contaminantes, ya sean estos metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización) o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases para establecer la calidad de agua (Pérez et al., 2016).

En una escala general, se conoce la asociación de grupos de macroinvertebrados acuáticos con algunas condiciones del entorno donde habitan (Ver tabla 6 en anexo) (Sermeño-Chicas et al., 2010).

### **2.3.3 Complejo Jaltepeque**

Los sitios Ramsar según la Convención de RAMSAR son: “áreas de marismas, pantanos, turberas o de aguas naturales o artificiales, permanentes o temporarias, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros”. “Pueden incluirse las zonas riparias o costeras adyacentes a los humedales y las islas o cuerpos de agua marina de profundidad mayor a seis metros en marea baja” (Franceschi & Boccanelli, 2005).

El Salvador cuenta con 8 sitios Ramsar, los cuales son: el Área Natural Protegida Laguna El Jocotal, el Complejo Bahía de Jiquilisco, el Embalse Cerrón Grande, la Laguna de Olomega, el Complejo Güija, el Complejo Barra de Santiago, el Complejo Los Cóbanos y el Complejo Jaltepeque (RAMSAR, 2015).

El Complejo Jaltepeque “es la segunda extensión más grande de agua salobre y humedales intermareales arbolados en El Salvador. El sitio incluye una variedad de ecosistemas marinos y costeros como bosques de manglares, playas de arenas, lagunas de agua dulce y ríos estacionarios y permanentes” (RAMSAR, 2021). Los tipos de suelos que posee el estero de Jaltepeque son “suelos empantanados halomórficos, regosoles-aluviales presentes en la llanura aluvial costera, propios de áreas planas o con pendiente leve, con drenaje variable, predominando los de drenaje restringido, latosoles arcillo rojizos y litosoles en la cordillera meridional costera que corresponden a la planicie costera con salinidad variable” (Molina et al., 2010).

Posee una alta biodiversidad de especies de fauna y flora. En conjunto, el humedal y la zona costera de Jiquilisco cumplen una función muy importante dentro del contexto del corredor biológico mesoamericano; poseen importancia en la prevención de catástrofes naturales, control

de la erosión y fijación de suelo. Como también la extracción pesquera, de mariscos, producción salinera, ganadería, caña de azúcar y plantaciones de cocos (Molina et al., 2010).

Según (Molina et al., 2010) las principales especies de fauna que se encuentran en el estero de Jaltepeque son: Moluscos y crustáceos: El manglar favorece la presencia de moluscos marinos con importancia para el consumo humano, tales como casco de burro (*Anadara grandis*), curililla (*Anadara similis*), curil (*Anadara tuberculosa*) y churria (*Mytella guyanensis*), entre otros. Las especies de crustáceos con importancia comercial son: camarón blanco y camarón azul (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*), camaroncillo (*Xiphopenaeus riveti*), el camarón de río (*Macrobrachium tenellum*), mongo (*Lepidophthalmus* sp.) y el cangrejo punche (*Ucides occidentalis*).

Peces: Son 70 especies características de diferentes ecosistemas, como marinas y dulceacuícolas. Los grupos de peces con mayor importancia comercial registrados para la zona son los pargos (*Lutjanus argentiventris*, *L. guttatus*, *L. colorado*, *L. novemfasciatus*, *L. jordani*), corvinas (*Cynoscion phoxocephalus*, *C. stolzmani*), robalos (*Centropomus armatus*, *C. medius*, *C. robalito*, *C. unionensis*) y roncadores (*Haemulopsis leuciscus*, *Pomadasys panamensis*, *P. macracanthus*).

Anfibio: Se reporta la presencia de *Bufo* spp., *Scinax staufferi*, *Physalaemus pustulosus*, *Smilisca baudini*, *Leptodactylus labialis*.

Reptiles: Se han reportado alrededor de 24 especies de reptiles, entre las cuales se pueden mencionar *Iguana iguana*, *Boa constrictor*, *Drymobius margaritiferus*, *Rhinoclemys pulcherrima*, *Kinosternon scorpioides*, etc. La presencia de cocodrilos (*Crocodylus acutus*). Tortugas marinas que hacen uso del sitio para anidación y protección (*Lepidochelys olivácea*, *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea* y *Eretmochelys imbricata*).

Aves: Las aves usan estos sitios para anidación, hábitat y refugio; entre las principales especies de aves se encuentran *Aratinga canivularis*, *Aratinga strenua*, *Amazona auropalliata*, *Falco peregrinus*, *Falco sparverius*, *Herpethotes cachinnas*, etc.

Mamíferos: Entre los mamíferos destacan *Canis latrans*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Odocoileus virginianus*, *Noctilio albiventris*, etc.

La principal flora que presenta el Complejo Jaltepeque son las especies de mangle colorado (*Rhizophora mangle*), mangle rojo (*Rhizophora racemosa*), istatén (*Avicennia germinans*), madresal (*Avicennia bicolor*), botoncillo (*Conocarpus erecta*) y sincahuite (*Laguncularia racemosa*). Dentro de las especies de vegetación acuática de los pantanos de agua dulce están: tule (*Typha domingensis*), juncos, carrizos (*Eleocharis spp.*), hierbas (*Cyperus spp.*), lechugas de agua (*Pistia stratiotes*), jacinto de agua (*Eichornia crassipes*). En la vegetación abierta predominantemente decidua con árboles y arbustos de costa se encuentran: el papaturro (*Coccoloba floribunda*, *Coccoloba caracassana*), ojo de venado (*Mucuna holtonii*), mangollano (*Pithecellobium dulce*) y carbón (*Prosopis juliflora*). La vegetación cerrada principalmente Siempre Verde Tropical se encuentran diversas especies de amates (*Ficus spp.*), hule (*Castilla elastica*), iscanal (*Acacia hindsii*), aguijote o pito montes (*Erythrina fusca*), huesito (*Phyllanthus brasiliensis*) huiscoyol (*Bactris subglobosa*).

## Diseño metodológico

### 4.1 Tipo de investigación

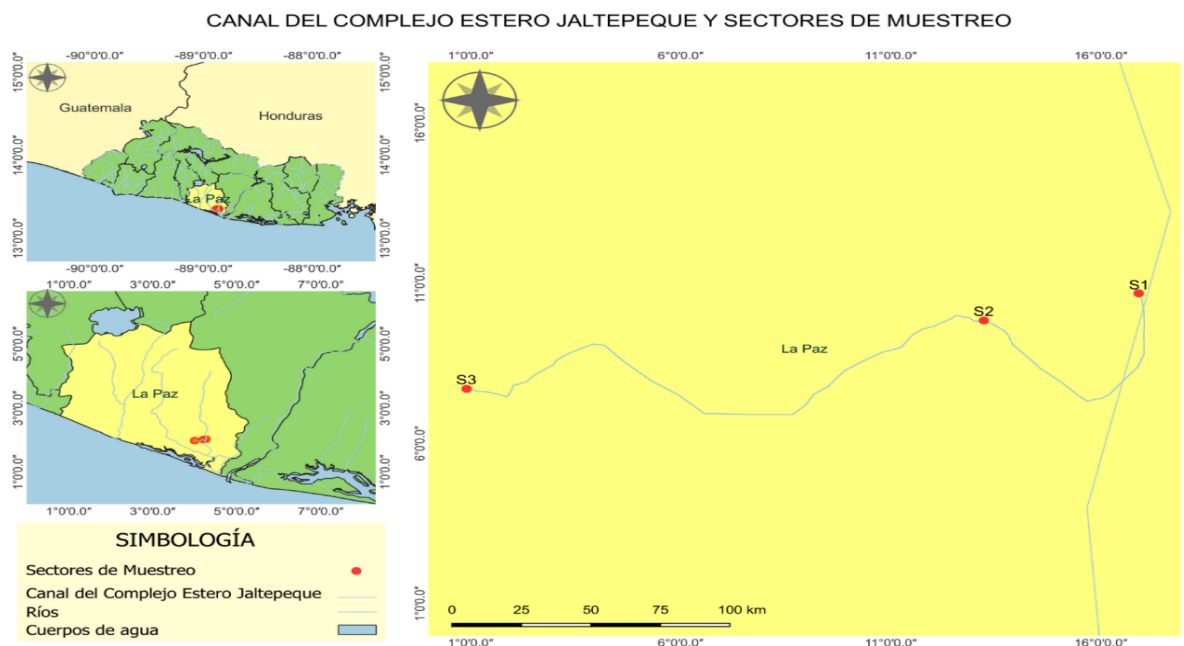
El estudio tiene la finalidad de conocer el grado de asociación que presentan las variables, macroinvertebrados acuáticos con la variable calidad de agua. El diseño de investigación será del tipo descriptivo (Hernández Sampieri, 2014).

### 4.2 Descripción del área de estudio

La investigación para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos se realizó en el Complejo Estero Jaltepeque, seleccionando un canal terciario por la poca capacidad de recambio de su agua que tiene, por la baja salinidad y por la importancia que posee para las comunidades aledañas. determinando 3 sectores de muestreo denominados: sector 1 costado norte limitando con la Camaronera Las Anímas (S1); sector 2 limitando con el río El Chorro (S2); y sector 3 con El Aguaje (S3).

#### **Figura 1**

*Mapa de los sectores de Muestro del canal Complejo Estero de Jaltepeque.*



**Fuente:** elaboración propia.

**Nota:** Se observan los sectores de muestreo S1, S2 y S3 ubicado en el canal Complejo Estero de Jaltepeque, La Paz.

### 4.3 Población y Muestra

La población de interés de este estudio son los macroinvertebrados acuáticos. Las muestras son las familias de macroinvertebrados acuáticos que se colectaron en el canal del estero S1, S2 y S3, Complejo Estero Jaltepeque, distrito de San Luis La Herradura, departamento de La Paz.

### 4.4 Diseño de técnicas de recolección de información

La técnica de recolección de datos que se utilizó en el estudio es la *“técnica de colecta directa”*, esta consiste en que el colector busca de manera activa a los organismos en su ambiente en los sitios donde éstos se distribuyen, los cuales pueden ser hojarasca, suelo, sobre plantas, troncos en descomposición, en el agua, entre otros (Luna, 2005).

La red entomológica es una herramienta diseñada para capturar insectos adultos voladores. Es una bolsa de tela sostenida por un aro de alambre acerado, de 30 cm de diámetro y unida a un mango de madera o metálico de unos 70 cm. El diámetro, tipo de tela y largo de la red pueden variar, de acuerdo al tipo de insectos y lugar donde habitan (Laboratorio de entomología, 2017).

El colador se introdujo parcialmente en el agua, posicionándolo contra la corriente (cuando existía) o agitándose suavemente el sustrato dentro del área delimitada para facilitar el desprendimiento de los macroinvertebrados. En zonas sin corriente, se removió manualmente el sustrato (hojarasca, raíces, macrófitas) frente al colador, permitiendo que los organismos quedaran atrapados en la malla.

En esta técnica se usa la red acuática o la red en forma de D, la cual es utilizada para colectar macroinvertebrados acuáticos, esta red está compuesta por un mango rígido y su red plástica de malla fina. Esta es *colocada en contra de la corriente moviendo el sustrato debajo del agua para que los organismos sean llevados por la corriente a la red. En sitios donde no hay corriente, se procede a mover la red en el fondo y a golpear en la vegetación acuática* (Luna,

2005). La red aérea es utilizada para la captura de individuos adultos voladores (Laboratorio de entomología, 2017).

Así mismo se implementó el muestreo con colador. Este muestreo de recolecta directa se realiza como un complemento al muestreo con red “D” y consiste en realizar un recorrido exhaustivo por los diferentes micro-hábitats posibles con especial énfasis en aquellos que por su naturaleza es difícil o imposible llegar a determinados espacios reducidos con la red “D”; esta actividad se realiza en el tramo seleccionado a estudiar para ser muestreado con la red “D”. El colador a utilizar debe ser lo suficientemente amplio como para capturar sin mayor dificultad los organismos vivos que se encuentren en el lugar de estudio. Las dimensiones del colador suelen variar, el colador utilizado fue de 20 cm de diámetro. El muestreo con colador se realizó intensivamente durante 30 minutos (Sermeño-Chicas et al., 2010).

Los instrumentos que se usaron para ejecutar la técnica de colecta directa son:

- Redes aéreas.
- Redes entomológicas.
- Redes acuáticas o red en forma de D.
- Bolsas Ziploc (16.5 cm x 14.9 cm)
- Etiquetas de colecta.
- Frasco de diferentes tamaños.
- Hielera.
- Colador plástico 20 cm de diámetro.
- Pinzas entomológicas.
- Pincel.
- Alcohol etílico al 70% y al 90%.
- Bitácora de campo.
- Teléfono y GPS.

#### 4.5 Método de recolección de muestras biológicas

El área de estudio se delimitó en tres sectores de donde partieron los tres puntos de muestreo, cada sector se georreferenció usando un GPS (UTM Geo Map). En donde se tomaron las coordenadas de cada uno. Sector 1 ( $13^{\circ}21'21''\text{N}$   $88^{\circ}51'43''\text{W}$ ), Sector 2 ( $13^{\circ}21'17''\text{N}$   $88^{\circ}52'01''\text{W}$ ) y Sector 3 ( $13^{\circ}21'06''\text{N}$   $88^{\circ}53'03''\text{W}$ ). El sector (S1) que se ubicó en el costado norte limitando con la Camaronera Las Animas, el sector (S2) limitando con el río El Chorro y sector (S3) con El Aguaje. Para cada uno de los recorridos se utilizó una lancha de motor fuera de borda, en donde cada muestreo tuvo una duración de 6 horas de completo recorrido.

La recolección de muestras se realizó en marea alta una vez por mes, durante el período comprendido entre enero a marzo. Para cada sector se tomó en cuenta que no estuviesen muy sometidos a presión por contaminación seleccionando la diversidad de microhábitat como zonas de corriente suave, fuerte, remanses, nivel de perturbación antropogénica y la materia orgánica presente.

Se selecciono un tramo del canal para cada sector donde se midió el ancho y el largo a muestrear, en el cual las medidas para el sector 1 fueron de 5 metros de ancho y 20 metros de largo, para el sector 2 las medidas fueron de 20 metros de ancho y 20 metros de largo, así mismo para el sector 3 el ancho del canal fue de 10 metros y el largo de 20 metros.

La mayor parte de los muestreos se realizaron a la orilla del canal debido a la variación de profundidades, tomando en cuenta siempre la cantidad de microhábitat presentes.

Los microhábitats presentes en cada uno de los sectores se dividieron en tres submuestras, muestreando durante 15 minutos las tres submuestras, haciendo un total de 45 minutos en cada uno de los sectores de muestreo, colocando estos datos en bitácoras de campo (ver anexo 4).

Para los muestreos se hizo uso del método de colecta red D, dónde la red se colocó a la orilla del canal, de manera vertical, moviéndola suavemente hacia adelante colectando la materia flotante que había y a los macroinvertebrados acuáticos. Está se aplicó de la misma manera en

los microhábitats identificados durante un periodo de 15 minutos. Así mismo para todos los sectores se realizaron muestreos con la red D en la hojarasca aunada al agua, por lo que al terminar cada muestreo, se quitó el exceso de hojarasca procurando que quedarán los organismos a coleccionar, de igual forma para comenzar con los demás sectores se percató que no hubiese ningún organismo del sector anterior, así mismo con la ayuda de pinzas y pinceles, se colocaron los organismos en bolsas ziploc y botes plásticos etiquetados con sus respectivos datos, para preservarlos, de igual manera se colocaron las muestras en una hielera, para almacenarlos.

Las muestras colectadas se almacenaron, etiquetaron y preservaron en recipientes plásticos (botes) y bolsas ziploc con alcohol al 70%. La información obtenida se registró en la bitácora de campo, en la cual se ingresaron datos de colecta como la georreferenciación, la hora de colecta, método de colecta, tipo de microhábitat, correlativo del sector y correlativo de organismo colectado.

Se hizo uso de coladores plásticos como método de colecta directa siendo este utilizado como complemento del método de la red "D" en el cual se realizaron muestreos intensivamente durante 15 minutos en los 3 sectores. Debido a que con este método era más fácil movilizarse en los microhábitats dónde la red "D" no tenía acceso.

La identificación de cada muestra se llevó a cabo en el laboratorio "B" de la sección de Biología, en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador. Para ello se utilizaron dos estereoscopios un electrónico y uno digital.

Se usaron manuales y guías ilustradas para el estudio ecológico y taxonómico de insectos acuáticos, las cuales han sido utilizadas para la identificación de macroinvertebrados a nivel nacional, llegando al nivel taxonómico de familia. Las guías ilustradas que se utilizaron fueron:

- ❖ Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros de los órdenes Megaloptera y Neuroptera en El Salvador (López Sorto et al., 2010).

- ❖ Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Diptera en El Salvador (Menjívar Rosa, 2010).
- ❖ Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Trichoptera en El Salvador (Springer et al., 2010).
- ❖ Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Plecoptera en El Salvador (Gutiérrez-Fonseca, Sermeño Chicas, & Chávez, 2010).
- ❖ Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador (Gutiérrez-Fonseca, 2010).
- ❖ Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Odonata en El Salvador (Gutiérrez-Fonseca, Sermeño Chicas, & Pérez, 2010).
- ❖ Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Ephemeroptera en El Salvador (Serrano-Cervantes & Zepeda Aguilar, 2010).

Calculando así el número de familias que se encuentran presentes para someter dichos datos al Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos para El Salvador (IBF-SV-2010) (Sermeño-Chicas et al., 2010).

Para el inventario de insectos adultos transición agua hojarasca se realizó un pequeño muestreo con red aérea en los mismos sitios de muestreo, además se utilizaron claves taxonómicas postuladas en el libro de Borror titulado *Study of insect 7th Edition* para su identificación (Thiplehorn & Johnson, 2005)

## Figura 2

Colecta de macroinvertebrados acuáticos, en el canal de complejo estero Jaltepeque.



Fuente: elaboración propia.

**Nota:** A Estudiantes haciendo uso de la técnica directa de colecta, utilizando la red “D”, B Instrumento de colecta red “D”.

### 4.6 Método de recolección de datos para la toma de parámetros físicos y químicos

Para la toma de parámetros de calidad de agua se llevaron a cabo una vez al mes durante los meses de enero, febrero y marzo en cada uno de los muestreos. Los datos obtenidos se registraron en la bitácora de campo.

Para el registro de la temperatura del agua superficial y de fondo, fueron determinados para cada sector, se tomaron los datos utilizando un termómetro de mercurio.

Para la toma de oxígeno disuelto tanto de agua superficial y de fondo, ambos se midieron, utilizando un oxímetro modelo YSI PRO-20 en cada sector de muestreo.

La salinidad se midió para cada sector de muestreo, con la utilización de un refractómetro manual. Para medir la profundidad y la turbidez de cada sector se utilizó un disco de secchi. Para determinar el pH del agua en cada sector se utilizaron tiras de papel litmus. En cuanto a la medición de parámetros nitratos, nitritos y amonio se utilizó un kit colorimétrico marca API, tomando las muestras in situ para cada uno de los sectores.








## 4.6 Técnicas de análisis

Dentro de este estudio se usó la técnica estadística descriptiva, para evidenciar los datos obtenidos, con la finalidad de tener una mayor sistematización de estos.

### 4.6.1 Cálculo del índice Biológico a nivel de Familias

**Tabla 1**

*Índice Biológico a nivel de Familias (IBF).*

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	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 sustancial es 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

**Nota:** Valores de tolerancia que poseen los macroinvertebrados acuáticos. (Sermeño-Chicas et al., 2010).

Además, se utilizó el Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010) para el análisis de los datos, éste consiste en la asignación de puntajes y escalas de medición, propuestos por Hilsenhoff en 1987. Según Hilsenhoff propone un puntaje para la evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de los macroinvertebrados, que comprende los valores de **0** indicando baja tolerancia y los cercanos a **10** a una alta tolerancia a la contaminación del agua, citado por (Sermeño-Chicas et al., 2010). Por otro lado, la abundancia relativa se considera como una característica propia de cada punto o sitio muestreado (Sermeño-Chicas et al., 2010).

### ¿Cómo se aplica el Índice biológico por familia?

El IBF es calculado por la multiplicación del número de artrópodos en cada familia por el valor de tolerancia de esa familia, sumando los productos, y dividiendo por total de artrópodos en la muestra según la siguiente ecuación (Hernández Rivera & Orellana Hernández, 2015).

$$IBF = \frac{1/\sum ni ti}{N}$$

Dónde:

N = número total de individuos en la muestra (Estación).

ni = número de individuos en una Familia (taxón i).

ti = puntaje de tolerancia de cada Familia (taxón i).

## Resultados

### 5.1 Parámetros físicos y químicos

**Salinidad:** durante los meses de muestreo varió entre 0 y 16 ppm. El mayor valor se registró en el sector 2 (enero y marzo), con 10 y 16 ppm, mientras que el sector 3 en la colecta 1 y el sector 1 en la colecta 2 presentaron 0 ppm.

**Oxígeno disuelto:** en la colecta 1 se mantuvo entre 3 y 5 mg/L en los tres sectores. En la colecta 2 disminuyó, alcanzando 0.5 mg/L en el S1. En la colecta 3 los valores oscilaron entre 0.4 y 2.6 mg/L.

**pH:** en las tres colectas se mantuvo entre 7 y 7.9. Únicamente en las colectas 2 y 3 se registraron valores de 6.8 a 6.9 en dos sectores.

**Amonio:** los valores variaron entre 0.15 y 0.35, excepto en el sector 2 de la colecta 3, donde se alcanzó 0.50.

**Nitritos:** se registraron valores nulos en las colectas 1 y 3 en todos los sectores; únicamente en el sector 2 de la colecta 2 se reportó 0.1 ppm.

**Nitratos:** el valor más alto fue 23 ppm en la colecta 1, sector 1, mientras que el más bajo fue 5 ppm en la colecta 3, sector 2.

**Temperatura:** osciló entre 29.1 y 32 °C en superficie y fondo, sin grandes variaciones entre colectas.

**Turbidez:** presentó valores entre 20 y 35 cm en las tres colectas, con excepción de la colecta 3, donde se registraron 10 cm.

**Profundidad:** la columna de agua varió entre 35 y 100 cm, con máximos de 1 a 2 m en el sector 1 durante las colectas 2 y 3.

La evaluación de la toma de parámetros físicos y químicos para los 3 sectores, en tres fechas, se representa en las siguientes tablas.

**Tabla 2**

*Parámetros físicos y químicos de la visita de colecta 1 el día 25 de enero del 2025.*

Sectores de muestra	Salinidad (Ppm)	Oxígeno disuelto						Temperatura del agua	
		Superficie (mg/L)	Fondo (mg/L)	pH	Amonio (Ppm)	Nitritos (Ppm)	Nitratos (Ppm)	Superficie (°C)	Fondo (°C)
S1	5	3.7	3.4	7.9	0.15	0	23	29.9	29.6
S2	10	3.3	3	7.5	0.20	0	14	29.7	29.6
S3	0	5	3.9	7.4	0.20	0	10	29.7	29.6

*Fuente: elaboración propia.*

**Tabla 3**

*Parámetros físicos y químicos de la visita de colecta 2 el día 25 de febrero del 2025.*

Sectores de muestra	Salinidad (Ppm)	Oxígeno disuelto						Temperatura del agua	
		Superficie (mg/L)	Fondo (mg/L)	pH	Amonio (Ppm)	Nitritos (Ppm)	Nitratos (Ppm)	Superficie (°C)	Fondo (°C)
S1	0	1.4	0.5	7.3	0.35	0	18	29.1	29.1
S2	0.3	3.1	1.9	6.8	0.30	0.1	10	30.6	30.9
S3	5	2.7	2.0	7	0.25	0	20	30.6	30.5

*Fuente: elaboración propia.*

**Tabla 4**

*Parámetros físicos y químicos de la visita de colecta 3 el día 25 de marzo del 2025.*

Sectores de muestra	Salinidad (Ppm)	Oxígeno disuelto						Temperatura del agua	
		Superficie (mg/L)	Fondo (mg/L)	pH	Amonio (Ppm)	Nitritos (Ppm)	Nitratos (Ppm)	Superficie (°C)	Fondo (°C)
S1	0.7	0.5	0.4	7.4	0.25	0	20	30.4	30.5
S2	16	2.6	2.4	7	0.50	0	5.0	31.2	32.0
S3	0.5	0.9	0.5	6.9	0.20	0	10	30.4	30.6

*Fuente: elaboración propia.*

## 5.2 Parámetros biológicos

### 5.2.1 *Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos*

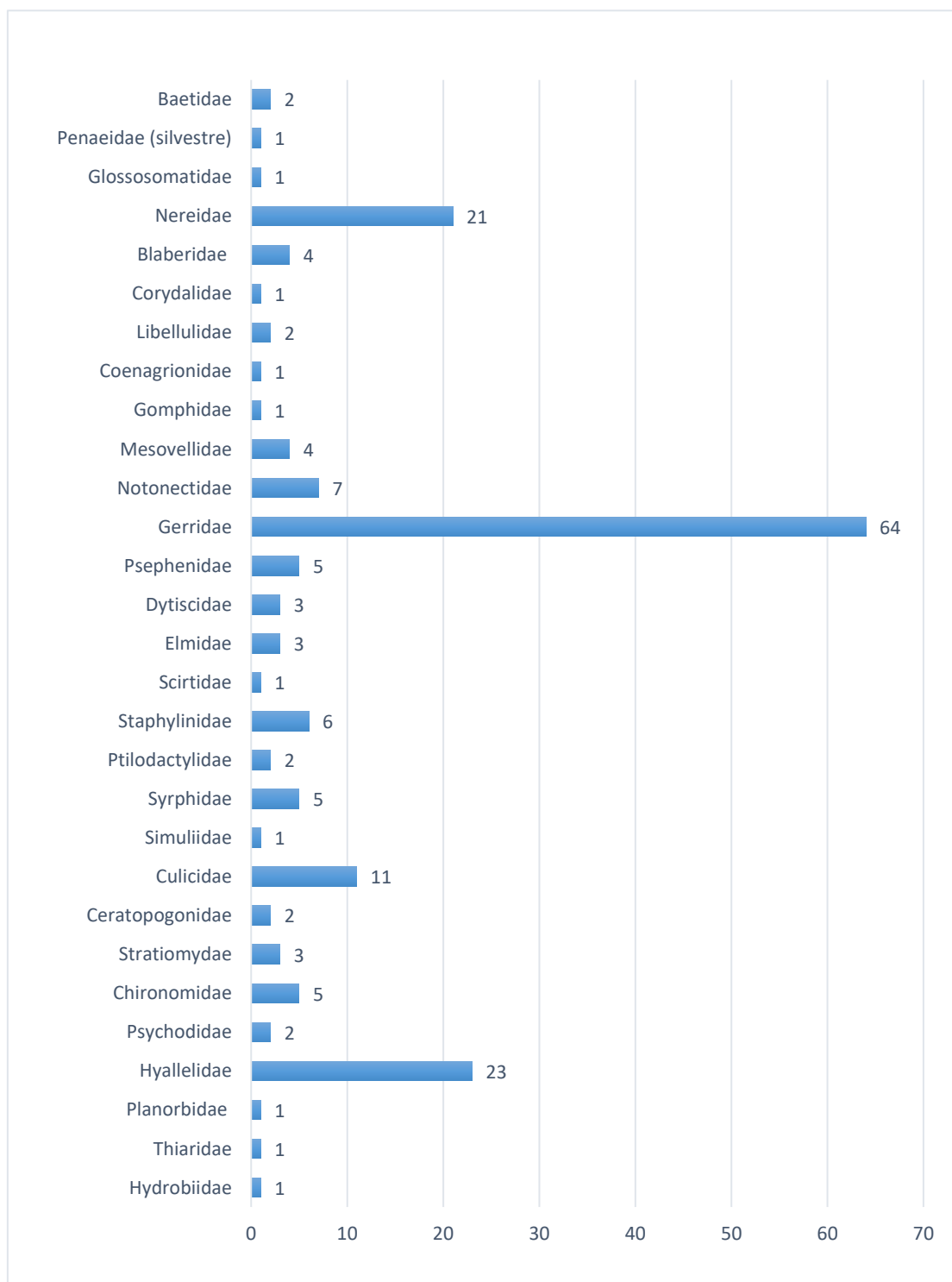
La diversidad y abundancia se representa mediante la cuantificación de los individuos recolectados. De esta manera se colectaron 184 individuos de macroinvertebrados, clasificados en 12 órdenes y 29 familias.

El mayor número de familias encontradas se presenta en 2 órdenes; estos son: orden Díptera con 7 familias y Coleóptera con 6. Mientras que los órdenes representados por el menor número de familias son: Megaloptera, Blattodea, Phyllococida, Trichoptera, Decapoda y Ephemeroptera. Representados por 1 familia cada uno. Las familias con más abundancia de individuos son: Gerridae (64 individuos), Hyallelidae (23 individuos) y Nereidae (21 individuos). De igual forma, se encontraron familias con un único representante; estas son: Hydrobiidae, Thiaridae, Planorbidae, Stratiomyidae, Scirtidae, Gomphidae, Simuliidae, Coenagrionidae, Corydalidae, Glossosomatidae y Penaeidae (Gráfica 1) (Anexo 5, tabla 7).

En el sector 1 es donde se presenta la mayor abundancia de familias encontradas con un total de 22, siendo la más representativa Gerridae (59 individuos) (Gráfica 2). El sector 3 representado por un total de 11 familias colectadas, donde la más abundante es la familia Gerridae (5 individuos) (Gráfica 4). A diferencia del S1 y S3, el S2 es el que presenta una minoría de familias encontradas con apenas 6, en la que Culicidae presenta la mayor abundancia en este sector (6 individuos) (Gráfica 3) (Anexo 5, tabla 9).

### Gráfica 1

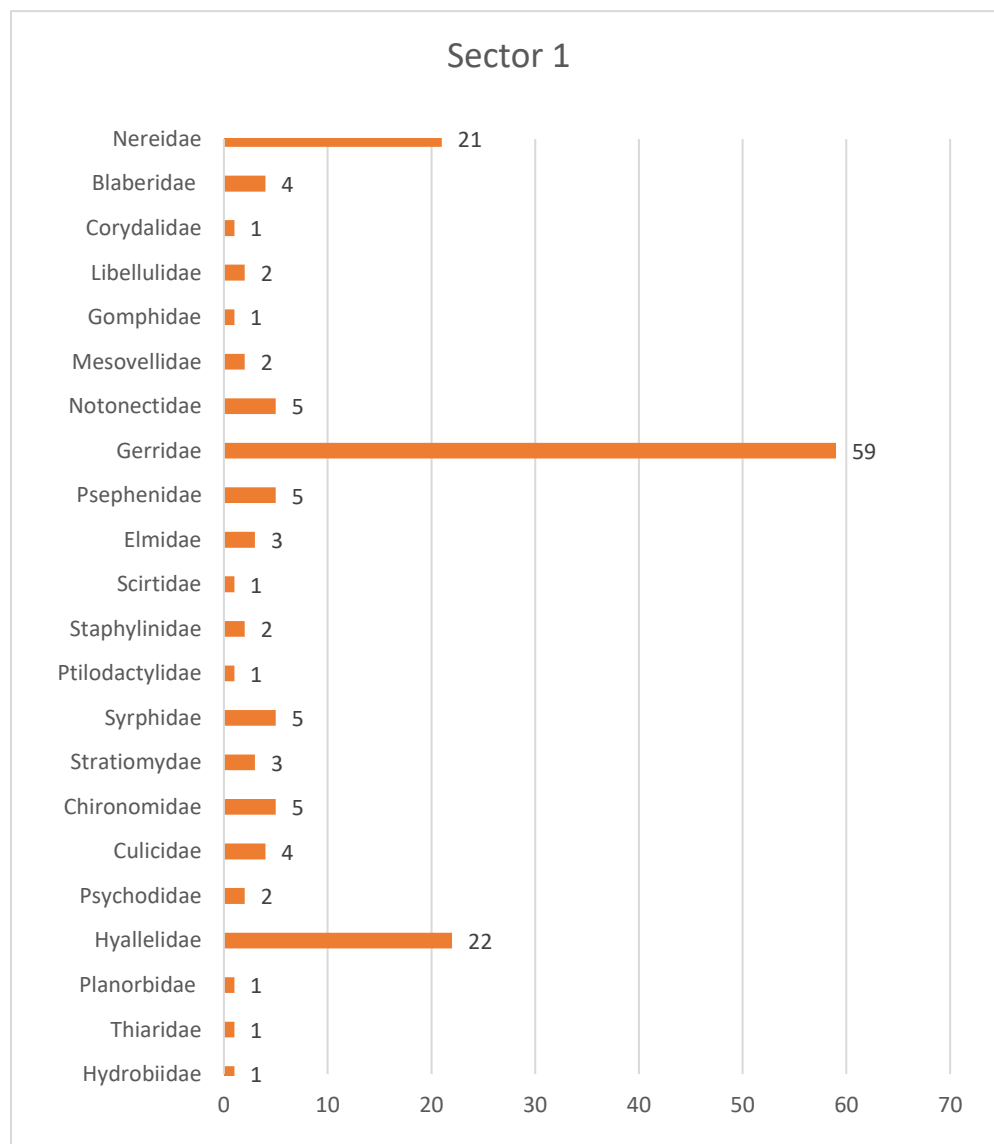
Representación del número y la abundancia de familias encontradas en tres sectores del canal del estero de Jaltepeque La Paz.



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 2**

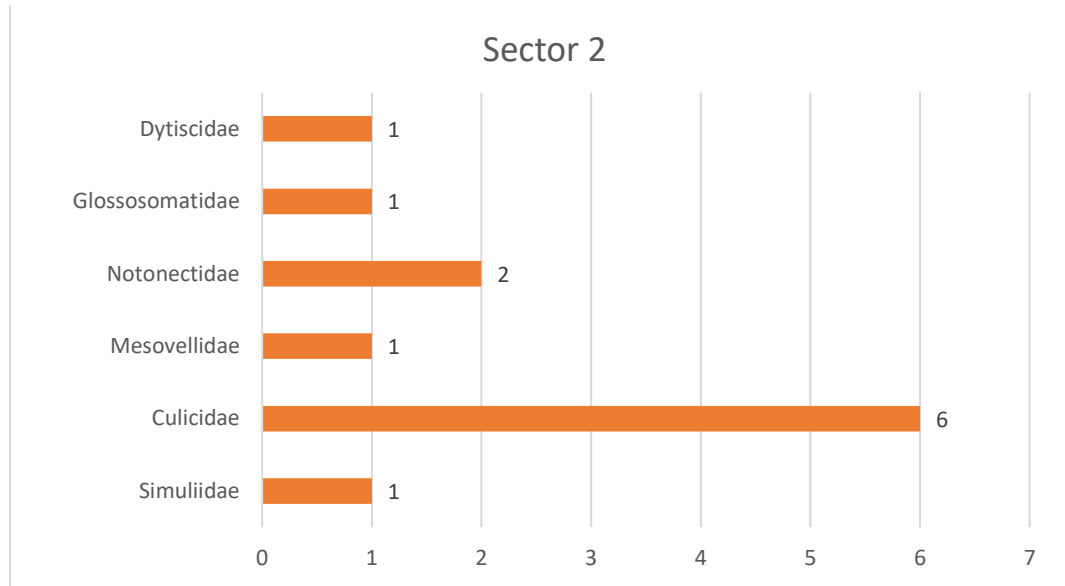
*Número de especies de macroinvertebrados acuáticos encontrados por familia en el sector 1 ubicado en el costado norte limitando con la Camaronera Las Animas.*



**Fuente: elaboración propia.**

### Gráfica 3

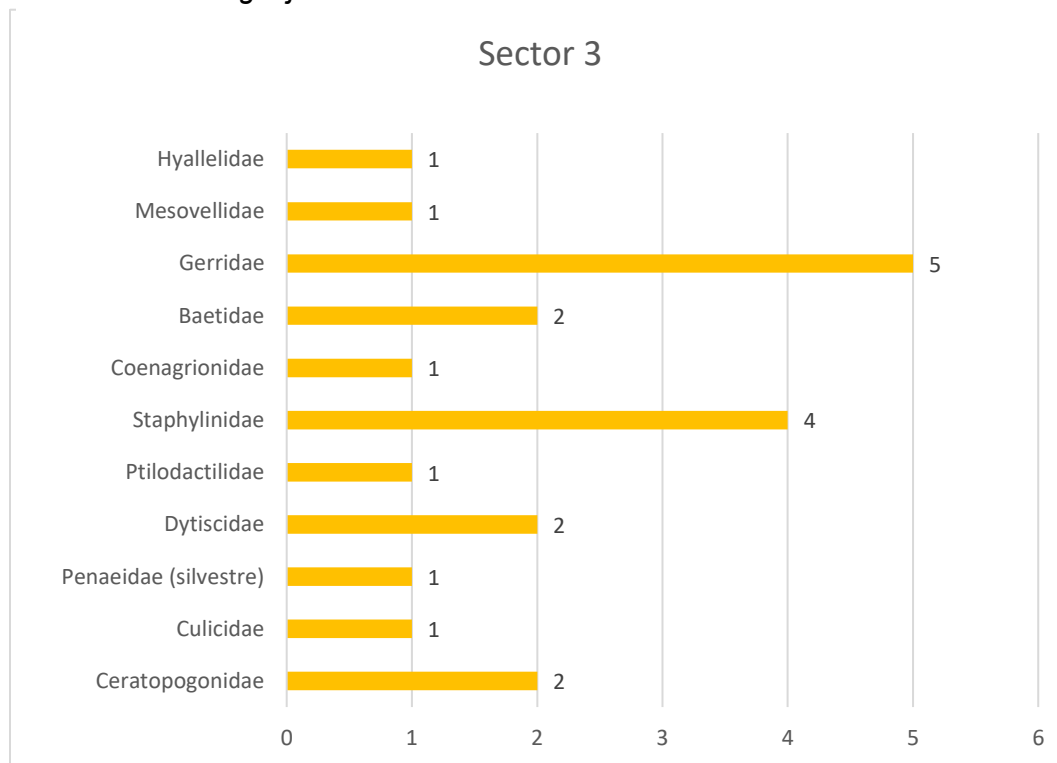
Número de familias e individuos encontrados en el sector 2 que se ubica limitando con Río el Chorro.



Fuente: elaboración propia.

### Gráfica 4

Cantidad de Familias y número de especies encontradas en el sector 3 denominado El Aguaje.






Fuente: elaboración propia.

### Índice biológico por familias (IBF-SV-2010)

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el análisis del índice biológico por familias adaptado para El Salvador; en los tres sectores se encontraron puntajes desde 6.55 en el S1, 6.92 en el S2 y 6.43 en el S3 (Tabla 4). Lo que significa que los sectores S1 y S2 se clasifican en la categoría 6, con valores del IBF-SV-2010 de 6.51-7.25. Valores que determinan la calidad del agua como “pobre”. Interpretando así el grado de contaminación orgánica como contaminación muy sustancial probable. Así mismo, para el S3, el puntaje encontrado lo cataloga en la categoría 5, con valores del IBF-SV-2010 de 5.76-6.50, dando un resultado de la calidad del agua como “Regular pobre”, y su interpretación del grado de contaminación orgánica es contaminación sustancial probable.

**Tabla 5**




*Interpretación de la calidad del agua según el valor del índice biológico por familias de macroinvertebrados acuáticos adaptados para El Salvador (IBF-SV-2010).*

Sectores	Categoría	IBF-SV-2010	Calidad del agua	Grado de Contaminación
S1	6 	6.55	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
S2	6 	6.92	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
S3	5 	6.43	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable

**Fuente: elaboración propia.**

**Nota:** se observa la clasificación del agua de un canal del complejo estero de Jaltepeque La Paz, dividido en tres sectores: El sector (S1) que se ubicó en el costado norte limitando con la Camaronera Las Animas, el sector (S2) limitando con el río El Chorro y sector (S3) El Aguaje.

### 5.3 Algunas familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en los tres sectores de muestreo S1, S2 Y S3, en el canal del Complejo Estero Jaltepeque

Orden-Familia	Nombre común	Grado de sensibilidad	Relación hábitat-población
 <p data-bbox="272 657 505 716">Orden: Hemiptera Familia: Gerridae</p>	Zapateros	6	<p>Los Gerridae, se encuentran en la superficie de cuerpos de agua como lagos, estanques y ríos. Prefieren hábitats con aguas tranquilas, aunque pueden adaptarse a una amplia gama de condiciones acuáticas, desde aguas limpias hasta ligeramente contaminadas. Tienen una tolerancia relativamente baja a la contaminación en comparación con otras familias, y su presencia puede verse afectada por la alteración del hábitat debido a la calidad del agua o la vegetación acuática disponible (Nuñez et al., 2019) (Pacheco-Chaves, 2010).</p>
 <p data-bbox="204 1186 493 1245">Orden: Diptera Familia: Chironomidae</p>	Mosquitos no picadores	8	<p>Las larvas de Chironomidae son extremadamente adaptables y pueden habitar en una amplia variedad de ambientes acuáticos, desde aguas limpias y oxigenadas hasta aguas eutrofizadas o contaminadas. Conocidos por su alta tolerancia a la contaminación orgánica y condiciones de baja oxigenación. Su capacidad para tolerar niveles bajos de oxígeno y alta concentración de materia orgánica les permite ser indicadores de la calidad del agua (Rosa &amp; Antonio, 2010).</p>
 <p data-bbox="253 1669 565 1728">Orden: Odonata Familia: Coenagrionidae</p>	Caballitos del diablo	9	<p>Los miembros de la familia Coenagrionidae. Prefieren hábitats con aguas de flujo lento, como riachuelos, lagos y estanques. La presencia de vegetación acuática es crucial para su desarrollo. Muestran un grado medio de tolerancia a la contaminación, aunque son más sensibles a la eutrofización y a la alteración de su hábitat acuático (Gutiérrez-Fonseca, Sermeño Chicas, &amp; Pérez, 2010).</p>



Orden: Hemiptera  
Familia: Notonectidae

Nadadores  
de  
espalda

5

Los Notonectidae habitan en cuerpos de agua dulce como estanques, lagos y ríos lentos. Prefieren aguas tranquilas, ricas en vegetación acuática donde pueden refugiarse y cazar presas. Son bastante adaptables a diferentes condiciones de hábitat, aunque generalmente prefieren ambientes con vegetación densa. Son más sensibles a la contaminación que algunas otras familias de insectos acuáticos (Pacheco-Chaves, 2010).



Orden: Gastropoda  
Familia: Planorbidae

Caracoles  
cuerno de  
carnero o  
caracoles  
cuerno de  
borrego

7

Esta familia presenta una disminución de especies a nivel global debido al frágil ciclo reproductivo que poseen, por lo cual perciben las alteraciones del ecosistema, como por ejemplo intervención por prácticas agrícolas (Acuña Guzmán, 2021).



Orden: Coleoptera  
Familia: Dytiscidae

Escarabaj  
o  
buceador  
o  
escarabaj  
o  
buceador  
depredado  
r

7

Los coleópteros son considerados como organismos que habitan en aguas limpias, con un alto valor de tolerancia (Santiago-Fragoso & Sandoval-Manrique, 2001).



Orden: Phyllodocida  
Familia: Nereidae

Gusano de trazo o gusanos de almeja

2

Estos organismos son considerados como buenos monitores de la presencia de compuestos antropogénicos en el medio marino (Elías et al., 2021).



Orden: Diptera  
Familia: Culicidae

Mosquito

10

Esta especie cuenta con especiales adaptaciones para colonizar cualquier hábitat acuático, ya sea con alta cantidad de nutrientes (agua sucia) o escasos nutrientes (agua limpia). Además, son considerados como vectores potenciales biológicos de distintos tipos de virus, protozoos y nemátodos, afectando tanto al hombre como a los animales (Rosa & Antonio, 2010).






Orden: Coleóptera  
Familia: Elmidae

Escarabajos de los rápidos

4

Los elmidos son una familia de escarabajos, presentes en ambientes lóticos cuya alimentación se basa en algas, detritus y material orgánico de origen vegetal (González-Córdoba et al., 2020). Estos poseen gran potencial como bioindicadores y experimentan una creciente inclusión en estudios de calidad de agua, puesto que tanto larvas como adultos son abundantes y frecuentes en gran variedad de microhábitats lóticos. Además, pueden dar una idea de las perturbaciones a mediano y largo plazo por sus ciclos de vida largos y su persistencia en los hábitats colonizados. se consideran más específicos de aguas limpias. Sin embargo, su eficiencia y

	<p>Jejenes o mosquitos mordedores</p>	<p>mecanismos de respiración pueden variar dependiendo de la especie y el estado de desarrollo (González-Córdoba et al., 2020).</p> <p>Las larvas de Ceratopogonidae pueden encontrarse en cualquier hábitat asociado con el agua, temporarios como cúmulos de algas en la playa, charcas en los costados de los caminos, pisadas de animales inundadas, o permanentes como márgenes de ríos, arroyos o lagos y lagunas, y desde el nivel del mar hasta gran altura, algunas especies habitan en la vegetación acuática flotante, algunas se alimentan de detritus y microorganismos (Borkent &amp; Spinelli, 2007).</p>
<p>Orden: Díptera Familia: Ceratopogonidae</p>	<p>8</p>	
	<p>Anfípodos Hyallellidae</p>	<p>Miden entre 5,5 mm y 10,5 mm. Son de coloración blanquecina o amarillenta. Presenta ojos y no tienen palpo mandibular. Viven en aguas corrientes y remansos de quebradas. Su presencia se asocia a la materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones. Estas especies muestran una tolerancia moderada a la contaminación orgánica y a diversos contaminantes (Velasteguí Carrillo, 2020).</p>
<p>Orden: Amphipoda Familia: Hyallellidae</p>	<p>7</p>	
	<p>Efímeras pequeñas o efímeras pececillos pequeños</p>	<p>Es una de las familias más diversas y abundantes, con preferencia por sustratos específicos y alta sensibilidad a los procesos de degradación e impacto antropogénico, aspectos que permiten postularla como una familia excelente como bioindicador (Forero-Céspedes et al., 2016). En su mayoría, dichos macroinvertebrados son insectos acuáticos con una amplia tolerancia a las alteraciones ambientales (Sibaja Araya, 2022).</p>
<p>Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae</p>	<p>6</p>	

**Fuente: elaboración propia.**

## Discusión

Los resultados obtenidos a partir del trabajo de campo permitieron alcanzar el objetivo general de la investigación, que consistió en determinar la calidad del agua en un canal del complejo estero de Jaltepeque, utilizando como herramienta de evaluación el Índice Biológico a Nivel de Familia (IBF) adaptado para El Salvador. A lo largo de tres meses de colecta (enero, febrero y marzo), y en tres sectores diferentes del canal, fue posible identificar la composición de macroinvertebrados acuáticos presentes y relacionarlos con el nivel de contaminación del agua.

Los valores del IBF indicaron una calidad de agua catalogada como “pobre” en los sectores 1 y 2, siendo estos 6.55 y 6.92 respectivamente, lo que sugiere una probable contaminación orgánica de grado muy sustancial. En el sector 3, aunque se observó una leve mejoría, la calidad fue clasificada como “regular pobre” siendo este 6.43, lo que sigue apuntando a una posible contaminación orgánica, aunque en menor intensidad. Estos resultados reflejan de forma clara el impacto que diversas actividades humanas están ejerciendo sobre el estero. La tala de vegetación de manglar, la pesca artesanal, el desarrollo de actividades recreativas sin regulación y especialmente la expansión de camaroneras y actividades agrícolas, han provocado alteraciones visibles en el ecosistema, afectando directamente los microhábitats de muchas especies acuáticas.

Con respecto al primer objetivo específico, relacionado con la presencia de macroinvertebrados como bioindicadores, la investigación confirmó su utilidad como herramienta diagnóstica. Se registraron un total de 184 individuos, agrupados en 29 familias y 12 órdenes, lo que demuestra que, a pesar de las condiciones adversas, estos organismos aún habitan en la zona y responden de manera predecible a la calidad del agua. Llama la atención que en el sector 2 se identificó una marcada reducción en el número de familias, apenas seis, lo cual podría estar directamente relacionado con la presencia de camaroneras cercanas. Estos sistemas de cultivo intensivo alteran las condiciones naturales del agua, principalmente por el uso de alimentos

balanceados, fertilizantes y la posible acumulación de materia orgánica, lo que disminuye el oxígeno disuelto y afecta la biodiversidad.

Sobre el segundo objetivo específico, enfocado en determinar el método de colecta más adecuado, se comprobó que el uso del colador plástico fue una herramienta efectiva y práctica. A pesar de su sencillez, permitió recolectar una buena representación de los organismos presentes, siendo además una alternativa económica y fácil de manejar, especialmente útil para trabajos de campo en zonas de difícil acceso o con recursos limitados. La elección de este instrumento se justifica no solo por su funcionalidad, sino también porque favorece la replicabilidad del estudio en otros cuerpos de agua similares.

En conjunto, estos hallazgos no solo cumplen con los objetivos planteados, sino que también subrayan la importancia de incorporar herramientas biológicas simples y accesibles para evaluar la calidad ambiental de los cuerpos de agua. El uso de macroinvertebrados acuáticos, más allá de ofrecer resultados confiables, permite involucrar a comunidades locales, estudiantes y técnicos en el monitoreo ambiental de su entorno, promoviendo así una gestión más participativa y sostenible del recurso hídrico.

## Conclusión

El estudio realizado en el canal del estero de Jaltepeque permitió identificar que la calidad del agua presenta un estado alterado, con sectores clasificados como “pobres” y uno como “regular pobre”, lo que refleja una contaminación orgánica significativa. En total, se registraron 184 individuos de macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a 12 órdenes y 29 familias, lo cual evidencia una diversidad limitada para un ecosistema de este tipo.

La presencia dominante de familias tolerantes como Gerridae y Culicidae confirma que las condiciones actuales favorecen organismos resistentes, mientras que las especies más sensibles se ven desplazadas por la presión de actividades humanas, en especial la acuicultura. Asimismo, parámetros como el oxígeno disuelto y la salinidad influyeron en la distribución y abundancia de los macroinvertebrados, demostrando su valor como bioindicadores del estado ecológico. En conjunto, los resultados evidencian que este ecosistema enfrenta riesgos importantes y que es necesario establecer medidas de manejo y conservación para evitar un mayor deterioro y asegurar su sostenibilidad a futuro.

### Recomendaciones

- ❖ Es importante realizar futuros estudios sobre el uso de macroinvertebrados acuáticos en cuerpos de aguas estuarinas, debido a que estos indican el grado de sensibilidad o tolerancia en el que se encuentran los cuerpos hídricos.
- ❖ Se impulsa a utilizar los macroinvertebrados acuáticos para la determinación del nivel de contaminación de un cuerpo de agua, ya sea agua dulce o salobre. Debido a que son un método de bajo costo para la determinación de la calidad de agua.
- ❖ Se deben realizar los muestreos con el método de colecta utilizando coladores plásticos de 20 cm de diámetro, ya que en esta investigación fue el método más eficaz para la colecta de macroinvertebrados acuáticos.
- ❖ Para ambientes de tipo esteros, se recomienda realizar una búsqueda exhaustiva de organismos en microhábitats como troncos sumergidos, hojarasca y raíces de plantas acuáticas como lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), en especies de mangle como mangle colorado (*Rhizophora mangle*), mangle rojo (*Rhizophora racemosa*), istatén (*Avicennia germinans*), madresal (*Avicennia bicolor*), botoncillo (*Conocarpus erecta*) y sincahuite (*Laguncularia racemosa*), tule (*Typha domingensis*), *Eichhornia crassipes*, entre otras.

### Referencias Bibliográficas

- Acuña Guzmán, A. D. (2021). Evaluación del estado de conservación de especies del género *Biomphalaria* (Gastropoda Planorbidae): En Chile según criterios IUCN y Naturereserve. <http://repopib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/3656>
- Alvarado, J. J., & Aguilar, J. F. (2009). Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57, 19-29.
- Antezana, R., Ostoic, F., & Ramos. (2006). Indicadores Biologicos de Calidad del Agua. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50500416/indicadoresBiologicosCalidadAgua-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663916066&Signature=EAgz98L-TSAvz71HyjKiFpzxH5CtDI0YfnsArQ8NQ3ToHFLfPDrUvmYDZp6SIhFLe9Q8mFpLVEKAaEmicKeUrv4uiDC4RMa5VCxR3pTXFifwqSW9uGWuanNgjU6W4I8JyVOOcCSVXPWIKKh7glJtTmefsOOEzSdwdA~dBqPbmrqDlb8vWPCtWX6OjeQOeAHBnZ5a4L2VFO-GXaw7ZlrDNwqJBMy102uVDS94uk-owkqre0lro4F-I8u5MY3JB1eKPR8jvHIPOi6WDwERxKxPd-8p5AgvYvbmtqpXrqJuyznwLJ5-kIHImSDV99BgBurRAT0VWxXbrwO7Y6WGHKG3ag\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50500416/indicadoresBiologicosCalidadAgua-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663916066&Signature=EAgz98L-TSAvz71HyjKiFpzxH5CtDI0YfnsArQ8NQ3ToHFLfPDrUvmYDZp6SIhFLe9Q8mFpLVEKAaEmicKeUrv4uiDC4RMa5VCxR3pTXFifwqSW9uGWuanNgjU6W4I8JyVOOcCSVXPWIKKh7glJtTmefsOOEzSdwdA~dBqPbmrqDlb8vWPCtWX6OjeQOeAHBnZ5a4L2VFO-GXaw7ZlrDNwqJBMy102uVDS94uk-owkqre0lro4F-I8u5MY3JB1eKPR8jvHIPOi6WDwERxKxPd-8p5AgvYvbmtqpXrqJuyznwLJ5-kIHImSDV99BgBurRAT0VWxXbrwO7Y6WGHKG3ag__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Aquae. (2021). ¿Cuál es la calidad perfecta del agua? [Sito Web]. Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/calidad-agua/>
- ASA, A. S. del A. (2022, enero 12). Ley General de Recursos Hídricos. Autoridad Salvadoreña del Agua. <https://www.asa.gob.sv/download/ley-del-agua/>
- Barba-Álvarez, R., De la Lanza-Espino, G., Contreras-Ramos, A., & González-Mora, I. (2013). Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: Casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), 381-383. <https://doi.org/10.7550/rmb.31037>

- Borkent, A., & Spinelli, G. R. (2007). Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta). Pensoft Publishers.
- Cabrera Molina, E., Hernández Garcíadiego, L., Gómez Ruíz, H., & Cañizares Macías, M. del P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(1), 88-92.
- Candray Zelaya, M. A., & Rios Molina, C. W. (2006). Composición y abundancia de la Ictiofauna con importancia comercial en el estero de Jaltepeque, San Luis La Herradura, Departamento de La Paz, El Salvador, C. A. [Bachelor, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8737/>
- Cárdenas, G. L., & Sánchez, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: Orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 15(1), 72-88.
- Delgado, O. (2023). Qué es el pH y cómo medirlo en el cuerpo, el agua y el suelo. SGC-Lab. <https://sgc-lab.com/que-es-el-ph-y-como-medirlo-en-el-cuerpo-el-agua-y-el-suelo/>
- Duhne Backhauss, E. (2008). Guía de desarrollo sustentable para el estero de Jaltepeque región La Paz | CIDOC Virtual. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/guia-de-desarrollo-sustentable-para-el-estero-de-jaltepeque-region-la-paz/>
- Elías, R., Méndez, N., Muniz, P., Cabanillas, R., Gutiérrez-Rojas, C., Rozbaczylo, N., Londoño-Mesa, M. H., Contreras, P. J. G., Cárdenas-Calle, M., Villamar, F., Laverde-Castillo, J. J. A., Brauko, K. M., Braga, M. A., Lana, P. da C., & Díaz-Díaz, O. (2021). Los poliquetos como indicadores biológicos en Latinoamérica y el Caribe. *Marine and Fishery Sciences*, 34(1). <https://doi.org/10.47193/mafis.3412021010301>
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6411>

- Espinoza, W. E. M., López, S. Y. P., & González, S. Y. T. (2013). Utilización de macroinvertebrados para determinar la calidad del agua superficial y su aplicación por los Comités de Vigilancia Ambiental en la Cuenca Estero San Diego. 111.
- Forero-Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., & Reinoso-Flórez, G. (2016). Composition and structure of the Baetidae family (Insecta: Ephemeroptera) in a Colombian Andean basin. *Hidrobiológica*, 26(3), 459-474.
- Franceschi, E., & Boccanelli, S. I. (2005). Los sitios Ramsar. 2.
- García, D. J. U., & Hurtado, V. M. N. (2007). Condiciones de saneamiento de las aguas del estero de Jaltepeque y su relación con la morbilidad.
- Gómez, I. (2016). Caso de estudio Nexos urbano-rurales en el territorio Los Nonualcos, El Salvador. 218, 29.
- González-Córdoba, M., Zúñiga, M. del C., Manzo, V., González-Córdoba, M., Zúñiga, M. del C., & Manzo, V. (2020). La familia Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) en Colombia: riqueza taxonómica y distribución. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 522-553. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1062>
- Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G., & Salas, M. (2016). Contaminación del agua. 2(5), 1-10.
- Gutiérrez-Fonseca, P. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador. Editorial Universitaria UES. [https://www.researchgate.net/publication/261948648\\_Guia\\_ilustrada\\_para\\_el\\_estudio\\_e\\_cologico\\_y\\_taxonomico\\_de\\_los\\_insectos\\_acuaticos\\_del\\_Orden\\_Coleoptera\\_en\\_El\\_Salvador](https://www.researchgate.net/publication/261948648_Guia_ilustrada_para_el_estudio_e_cologico_y_taxonomico_de_los_insectos_acuaticos_del_Orden_Coleoptera_en_El_Salvador)
- Gutiérrez-Fonseca, P., Sermeño Chicas, J. M., & Chávez, J. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Plecoptera en El Salvador. Editorial Universitaria UES. [https://www.researchgate.net/publication/261948850\\_Guia\\_ilustrada\\_para\\_el\\_estudio\\_e](https://www.researchgate.net/publication/261948850_Guia_ilustrada_para_el_estudio_e)

cologico\_y\_taxonomico\_de\_los\_insectos\_acuaticos\_inmaduros\_del\_Orden\_Plecoptera\_en\_El\_Salvador

Gutiérrez-Fonseca, P., Sermeño Chicas, J. M., & Pérez, D. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Odonata en El Salvador. Editorial Universitaria UES.  
[https://www.researchgate.net/publication/261948854\\_Guia\\_ilustrada\\_para\\_el\\_estudio\\_ecologico\\_y\\_taxonomico\\_de\\_los\\_insectos\\_acuaticos\\_inmaduros\\_del\\_Orden\\_Odonata\\_en\\_El\\_Salvador](https://www.researchgate.net/publication/261948854_Guia_ilustrada_para_el_estudio_ecologico_y_taxonomico_de_los_insectos_acuaticos_inmaduros_del_Orden_Odonata_en_El_Salvador)

Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.

Hernández Rivera, R. E., & Orellana Hernández, P. E. (2015). Reconocimiento de macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad ambiental del agua del río Comalapa, departamento La paz, El Salvador [Engd, Universidad de El Salvador].  
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8927/>

Hernández Sampieri, R. / F. C. (2014). Metodología de la investigación, Sexta Edición (Sexta). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.  
<http://www.digitalrepositorio.com/items/show/2>

Laboratorio de entomología. (2017). Herramientas para la recolección de evidencia entomológica. Laboratorio de Entomología.  
<https://entomologiafcyt.wordpress.com/2017/12/01/herramientas-para-la-recoleccion-de-evidencia-entomologica/>

Lara, O. A. M., & Zamora, J. A. V. (1994). Estructura del macrobentos del estero de Jaltepeque, El Salvador. *Revista de Biología Tropical*, 42(1-2), Article 1-2.

López Sorto, R. E., Sermeño Chicas, J. M., & Pérez, D. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros de los órdenes Megaloptera y Neuroptera en El Salvador / (1. edición). Universidad de El Salvador,.

<https://es.scribd.com/document/466302936/Guia-ilustrada-para-el-estudio-ecologico-y-taxonomico-de-los-insectos-acuaticos-inmaduros-de-los-ordenes-Megaloptera-y-Neuroptera-en-El-Salvador>

Luna, J. M. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. 37, 24.

Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., Garcia, M. d, Marcó, L., & Azario, R. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4(11).

McGuire, G. (2017). Determinación de salinidad en agua de mar y pisciculturas. <https://docplayer.es/75994033-Determinacion-de-salinidad-en-agua-de-mar-y-pisciculturas-george-mc-guire-r-coordinador-de-aplicaciones.html>

Menjívar Rosa, R. A. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Díptera en El Salvador. Editorial Universitaria UES. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/3029/>

Molina, O., Villacorta Monzón, R. F., Zavala Velásquez, C. A., & Zepeda Meléndez, V. (2010). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, Complejo Jaltepeque (FIR/CJ). [https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/SV1935RISformer\\_180613.pdf](https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/SV1935RISformer_180613.pdf)

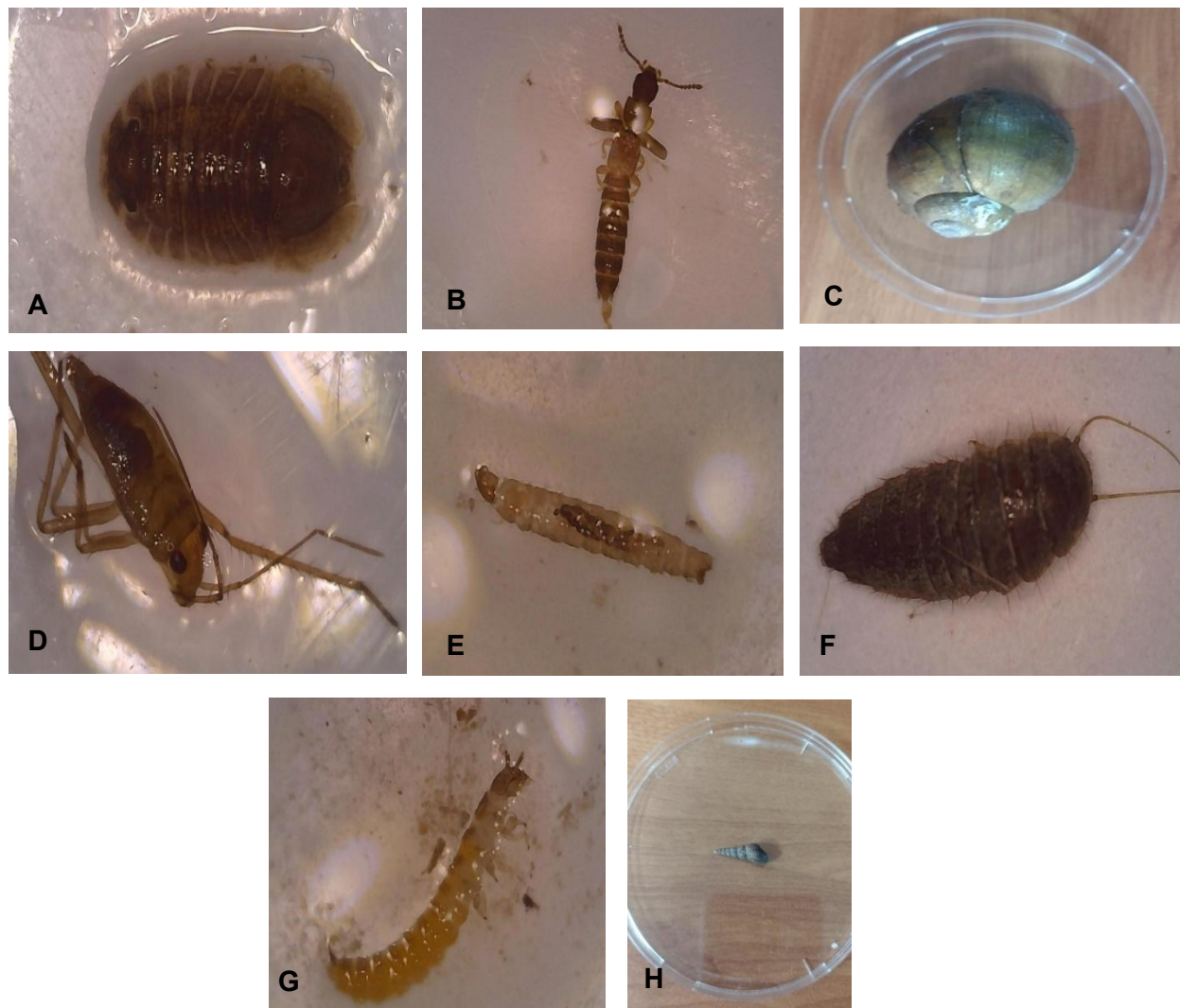
Núñez, J. C., Fragoso-Castilla, P. J., Núñez, J. C., & Fragoso-Castilla, P. J. (2019). Uso de Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación del Agua de la Ciénaga Mata de Palma (Colombia). *Información tecnológica*, 30(5), 319-330. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500319>

Ospesca. (2006). Caracterización del Estero de Jaltepeque, con Énfasis en la Pesca y la Acuicultura. Borrador. [https://www.sica.int/documentos/caracterizacion-del-estero-de-jaltepeque-con-efasis-en-la-pesca-y-la-acuicultura-borrador\\_1\\_13941.html](https://www.sica.int/documentos/caracterizacion-del-estero-de-jaltepeque-con-efasis-en-la-pesca-y-la-acuicultura-borrador_1_13941.html)

- Pacheco-Chaves, B. (2010). (PDF) FORMULACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA ESTANDARIZADA PARA DETERMINAR LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS DE EL SALVADOR, UTILIZANDO INSECTOS ACUÁTICOS Elaboración de mapas. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/261877415\\_FORMULACION\\_DE\\_UNA\\_GUIA\\_METODOLOGICA\\_ESTANDARIZADA\\_PARA\\_DETERMINAR\\_LA\\_CALIDAD\\_AMBIENTAL\\_DE\\_LAS\\_AGUAS\\_DE\\_LOS\\_RIOS\\_DE\\_EL\\_SALVADOR\\_UTILIZANDO\\_INSECTOS\\_ACUATICOS\\_Elaboracion\\_de\\_mapas](https://www.researchgate.net/publication/261877415_FORMULACION_DE_UNA_GUIA_METODOLOGICA_ESTANDARIZADA_PARA_DETERMINAR_LA_CALIDAD_AMBIENTAL_DE_LAS_AGUAS_DE_LOS_RIOS_DE_EL_SALVADOR_UTILIZANDO_INSECTOS_ACUATICOS_Elaboracion_de_mapas)
- Paredes, C., Iannacone, J., & Alvariano, L. (2019). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú | Revista Peruana de Entomología. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/189>
- Pérez, A., Marlene, E., Polanco, R., Luz, D., Sermeño, S., & Johana, E. (2016). Identificación de insectos acuáticos bioindicadores de la calidad ambiental del agua en ríos del área natural protegida la Magdalena en la época seca-lluviosa, durante el año 2016. 106.
- RAMSAR. (2015). El Salvador | Convention on Wetlands [Ramsar]. Ramsar. <https://www.ramsar.org/es/humedal/el-salvador>
- RAMSAR. (2021). Complejo Jaltepeque | Servicio de Información sobre Sitios Ramsar [Ramsar]. Ramsar. <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1935>
- Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. Pensamiento Actual, 9(12-13), 125-134.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista de la Academia

- Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(155), Article 155.  
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Rosa, M., & Antonio, R. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Díptera en El Salvador.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14492/2276>
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Santiago-Fragoso, S., & Sandoval-Manrique, J. C. (2001). Coleópteros acuáticos y su relación con la dinámica fisicoquímica del Río Cuautla (Tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México. *Hidrobiológica*, 11(1), 19-29.
- Sermeño-Chicas, J. M., Serrano-Cervantes, L., Springer, M., Paniagua Cienfuegos, M. R., Pérez, D., Rivas Flores, A. W., Menjivar Rosa, R. A., Bonilla de Torres, B. L., Carranza Estrada, F. A., Flores Tensos, J. M., González, C. de los A., Gutiérrez-Fonseca, P., Hernández Martínez, M. Á., Monterrosa Urias, A. J., & Arias de Linares, A. Y. (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) [Monografía]. Editorial Universitaria. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2995/>
- Serrano-Cervantes, L., & Zepeda Aguilar, J. A. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Ephemeroptera en El Salvador. Editorial Universitaria UES. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2275>
- Sibaja Araya, F. A. (2022). Efemerópteros del género *Camelobaetidius* (Ephemeroptera: Baetidae) como bioindicadores en ecosistemas lóticos de Costa Rica: ACLA-P. *Research journal of the Costa Rican Distance Education University: Cuadernos de Investigación UNED*, 14(Extra 1), 47.

- Springer, M., Serrano, L., & Aguilar, A. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Trichoptera en El Salvador. Editorial Universitaria UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/7777ec4a-fd41-48c8-8ad0-03e154b651fa>
- Thiplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). Borror & Delong 2005. Study of Insects (7.<sup>a</sup> ed., Vol. 1-7 tb Edition). Thomson Brooks/Cole. [https://www.academia.edu/30669150/Borror\\_and\\_Delong\\_2005\\_Study\\_of\\_Insects](https://www.academia.edu/30669150/Borror_and_Delong_2005_Study_of_Insects)
- Velasteguí Carrillo, V. A. (2020). Evaluación de la relación existente entre la presencia de macroinvertebrados acuáticos y la fisicoquímica del agua en ríos de montaña [masterThesis, Quito, 2020.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20761>

**Anexo 1 Macroinvertebrados acuáticos**

**Nota:** **A.** Familia Psephenidae, **B.** Familia Staphylinidae, **C.** Familia Hydrobiidae, **D.** Familia Mesovellidae, **E.** Familia Psychodidae, **F.** Familia Scirtidae, **G.** Familia Ptilodactylidae, **H.** Familia Thiaridae.

## Anexo 2 Colecta, toma de parámetros y actividades antrópicas



**Nota:** **A.** Colecta de macroinvertebrados, **B.** Medición del tramo de muestreo, **C.** Materiales utilizados para el almacenamiento de muestras, **D.** Toma de turbidez y nivel de columna de agua, **E.** Toma de Oxígeno disuelto, **F.** Salinidad, **G.** Toma de amonio, nitritos y nitratos, **H.** Proliferación de jacinto de agua, **I.** Extracción de peces sambo, por lugareños, **J.** Tránsito de pescadores, **K.** Actividades recreativa por lugareños, **L.** Personas realizando actividades de pesca, **M.** Presencia de ganado.

**Anexo 3** Tabla de las características generales de los macroinvertebrados acuáticos

**Tabla 6**

*Asociación entre grupos taxonómicos generales de macroinvertebrados acuáticos y en que determinados hábitats pueden abundar.*

<b>Grandes grupos de macroinvertebrados</b>	<b>Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional</b>
<b>Insecta - Ephemeroptera</b>	Son excelentes indicadores de aguas claras y limpias, aunque hay especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica. Por lo regular sus poblaciones son más abundantes en aguas frías que en aguas cálidas y la mayor diversidad se encuentra en aguas con corriente. Los adultos son de vida terrestre y viven pocas horas, suficiente solo para reproducirse
<b>Insecta – Odonata</b>	Sus adultos terrestres comúnmente se les conocen como “caballitos del diablo” o “libélulas”. Sus larvas se encuentran en charcos o lagos, con abundante vegetación en las orillas. Se les considera indicadores de aguas entre limpias y medianamente contaminadas con materia orgánica. Algunas especies pueden soportar altos niveles de contaminación.
<b>Insecta – Hemiptera</b>	En este grupo están las “chinchas de agua”, los cuales se encuentran tanto en aguas estancadas como aguas de corriente. Su hábitat es similar al de los odonatos; por lo que se les considera como indicadores en general del mismo tipo de agua.
<b>Insecta – Coleoptera</b>	Este es un grupo muy diverso y abundante. En su mayoría son indicadores de aguas limpias, aunque hay especies que pueden soportar ciertos niveles de contaminación orgánica. Se les encuentra en una gran

---

diversidad de hábitats, tanto en la corriente como en zonas de remansos con vegetación y en aguas estancadas.

Grandes grupos de macroinvertebrados	Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional
--------------------------------------	---

<b>Insecta – Trichoptera</b>	Este grupo se caracteriza porque las larvas construyen refugios o casitas, a partir de piedritas, arena y hojas de árboles. Las larvas viven largos períodos de tiempo en tales refugios, y por ello, con frecuencia pasan inadvertidas por las personas inexpertos en este grupo. Se les considera excelentes indicadores de aguas limpias y frías, aunque hay algunas especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica y altas temperaturas. Junto a los efemerópteros y plecópteros son los mejores indicadores de aguas claras y limpias. Los adultos son terrestres.
------------------------------	---

<b>Insecta - Megaloptera</b>	Son poco diversos y sus larvas viven asociadas a piedras en la zona de corriente de ríos y quebradas. Depredan las larvas de otros insectos acuáticos y pueden tolerar niveles intermedios de contaminación orgánica. Su desarrollo puede durar hasta varios años y los adultos terrestres son de vida relativamente corta.
------------------------------	---

<b>Insecta – Diptera</b>	Es un grupo extremadamente diverso. Sus larvas se caracterizan por no poseer patas. Una gran mayoría son indicadoras de aguas contaminadas, siendo las más conocidas las especies pertenecientes a la familia Chironomidae. En algunas familias (Psychodidae, Syrphidae, Ephydriidae) hay especies que soportan los más altos niveles de contaminación. Otras, como la familia Blephariceridae son indicadores
--------------------------	--

---

de aguas claras y limpias. Este orden también tiene importancia médica, ya que muchas especies transmiten enfermedades venéreas (en especial la familia Culicidae).

### **Insecta - Plecoptera**

Es un grupo de poca diversidad en Centroamérica, que vive en aguas muy limpias y claras; preferiblemente frías y bien oxigenadas. En general, son excelentes indicadores de buena calidad del agua.

### **Grandes grupos de Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional macroinvertebrados**

#### **Turbellaria - Tricladida**

A este grupo pertenecen las planarias que pueden llegar a ser abundantes. Viven en aguas estancadas o de poca corriente; con la contaminación orgánica aumenta su número considerablemente. Fundamentalmente viven adheridos a troncos y piedras.

#### **Annelida - Oligochaeta**

Son lombrices de agua y a este grupo pertenece el género Tubifex; el cual es un indicador de máxima contaminación acuática.

#### **Annelida - Hirudinea**

Son las “sanguijuelas”, y su presencia se interpreta como indicadores de aguas contaminadas con materia orgánica, sus poblaciones son típicas de aguas con reciente contaminación o en vías de recuperación.

#### **Mollusca - Gastropoda**

A este grupo pertenecen los caracoles de agua que en general son indicadores de aguas contaminadas con abundante materia orgánica. Es frecuentemente un grupo poco conocido.

**Nota:** La tabla representa diferentes grupos de macroinvertebrados relacionados a su hábitat en el que pueden abundar con respecto a la tolerancia de contaminación (Sermeño-Chicas et al., 2010).

## Anexo 4 Instrumentos de investigación



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**SECCIÓN DE BIOLOGÍA**

## Bitácora de campo N° 1

### Recolección de muestras

Datos generales			
<b>Número de registro:</b> 2		<b>Fecha:</b> 25/01/2025	
<b>Responsables:</b> Araujo Cañenguez, Gabriela Lisbeth Esquivel Montesino, Eunice Mariela Martínez Barahona, Herson David			
<b>Localización:</b> ANP, Canal del Complejo Estero de Jaltepeque S.L.H			
<b>Duración de recorrido:</b> 6 horas			
<b>Ancho de cada punto:</b> punto 1: 5 m, punto 2: 20 m, punto 3: 10 m			
<b>Coordenadas geográficas:</b> <b>Punto 1:</b> (13°21'21"N 88°51'43"W) <b>Punto 2:</b> (13°21'17"N 88°52'01"W) <b>Punto 3:</b> (13°21'06"N 88°53'03"W)			
<b>Altitud:</b> 0 msnm			
<b>Acompañantes en el sitio:</b> Lic. Wendy Karina Archila Acuicultores y pescadores de la zona			
<b>Número de puntos de muestreo:</b> 3			
<b>Transporte:</b> Lancha con motor fuera de borda			
<b>Método de colecta:</b>	Red D: x	Colador: x	Red aérea: x

<b>Datos de colecta</b>				
<b>Correlativo</b>	<b>Correlativo de macroinvertebrado</b>	<b>Hora de colecta</b>	<b>Método de colecta</b>	<b>Tipo de microhábitat</b>
S1	1	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	2	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	3	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	4	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	En el lodo
S1	5	10:00 am a 4:00 pm	Red "D"	Agua
S1	6	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	7	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	8	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	9	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Ambiente húmedo (hojarasca)
S1	10	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca (transición agua-hojarasca)
S1	11	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	12	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	13	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	14	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Agua
S1	15	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Agua
S1	16	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Agua
S1	17	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Agua
S1	18	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	19	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca

S1	20	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Agua
S1	21	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	22	10:00 am a 4:00 pm	Red "D"	Agua
S1	23	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S1	24	10:00 am a 4:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
<b>Toma de parámetros físicos y químicos</b>				
<b>Sector 1</b>		<b>Sector 2</b>		<b>Sector 3</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hora:</b> 10:38 am</li> <li>• <b>Salinidad:</b> 5 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 30 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 3.7 mg/L</li> <li>-Profundidad: 3.4 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 29.9°C</li> <li>-Profundidad: 29.6°C</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Nivel de columna de agua:</b> 80 cm</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hora:</b> 2:35 pm</li> <li>• <b>Salinidad:</b> 10 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 25 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 3.3 mg/L</li> <li>-Profundidad: 3 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 29.7°C</li> <li>-Profundidad: 29.6°C</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Nivel de columna de agua:</b> 50 cm</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hora:</b> 4:30 pm</li> <li>• <b>Salinidad:</b> 0 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 10 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 5 mg/L</li> <li>-Profundidad: 3.9 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 29.7°C</li> <li>-Profundidad: 29.6°C</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Nivel de columna de agua:</b> 45 cm</p>



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
SECCIÓN DE BIOLOGÍA

## Bitácora de campo 2<sup>o</sup>

### Recolección de muestras

Datos generales			
<b>Número de registro:</b> 3		<b>Fecha:</b> 25/02/2025	
<b>Responsables:</b> Araujo Cañenguez, Gabriela Lisbeth Esquivel Montesino, Eunice Mariela Martínez Barahona, Herson David			
<b>Localización:</b> ANP, Canal del Complejo Estero de Jaltepeque S.L.H			
<b>Hora inicial de muestreo:</b> 12:00 pm		<b>Hora final de muestreo:</b> 6:00 pm	
<b>Ancho de cada punto:</b> punto 1: 5 m, punto 2: 20 m, punto 3: 10 m			
<b>Coordenadas geográficas:</b> <b>Punto 1:</b> (13°21'21"N 88°51'43"W) <b>Punto 2:</b> (13°21'17"N 88°52'01"W) <b>Punto 3:</b> (13°21'06"N 88°53'03"W)			
<b>Altitud:</b> 0 msnm			
<b>Acompañantes en el sitio:</b> Lic. Wendy Karina Archila Rene Medardo			
<b>Número de puntos de muestreo:</b> 3			
<b>Método de colecta:</b>	Red D: x	Colador: x	Red aérea: x
Datos de colecta			

<b>Correlativo</b>	<b>Correlativo de macroinvertebrado</b>	<b>Hora de colecta</b>	<b>Método de colecta</b>	<b>Tipo de microhábitat</b>
S2	25	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	26	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Agua
S2	27	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Aire
S2	28	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Aire
S2	29	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Aire
S2	30	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	31	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	32	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	33	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Aire
S2	34	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	35	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	36	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	37	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	38	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	39	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Agua
S2	40	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	41	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	42	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	43	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Hojarasca
S2	44	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	45	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	46	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	47	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua

S2	48	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Agua
S2	49	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	50	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	51	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	52	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	53	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Hojarasca
S2	54	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	55	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	56	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	57	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Hojarasca
S2	58	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Aire
S2	59	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Aire
S2	60	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Aire
S2	61	12:00 pm a 6:00 pm	Red aérea	Aire
S2	62	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	63	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	64	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	65	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	66	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	67	12:00 pm a 6:00 pm	Red "D"	Agua
S2	68	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
S2	69	12:00 pm a 6:00 pm	Colador plástico 20 cm	Hojarasca
<b>Toma de parámetros fisicoquímicos</b>				
<b>Punto 1</b>		<b>Punto 2</b>		<b>Punto 3</b>
• <b>Hora:</b> 12:40 pm		• <b>Hora:</b> 3:50 pm		• <b>Hora:</b> 5:00 pm

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Salinidad:</b> 0 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 30 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 1.4 mg/L</li> <li>-Profundidad: 0.5 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 29.1°C</li> <li>-Profundidad: 29.1°C</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Nivel de columna de agua:</b> 1 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Salinidad:</b> 0.3 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 35 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 3.1 mg/L</li> <li>-Profundidad: 1.9 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 30.6°C</li> <li>-Profundidad: 30.9°C</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Nivel de columna de agua:</b> 06 cm</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Salinidad:</b> 5 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 20 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 2.7 mg/L</li> <li>-Profundidad: 2.0 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 30.6°C</li> <li>-Profundidad: 30.5°C</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Nivel de columna de agua:</b> 35 cm</p>
---	---	---



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**SECCIÓN DE BIOLOGÍA**

## Bitácora de campo 3

### Recolección de muestras

Datos generales	
<b>Número de registro:</b> 4	<b>Fecha:</b> 25/03/2025
<b>Responsables:</b> Araujo Cañenguez, Gabriela Lisbeth Esquivel Montesino, Eunice Mariela Martínez Barahona, Herson David	
<b>Localización:</b> ANP, Canal del Complejo Estero de Jaltepeque S.L.H	
<b>Hora inicial de muestreo:</b> 12:00 pm	<b>Hora final de muestreo:</b> 5:20 pm

<b>Ancho de cada punto: punto 1: 5 m, punto 2: 20 m, punto 3: 10 m</b>				
<b>Coordenadas geográficas:</b>				
<b>Punto 1:</b> (13°21'21"N 88°51'43"W) <b>Punto 2:</b> (13°21'17"N 88°52'01"W) <b>Punto 3:</b> (13°21'06"N 88°53'03"W)				
<b>Altitud:</b> 0 msnm				
<b>Acompañantes en el sitio:</b> Lic. Wendy Karina Archila Rene Medardo				
<b>Número de puntos de muestreo:</b> 3				
<b>Método de colecta:</b>		Red D: x	Colador: x	Red aérea: x
<b>Datos de colecta</b>				
<b>Correlativo</b>	<b>Correlativo de macroinvertebrado</b>	<b>Hora de colecta</b>	<b>Método de colecta</b>	<b>Tipo de microhábitat</b>
S1	70	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua, en planta acuática
S1	71	12:00 pm a 5:00 pm	Colador plástico de 20 cm	Agua
S3	72	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua
S1	73	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Rama de árbol
S3	74	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Rama de árbol
S1	75	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S1	76	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S1	77	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación

S1	78	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S2	79	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S1	80	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S2	81	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua
S1	82	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua
S1	83	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua
S2	84	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua
S2	85	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Planta acuática
S3	86	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S1	87	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua
S1	88	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Tronco sumergido
S1	89	12:00 pm a 5:00 pm	Colador plástico de 20 cm	Hojarasca (transición hojarasca- agua)
S1	90	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua
S1	91	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Vegetación
S2	92	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación

S2	93	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S1	94	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Agua
S1	95	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S2	98	12:00 pm a 5:00 pm	Red aérea	Sobre vegetación
S1	99	12:00 pm a 5:00 pm	Red D	Tronco sumergido

**Toma de parámetros fisicoquímicos**

Punto 1	Punto 2	Punto 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hora:</b> 2:00 pm</li> <li>• <b>Salinidad:</b> 0.7 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 10 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 0.5 mg/L</li> <li>-Profundidad: 0.4 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 30.4°C</li> <li>-Profundidad: 30.5°C</li> </ul> </li> <li>• <b>pH:</b> 7.4</li> <li>• <b>Saturación:</b> 6</li> <li>• <b>Amonio:</b> 0.25 ppm</li> <li>• <b>Nitratos:</b> 20 ppm</li> <li>• <b>Nitritos:</b> 0 ppm</li> <li>• <b>Nivel de columna de agua:</b> 2 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hora:</b> 3:40 pm</li> <li>• <b>Salinidad:</b> 16 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 25 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 2.6 mg/L</li> <li>-Profundidad: 2.4 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 31.2 °C</li> <li>-Profundidad: 32.0°C</li> </ul> </li> <li>• <b>pH:</b> 7</li> <li>• <b>Saturación:</b> 39</li> <li>• <b>Amonio:</b> 0.50 ppm</li> <li>• <b>Nitratos:</b> 5.0 ppm</li> <li>• <b>Nitritos:</b> 0 ppm</li> <li>• <b>Nivel de columna de agua:</b> 1.5 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hora:</b> 5:00 pm</li> <li>• <b>Salinidad:</b> 0.5 ppm</li> <li>• <b>Turbidez:</b> 10 cm</li> <li>• <b>Oxígeno disuelto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 0.5 mg/L</li> <li>-Profundidad: 0.9 mg/L</li> </ul> </li> <li>• <b>Temperatura del agua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Superficie: 30.4°C</li> <li>-Profundidad: 30.6°C</li> </ul> </li> <li>• <b>pH:</b> 6.9</li> <li>• <b>Saturación:</b> 15</li> <li>• <b>Amonio:</b> 0.20 ppm</li> <li>• <b>Nitratos:</b> 10 ppm</li> <li>• <b>Nitritos:</b> 0 ppm</li> <li>• <b>Nivel de columna de agua:</b> 40 cm</li> </ul>

**Anexo 5** Tabla global de macroinvertebrados acuáticos**Tabla 7**

*Grupos taxonómicos registrados en tres sectores de muestreo, Estero de Jaltepeque La paz.*

<b>Grupos taxonómicos</b>		<b>Abundancia</b>
<b>Gastropoda</b>	Hydrobiidae	1
	Thiaridae	1
	Planorbidae	1
<b>Amphipoda</b>	Hyalaelidae	23
<b>Diptera</b>	Psychodidae	2
	Chironomidae	5
	Stratiomyidae	1
	Ceratopogonidae	2
	Culicidae	13
	Simuliidae	1
	Syrphidae	5
	<b>Coleoptera</b>	Ptilodactylidae
Staphylinidae		6
Scirtidae		1
Elmidae		3
Dytiscidae		3
Psephenidae		5
<b>Hemiptera</b>	Gerridae	64
	Notonectidae	7
	Mesovellidae	4
<b>Odonata</b>	Gomphidae	1
	Coenagrionidae	1
	Libellulidae	2
<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	1
<b>Blattodea</b>	Blaberidae	4
<b>Phyllodocida</b>	Nereidae	21
<b>Trichoptera</b>	Glossosomatidae	1
<b>Decapoda</b>	Penaeidae (silvestre)	1
<b>Ephemeroptera</b>	Baetidae	2
<b>Total de macroinvertebrados</b>		<b>184</b>

*Fuente: elaboración propia.*

**Anexo 6** Tablas de macroinvertebrados acuáticos por sectores de muestreo

**Tabla 8**

*Grupos taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el sector 1 costado norte limitando con la Camaronera Las Animas (S1).*

<b>Grupos taxonómicos</b>	<b>Abundancia</b>	
<b>Gastropoda</b>	Hydrobiidae	1
	Thiaridae	1
	Planorbidae	1
<b>Amphipoda</b>	Hyalloelidae	22
<b>Diptera</b>	Psychodidae	2
	Culicidae	4
	Chironomidae	5
	Stratiomyidae	3
	Syrphidae	5
<b>Coleoptera</b>	Ptilodactylidae	1
	Staphylinidae	2
	Scirtidae	1
	Elmidae	3
	Psephenidae	5
<b>Hemiptera</b>	Gerridae	59
	Notonectidae	5
	Mesovellidae	2
<b>Odonata</b>	Gomphidae	1
	Libellulidae	2
<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	1
<b>Blattodea</b>	Blaberidae	4
<b>Phyllodocida</b>	Nereidae	21
<b>Abundancia total</b>	<b>151</b>	

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 9**

*Grupos taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el sector 2 limitando con el Río el Chorro (S2).*

<b>Grupos taxonómicos</b>		<b>Abundancia</b>
<b>Diptera</b>	Simuliidae	1
	Culicidae	6
<b>Hemiptera</b>	Mesovellidae	1
	Notonectidae	2
<b>Trichoptera</b>	Glossosomatidae	1
<b>Coleoptera</b>	Dytiscidae	1
<b>Abundancia total</b>		<b>12</b>

**Fuente: elaboración propia.**

**Tabla 10**

*Grupos taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el sector 3 que limita con El Aguaje (S3).*

<b>Grupos taxonómicos</b>		<b>Abundancia</b>
<b>Diptera</b>	Ceratopogonidae	2
	Culicidae	1
<b>Decapoda</b>	Penaeidae (silvestre)	1
<b>Coleoptera</b>	Dytiscidae	2
	Ptilodactilidae	1
	Staphylinidae	4
<b>Odonata</b>	Coenagrionidae	1
<b>Ephemeroptera</b>	Baetidae	2
<b>Hemiptera</b>	Gerridae	5
	Mesovellidae	1
<b>Amphipoda</b>	Hyalaelidae	1
<b>Abundancia total</b>		<b>21</b>

**Fuente: elaboración propia.**

**Anexo 7** Inventario de macroinvertebrados

**Tabla 11**

*Inventario de macroinvertebrados en el Estero de Jaltepeque, La Paz.*

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>Método de colecta</b>
<b>Isopoda</b>	Porcellionidae	7	Colador plástico
<b>Lepidoptera</b>	Noctuidae	2	Red aérea
<b>Hymenoptera</b>	Formicidae	19	Red D
<b>Coleoptera</b>	Bostrichidae	1	Red aérea
<b>Pseudoscorpionida</b>	SI	1	Colador plástico
<b>SI</b>	Scorpionidae	1	Colador plástico
<b>Orthoptera</b>	Raphidophoridae	2	Red aérea
<b>Diptera</b>	Drosophilidae	30	Red aérea
<b>Diptera</b>	Chlorophidae	1	Red aérea
<b>Hymenoptera</b>	Vespidae	3	Red aérea
<b>Collembola</b>	SI	2	Colador plástico
<b>Hemiptera</b>	Cicadellidae	2	Red aérea
<b>Lepidoptera</b>	SI	2	Red aérea
<b>Diptera</b>	Stratiomyidae	4	Red aérea
<b>Hymenoptera</b>	Apidae	2	Red aérea
<b>Orthoptera</b>	Gryllidae	2	Red aérea
<b>Orthoptera</b>	Acrididae	2	Red aérea
<b>Diptera</b>	Psychodidae	1	Red aérea
<b>Hymenoptera</b>	Mymaridae	1	Red D

<b>Coleoptera</b>	Scarabaeidae	1	Colador plástico
<b>Lumbriculida</b>	SI	1	Red D
<b>Dermáptera</b>	Anisolabididae	1	Colador plástico
<b>Decapoda</b>	SI	1	Colador plástico

*Fuente: elaboración propia.*

**Nota:** Se observa el registro de insectos circundantes de tres sectores (S1, S2 Y S3) del canal del Estero de Jaltepeque La Paz. Además, algunos órdenes y familias sin identificar (**SI**).