

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL.**



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.

POR:

WILLIAN ELÍAS MÉNDEZ ESPINOZA  
SUSANA YAMILETH PORTILLO LÓPEZ  
SWAMY YESAHIRA TOBAR GONZÁLEZ

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO(A) AGRÓNOMO

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2013.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO GENERAL:

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL

---

ING. AGR. LEOPOLDO SERRANO CERVANTES

DOCENTES DIRECTORES:

---

ING. AGR. M. Sc. JOSÉ MIGUEL SERMEÑO CHICAS

---

ING. AGR. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

---

ING. AGR. GUSTAVO HENRÍQUEZ MARTÍNEZ

## Resumen.

El estudio fue realizado de abril 2012 a enero 2013 con los siguientes objetivos: laborar una guía ilustrada de campo que sea de uso práctico para los líderes locales, comités de vigilancia ambiental, docentes, estudiantes y guarda recursos de la cuenca, como herramienta para determinar la calidad del agua superficial; diseñar un sistema de monitoreo de la calidad del agua superficial utilizando macroinvertebrados dulces acuícolas en la cuenca Estero San Diego; proponer lineamientos generales, para que sean considerados en el manejo de la cuenca para contribuir a mejorar la calidad del agua superficial. Los muestreos fueron realizados en 24 sitios, distribuidos en la parte alta, media y baja de la cuenca que comprendieron 18 tramos de ríos, 2 quebradas y 4 nacimientos. Simultáneamente se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos, mediante la metodología del Índice de Calidad del Agua (ICA), en los 24 sitios, en los cuales se muestrearon los macro invertebrados acuáticos. Se realizó una comparación de la metodología físico – química y microbiológica con el propósito de evaluar la calidad del agua, con la que utiliza el Índice Biológico a nivel de Familia de macroinvertebrados Acuáticos (IBF-SV), los resultados fueron muy similares en cuanto a calidad del agua; sin embargo la utilización del IBF-SV es más económico y viable para las comunidades, por su sencillez y practicidad para diferentes actores.

Se desarrolló una guía ilustrada, con la cual se capacitaron a los actores locales de la cuenca; a través de talleres teóricos- prácticos, sobre el uso de esta metodología y la utilización adecuada de la herramienta (guía), con el fin de que ellos puedan ejecutar un monitoreo permanente, para evaluación de la calidad de las aguas superficiales y hacer un buen manejo de los recursos hídricos. Se creó conciencia sobre la importancia y el cuidado del recurso hídrico, y se elaboró un programa general con sus detalles, que pueden ser tomados de base para el seguimiento de las fuentes de aguas superficiales de la Cuenca, y han detectar y reducir paulatinamente las fuentes de contaminación y mejorar la calidad.

**Palabras claves:** macroinvertebrados acuáticos, bioindicadores, calidad de agua, biomonitoreo, Cuenca Estero San Diego.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios: todo poderoso por permitir en nuestras vidas avanzar a las metas propuestas y darnos la oportunidad de obtener un triunfo más, y darnos la fuerza.

A Nuestra Familia: por ser el apoyo incondicional y moral en toda nuestra carrera y sobre todo por su dedicación y comprensión en todo momento.

A nuestra alma mater Universidad de El Salvador: Por permitirnos formarnos como profesionales y así contribuir al desarrollo de la sociedad salvadoreña.

A nuestros docentes directores: Al Ing. Agr. M. Sc. José Miguel Sermeño Chicas, Ing. Agr. M. Sc. Luis Fernando Castaneda, por tener el agrado de colaborar en la elaboración de esta investigación y contribuir con sus conocimientos.

A Nuestros Docentes que a lo largo de la carrera tuvieron que ver con nuestra formación y por compartir sus conocimientos que nos servirán como futuros profesionales.

A la Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA), al Comité para el Rescate de las Cuencas de La Libertad (CORCULL) por el apoyo incondicional que nos brindaron en la investigación.

Agradecimiento: Ing. Agr. Francisco Panameño, Lic. Yanira de Linares por ofrecernos su apoyo en el desarrollo de la investigación y conocimientos, también al personal de la alcaldía de la Libertad, a Jorge, por apoyarnos en la fase de campo, y a aquellos que de una u otra forma contribuyeron a la investigación.

Willian Elías Méndez Espinoza

Susana Yamileth Portillo López

Swamy Yesahira Tobar González

## DEDICATORIA.

Al Dios liberador de Jesús y Mons. Romero que me guio en mi camino y permitió que estudiara para lograr esta meta.

A mi tío Carlos Espinoza quien me brindo su confianza, apoyo y me animó para que no desmayara el camino, a mi mamá quien me apoyo económicamente, hermanos, sobrinos y amigos.

A los amigos, compañeros de la universidad, compañeras de tesis y trabajo, quienes me brindaron ayuda oportuna.

A nuestros docentes director, Ing. Agr. Msc. José Miguel Sermeño Chicas, Ing. Agr. Fernando Castaneda por haber confiado en el grupo de trabajo, por el apoyo brindado y el interés en revisar los documentos de la investigación y guiar el equipo por el camino correcto.

Al Ingeniero Agrónomo Miguel Ángel Figueroa Moreno por darme la oportunidad y enseñarme a trabajar en proyectos Agropecuarios y así autofinanciarme mi carrera.

Al Padre David Blanchard quien me empleo en el proyecto CHINAMPA y así aprender de Hidroponía.

Al Ingeniero Agrónomo Irvin Cáceres, por su apoyo incondicional a nuestro trabajo y por su orientación en la elaboración de los mapas.

A todos Uds. nuestro más sincero agradecimiento

Willian Elías Méndez Espinoza

## DEDICATORIA

Primero y antes que nada, le dedico mi trabajo a Dios y a la Virgen de Guadalupe, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Este trabajo se lo dedico a mis hermosos padres quien amo mucho: María Idalia López de Portillo y Ramiro Portillo a quien le debo toda mi vida, les agradezco el cariño y su comprensión, a ustedes quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino, quienes hicieron muchos sacrificios para alcanzar el anhelo más preciado de convertirme en profesional.

A Mis hermanos Karina Iveth Portillo López, Erik Omar Portillo López, Ramiro Portillo López y Franklin Edgardo Portillo López gracias por su apoyo moral, aportes económicos y sobre todo por instruirme en el camino de la superación y ser ejemplo de muy buenos hermanos con mucha solidaridad y practicar la unidad los amo.

Le agradezco a mi novio Irvin David Cáceres Cruz, por estar animándome en todo momento y apoyando cuando se necesitó.

A mi sobrino Byron Jefferson Portillo Rojas quien significa mucho en mi vida personal y por compartir los momentos más felices de mi vida te amo mi gordo precioso.

A Mi Cuñada Demny Lisbeth Rojas de Portillo, por estar ahí siempre apoyándome en todo los momento que más la necesite en toda mi carrera y por sus consejos a motivarme a seguir adelante y buscar solución a todos los problemas.

Un agradecimiento especial: Ing. Agr. José Rigoberto Quintanilla Gómez, por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por esa gran amistad que me brindó y me brinda, por escucharme y aconsejarme siempre.

A los profesores asesores: Ing. Agr. M. Sc. José Miguel Sermeño Chicas, Ing. M. Sc. Luis Fernando Castaneda, que incentivaron en mí el sentido de la investigación y que con su conocimiento aportaron mucho a este trabajo.

A mi compañero de tesis Willian Elías Méndez Espinozapor su comprensión, paciencia, por demostrar su espíritu de abnegación y los arduos momentos al trabajo de investigación.

Agradecimiento: Ing. Agr. Oscar Antonio Ruiz Cruz, Rodolfo Huevo Martínez, quienes nos apoyaron en toda la fase de campo y anduvieron en la toma de muestras.

A mis amigas Ana Maricela Hernández Hernández, Cledy Marilyn Sánchez de Gracias, quienes me apoyaron en los momentos más difíciles.

Susana Yamileth Portillo López



## DEDICATORIA

Salmo 18:3.

El señor es mi roca y mi fortaleza; es mi libertador y es mi Dios, es la roca que me da seguridad, es mi escudo y me da la victoria.

Josué 1:9.

Se valiente y ten ánimo; no tiembles ni tengas miedo; Yavé tu Dios está contigo a donde quieras que tu vayas.

A Dios Todopoderoso: Por darme la fuerza que he necesitado siempre para seguir adelante en mi vida y afrontar con éxito mis retos que se me han presentado. Sin ti, no lo hubiese logrado.

A mis hijas: Adriana María Ruiz Tobar y Swamy Yolanda Ruiz Tobar; ellas son la inspiración de mi vida y son la razón de mis esfuerzos para obtener un buen presente y futuro.

A mi Madre: María Elva Alberto de González, por el apoyo incondicional que me ha brindado siempre, por estar siempre pendiente en mí y por su esfuerzo, para superarme en la vida.

A mi Esposo: Humberto Ruiz Mejía, por ser la persona, que ha estado a mi lado para afrontar los retos, que se presentaron en el camino para alcanzar con éxito esta meta

A mis Tíos: Xiomara Lizeth González Alberto, Elba Indira González Alberto, Eda Guadalupe de González, Ana Elvira de Escobar y Douglas Omar González Alberto, por su apoyo, ayuda y por los consejos dados en los momentos que más, los he necesitado. Gracias por estar al pendiente de mí y de ser, como unos padres en mi vida. A Douglas Delcid González y Carlos Armando Escobar por su ayuda y comprensión.

A mis primos: Carlos Escobar González, Douglas Escobar González y Alejandra María Escobar González por su apoyo y ayuda en los momentos difíciles. Gracias por ser como unos hermanos para mí.

Muchas gracias a ustedes por estar presente en toda mi vida en los buenos y malos momentos que se han presentado, pero sobre todo por su apoyo incondicional que tuve, tengo y tendré por parte de ustedes. Sin Dios y ustedes no hubiese alcanzado esta meta y cumplido con este Sueño.

Swamy Yesahira Tobar González

## INDICE GENERAL

1.	Introducción.....	1
2.	Revisión bibliográfica.....	2
2.1.	Importancia del agua.....	2
2.2.	Calidad de agua.....	6
2.3.	Parámetros para la determinación el Índice de Calidad del Agua (ICA).....	6
2.3.1.	pH (en unidades de pH).....	6
2.3.2.	Coliformes Fecales (en Número Más Probable (NMP)/100 mL).....	7
2.3.3.	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L).....	8
2.3.4.	Nitratos (NO3 en mg/L).....	8
2.3.5.	Fosfatos (PO4 en mg/L).....	9
2.3.6.	Cambio de la Temperatura (en °C).....	9
2.3.7.	Turbidez Unidad Nefelométrica de Atenuación (en UNT).....	10
2.3.8.	Sólidos totales disuelto (en mg/ L).....	11
2.4.	Los Macroinvertebrados.....	11
2.4.1.	Importancia de los macroinvertebrados en el monitoreo de agua.....	11
2.4.2.	Tipos de hábitats acuáticos.....	12
2.4.2.1.	Ecosistemas lóticos.....	13
2.4.2.2.	Ecosistema Léntico.....	13
2.4.3.	Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos.....	14
2.4.3.1.	Neuston.....	14
2.4.3.2.	Necton.....	14
2.4.3.3.	Bentos.....	14
2.4.4.	Formas de respiración de los macroinvertebrados.....	15
2.4.5.	Ecología de las diferentes familias de Macroinvertebrados.....	18
2.5.	Biomonitoreo de macroinvertebrados acuáticos.....	29
2.5.1.	Importancia del Biomonitoreo.....	30
2.5.2.	Biomonitoreo de corrientes.....	31
2.6.	Los macroinvertebrados como bioindicadores.....	31
2.6.1.	Ventajas de usar Macroinvertebrados.....	32
2.6.2.	Limitaciones de los Bioindicadores.....	32
2.7.	Uso del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos para El Salvador IBF-SV-2010.....	32
2.7.1.	Fundamento del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos para El Salvador (IBF-SV).....	33
2.7.2.	Origen del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).....	33
2.7.3.	Asignación de puntajes para aplicar el índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).....	33
2.7.4.	Cálculo del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).....	34
2.8.	Uso de la metodología de macroinvertebrados acuáticos en El Salvador.....	35

3.	Materiales y Métodos .....	36
3.1.	Ubicación de la cuenca en estudio.....	36
3.2.	Selección de los sitios de recolección. ....	37
3.2.1.	Identificación preliminar de los sitios. ....	37
3.2.2.	Criterios de selección .....	37
3.2.3.	Reconocimiento de campo .....	38
3.2.4.	Selección final de los sitios.....	38
3.3.	Muestreo de macroinvertebrados acuático en campo.....	38
3.3.1.	Capacitación a los líderes .....	38
3.3.2.	Metodología de muestreo de macroinvertebrados acuático.....	39
3.3.3.	Traslado del material biológico al laboratorio .....	39
3.3.4.	Identificación de los macroinvertebrados acuáticos .....	40
3.4.	Determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua. ....	41
3.5.	Elaboración de una guía ilustrada de macroinvertebrados acuáticos para la utilización en campo. ....	42
3.6.	Validación de la guía .....	42
3.6.1.	Validación con técnicos .....	42
3.6.2.	Utilización de la guía ilustrada de macroinvertebrados acuáticos por los líderes locales	43
4.	Resultados y Discusión.....	45
4.1.	Abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la parte alta, media y baja de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.....	45
4.2.	Propuesta de un programa de bio-monitoreo de la calidad del agua en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad. ....	71
4.2.1.	Periodos de monitoreo.....	71
4.2.2.	Sitios de muestreo .....	71
4.2.3.	Materiales necesarios para el monitoreo. ....	71
4.2.4.	Responsables del monitoreo.....	72
4.2.5.	Metodología a implementarse en los ríos. ....	72
4.3.	Lineamientos generales para contribuir a mejorar la calidad del agua de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.....	73
5.	Conclusiones.....	74
6.	Recomendaciones.....	75
7.	Bibliografía.....	76
8.	Anexos .....	83

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores de Nitrato y Nitrito para consumo diario según la FAO y OMS. ....	9
Cuadro 2. Grupos de Macroinvertebrados que pueden encontrarse en ríos.....	12
Cuadro 3. Ejemplo de cálculo del IBF-SV-2010, con datos hipotéticos (Sermeño Chicas et al.2010a).....	34
Cuadro 4. Categorías de calidad del agua, según Hilsenhoff 1988 citado por Sermeño Chicas et al. 2010a. ....	35
Cuadro 5. Resumen de calidad de las aguas de los diferentes sitios de la Cuenca Estero San Diego.....	60

## INDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Escala del pH, de diferentes sustancias usadas. ....	7
Figura. 2 Macroinvertebrados representante del Neuston en un ecosistema acuático.....	14
Figura. 3. Macroinvertebrados representante del Necton en un ecosistema acuático.....	14
Figura. 4. Macroinvertebrados representante del Bentos en un ecosistema acuático.....	15
Figura 5. Ubicación de zona de estudio.....	36
Figura 6. Identificación preliminar de los sitios de muestreos con miembros de ACUA y CORRCULL.....	37
Figura. 7. Reconocimiento de los sitios de muestreo con la ayuda del mapa de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad. ....	38
Figura 8. Recolección de macroinvertebrados: a) muestreo con red “D”; b) Colocación del material biológico en bandeja; c) separación de macroinvertebrados y (d) Colocación de macroinvertebrados en frascos con alcohol etílico 70%. ....	39
Figura 9. a) Microscopio estereoscópico, b) identificación de macroinvertebrados, c) guías taxonómicas de El Salvador, d) colección de macroinvertebrados acuáticos. ....	40
Figura 10. a) Turbidímetro portátil marca HACH modelo 2100P; b) recolección de muestras de agua para análisis químicos y c) muestras rotuladas.....	41
Figura. 11 Identificación de macroinvertebrados acuáticos con técnicos, utilizando la guía ilustrada de macroinvertebrados acuáticos de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.....	43
Figura. 12 Aplicación de la metodología de macroinvertebrados acuáticos con líderes locales de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad, El Salvador.....	1
Figura. 13 Calidad del Agua con la metodología del Índice Biótico a nivel de Familia (IBF-SV-2010).....	61
Figura 14 Calidad del Agua utilizando parámetros Químico-físico y microbiológicos (ICA)....	61
Figura. 15 Distribución de sitios de muestreos de macroinvertebrados acuáticos y parámetros físicos-químicos y microbiológicos en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad. ....	62
Figura. 16 Guía ilustrada que se utilizó con los líderes locales para la determinación de la calidad del agua. ....	63

## ÍNDICE DE ANEXO

Cuadro A 1 Cuadro A -1. Descripción de los Sitios de muestreo en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad. ....	83
Cuadro A 2. Determinación de la calidad del agua usando el IBF-SV en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad. ....	90
Cuadro A 3. Resultados de los análisis Físico-químicos y microbiológico en la Cuenca Estero San Diego la Libertad. ....	98

## **1. Introducción.**

El ecosistema acuático natural es el resultado de un balance de los organismos que viven relacionados con propiedades fisicoquímicas del agua, la atmósfera y el medio terrestre que lo rodea; por tanto, las alteraciones que el hombre produce al realizar sus actividades cotidianas poseen efectos perjudiciales en este ecosistema (contaminación), además, tiene un impacto en las estructuras de las comunidades que lo habitan como los macro invertebrados acuáticos. Los organismos acuáticos por su tolerancia a posible emplear monitoreo, con el fin de realizar detecciones tempranas de contaminación en la cuenca hidrográfica. El uso de estos organismos ya fue aprobado por las Naciones Unidas y la Comisión Económica para Europa, quienes en el documento resultante de la Convención para la Protección y el Uso del Agua y Lagos, realizada en HELSINKI en 1992, reafirmaron a los macro invertebrados acuáticos como una útil y práctica herramienta para el monitoreo rutinario de la calidad de los ríos (CEC s. f).

La evaluación de la calidad del agua de los ríos se ha realizado tradicionalmente a través de parámetros físicos-químicos y microbiológicos, los cuales poseen altos costos, por lo cual se hace necesario implementar una nueva metodología que sea fácil de aplicar y entendible, y que a la vez, pueda ser utilizada en un sistema de monitoreo. El Índice Biológico por Familia de Macroinvertebrados acuáticos para El Salvador (IBF-SV-2010) se convierte en el método idóneo para determinar los niveles de contaminación de las aguas.

Además presenta muchas ventajas ya que puede ser aplicado por los bajos costos y la accesibilidad que tiene para ser implementado por los habitantes de las comunidades, permitiendo una visión más integral de las cualidades del medio en el cual se desarrollan los organismos acuáticos, justificando así su utilización para determinar la calidad del agua.

El Biomonitoreo de calidad de las aguas se ha venido realizando años atrás en el país, pero no enfocado en diseñar un sistema de monitoreo para ser utilizado y aplicado por líderes locales.

Los objetivos de esta investigación fueron: diseñar un sistema de monitoreo de la calidad del agua superficial utilizando macroinvertebrados dulce acuícola en la Cuenca Estero San Diego; elaborar una guía ilustrada de campo de uso práctico para los líderes locales, comités de vigilancia ambiental, docentes, estudiantes y guarda recursos de la cuenca, como herramienta para determinar la calidad del agua superficial; proponer lineamientos generales para que sean considerados en el manejo de la cuenca Estero San Diego para contribuir a mejorar la calidad del agua superficial.

## **2. Revisión bibliográfica.**

### **2.1. Importancia del agua.**

El agua es uno de los elementos indispensable para que pueda desarrollarse la vida en el planeta tierra, cubre las tres cuartas partes del planeta, pero sólo una pequeña fracción es accesible bajo la forma de agua dulce, sin agua no se producen alimentos para una población creciente. El ciclo del agua trae consigo muchos beneficios como la fijación de nitrógeno atmosférico, limpia los cielos de las grandes ciudades, ya que las gotas de lluvia secuestran el smog (CO<sub>2</sub>), lo fijan al suelo y este es aprovechado por los organismos autótrofos que lo transforman en su alimento y es aquí donde inicia una cadena que en el mayor de los casos termina con el hombre o este es el mayor beneficiado directo, además de estar directamente relacionado con el ciclo del carbono y azufre (PNUD 2006).

El agua pura en abundancia, a un precio accesible para todos, es uno de los medios más poderosos para promover la salud de cualquier comunidad” (Junta de Salud de Carolina del Norte, 1898). Para que una sociedad sea productiva tiene que ser saludable, el agua es un elemento que determina la salud de una población. Al mismo tiempo, existe cada vez más competencia por el agua entre la sociedad y el sector industrial. Actualmente, la industria utiliza casi el 20 por ciento del total del agua extraída y los habitantes el restante 10 por ciento. Además antes de que se reutilice o vuelva a los ríos y acuíferos, el agua debe ser tratada para eliminar los agentes contaminantes (PNUD 2006).

La FAO estima que para el 2030, las necesidades mundiales de alimentos aumentarán en un 60 por ciento, sin agua no podemos producir alimentos. El acceso limitado al agua es un obstáculo cada vez mayor para la producción de alimentos. Del 100% del agua dulce, el 70% es utilizada en la agricultura, a fin de producir los alimentos necesarios para la actividad humana y es obtenida de los ríos y otras fuentes.

El agua es precisa para la agricultura (por ejemplo, para producir un kilo de arroz se necesitan de uno a tres metros cúbicos de agua) (FAO 2002).

La reducción de los acuíferos, el desarrollo intensivo y el consumo insostenible del agua crean ganadores y perdedores. El medio ambiente siempre es perdedor, mientras que el balance entre los usuarios humanos varía, el agotamiento de los recursos hídricos genera beneficios para algunos a la vez que agrava la pobreza (ONU 2002).

Para la economía e industria, se han realizado grandes explotaciones superficiales y subterráneas del agua, tal es el caso de que ha dado la posibilidad a los pequeños productores agrícolas, en la India se encuentran 16 millones de agricultores que se

abasteces de acuíferos subterráneos. En palabras de un experto, el agua subterránea ha sido “una gran fuerza democratizadora” de la producción agropecuaria, un estudio estima que contribuye entre \$25,000 y \$30,000 millones por año a las economías agrícolas de Asia, cuando la explotación del agua subterránea llega demasiado lejos, los niveles freáticos se deprimen, los problemas medioambientales, tales como la salinización del suelo, se hacen más generalizados. Una opción o alternativa sería el reciclado de aguas residuales para la agricultura periurbana, en algunos países ya se produce en gran escala. Se estima que las aguas residuales riegan de forma directa o indirecta aproximadamente 20 millones de hectáreas de tierras a escala mundial. Expandir la capacidad de reciclado de aguas residuales, mediante el incremento de la productividad, podría generar múltiples beneficios para los productores agropecuarios pobres y vulnerables. Otra importancia económica del agua es la generación de energía eléctrica, el almacenamiento de las represas (lagos artificiales), además se dice que es una manera limpia de producirla (ONU 2002).

El agua es fuente de vida, como se ha dicho anteriormente, se requieren para el desarrollo de la vida en nuestro planeta, las aguas dulces como en las saladas habitan una cantidad de microorganismo, algas, plancton (unidad primaria de la vida), plantas y animales. Estos organismos juegan un papel importante, el plancton es la fuente primaria alimenticia en ríos, lagos y mares para los peces, que desde tiempos antiguos son extraídos por el hombre para alimentarse. Aún se desconoce la cantidad exacta que habitan en las aguas saladas y dulces, pero se sabe que a menor biodiversidad de flora y fauna acuática existe un alto grado de contaminación en el medio (ONU 2002).

La intervención del hombre con la deforestación, la agricultura, la urbanización, la aplicación de los sólidos y líquidos de origen doméstico, industrial, agrícola y minero han ocasionado un desequilibrio en los ecosistemas acuáticos. Esta modificación ha originado la degradación de los hábitats naturales de los macroinvertebrados acuáticos (Roldan Pérez 2003a). Estas perturbaciones pueden ser de la siguiente manera. a) Directo al lecho del río; regulación del flujo y desviación, destrucción del hábitat degradado, revestimiento, canalización y presas, alteración de la temperatura, pH, salinidad, vertimiento de las aguas de origen doméstico, vertimiento de tóxicos (metales pesados y pesticidas, manipulación de la cadena alimentarias). b) Indirecto; en el área de captación, deforestación (erosión y arrastre de sedimentos), quemas, construcción de vías, sustracción de agua y canales de desvío, contaminación de aire (lluvia ácida), prácticas agrícolas. En la zona riparia, insolación,



alteración de la temperatura del agua, alteración de la dinámica de los nutrientes, dinámica de los sedimentos (CEC s.f).

Los anteriores efectos pueden medirse y cuantificarse mediante el uso de los bioindicadores, cuyos valores han sido previamente definidos. Se establece la forma como cambian las comunidades de macroinvertebrados en la riqueza de especies, en la diversidad y la productividad. Las comunidades naturales se caracterizan por ser diversas y heterogéneas. Cuando se presenta una perturbación puede presentarse, además un aumento de la depredación. Con perturbaciones altas, desaparecen las especies intolerantes y las tramas alimenticias se hacen cada vez más lineales. Cuando la perturbación es demasiado alta, solo quedan unas pocas especies representadas con abundantes organismos. En situaciones extremas, únicamente se encuentran microorganismo como las bacterias, algas y ciliados (Roldan Pérez 2003a).

Algunas sustancias toxicas pueden causar la muerte instantánea de los organismos; otras se acumulan paulatinamente en los tejidos que si bien no les causa la muerte, pueden pasar a lo largo de las cadenas alimenticias y provocar intoxicaciones graves en el hombre y aun la muerte. Sustancias como el DDT (dicloro difeniltricloroetano) puede encontrarse en el agua en concentraciones menores de 0.2mg/L, pero en el tejido de los peces puede haberse acumulado ciento de veces más. Ciertas sustancias como los compuestos de metales pesados (por ejemplo Cobre, zinc, mercurio), son tóxicas y pueden causar la muerte masiva de organismos o al ser acumulado en las cadenas alimenticias pueden llegar al hombre provocándole fuerte intoxicaciones y aun la muerte. Este es un caso ampliamente conocido en las regiones de minería de oro donde se utiliza el mercurio como amalgamador de este mineral. El zinc y cobre provienen de agroquímicos utilizados en la agricultura y en la actividad industrial. El plomo es otro contaminante que se acumula en los organismos acuáticos y es vertido al agua por fábricas de baterías y materiales eléctricos (Roldan Pérez 2003a).

Los tóxicos mencionados causan una reducción en la biodiversidad de las comunidades acuáticas. Pero no hay manera de asociar la perdida de especies con determinadas sustancias. Cuando hay sospecha de que además de la contaminación por materia orgánica e industrial, también se encuentran tóxicos, estos se deben de determinar con el fin de prevenir daño grave a la salud humana y a la de los animales (Roldan Pérez 2003a).

La ecotoxicología constituye una rama de la ecología acuática, por medio de la cual se determinan los valores mínimos que pueden ser letales para los organismos acuáticos,

mediante bioensayos. Para ello ciertos organismos se utilizan como sensores de la contaminación que puede llevar un cuerpo de agua en un momento determinado. Así, el agua de un río o afluente doméstico o industrial se hace pasar por acuarios donde se colocan varias especies de peces o Macroinvertebrados, los cuales provocan una alarma mediante un sistema electrónico cuando los niveles de ciertos contaminantes alcanzan valores letales (Roldan Pérez 2003a).

Efecto de la temperatura: la solubilidad del oxígeno en el agua esta afecta por la temperatura. Así a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa. Un cuerpo de agua puede aumentar la solubilidad en cerca de un 40% al bajar la temperatura de 25° a 0°C; esto se debe de que en el agua fría, las moléculas se unen más, reteniendo, por tanto, a mayor cantidad de oxígeno. Un cuerpo de agua posee 14.6 mg/L a 40°C (Roldan Pérez 2003a).

Efecto de la presión atmosférica: como la concentración de oxígeno también está afectada por la presión atmosférica (a mayor altura sobre el nivel del mar hay menor presión y por ende la pérdida de oxígeno). Los valores de este elemento deben multiplicarse por un factor de corrección. Los equipos modernos de medición traen este factor incluido; dicho factor va de 1.0 a 300 msnm. Debido a que los valores normales de oxígeno dependen de la altura, es más conveniente expresar resultados en términos de porcentaje (%), siendo 100% el oxígeno ideal. Valores por encima o por debajo, significa que algo está perturbando el ecosistema. Valores del 50% de oxígeno o menores son letales para la mayoría de los organismos acuáticos. Solo aquellos que poseen adaptaciones como abundante hemoglobina pueden resistir este déficit de oxígeno. De igual manera, poblaciones dominantes de insectos de los Órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecóptero son indicadores de porcentajes de saturación del 100% o muy cercano (Roldan Pérez 2003a).

Por el efecto de la Materia orgánica disuelta: las aguas naturales no contaminadas poseen bajas concentraciones menores a 2 mg/L. La contaminación por desechos domésticos o industriales puede agotar el oxígeno en el agua, pues la materia orgánica lo requiere para su descomposición. La demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es una medida de valoración de la cantidad de materia orgánica que se encuentran en un cuerpo de agua. El exceso de materia orgánica agota el oxígeno en el agua, bajo estas condiciones, el agua tiene la apariencia de un color turbio grisáceo y olores característicos de huevos podridos (ácido Sulfhídrico). Es de esperarse, por tanto, una fuerte reducción de la diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos, quedando presentes por lo regular en grandes números, solo aquellos adaptados para resistir dichas condiciones. De nuevo, los tubificidos y quironimos

rojos serán los indicadores de este tipo contaminación, bajo condiciones extremas de contaminación orgánica se pueden encontrar valores superiores a los 80,000 tubificidos por m<sup>2</sup> (Roldan Pérez 2003a).

## **2.2. Calidad de agua.**

La calidad del agua no es un término absoluto, sino que es un concepto que define la relación con el uso o actividad a que se destina: agua potable, uso industrial, recreación, riego, conservación de la vida acuática, etc. A la vez se puede decir que la calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto las comunidades humanas como las de vida vegetal y animal. Las características biológicas, químicas y físicas del agua afectan la capacidad para sustentar la vida y su idoneidad para consumo y uso humano (CEC s.f). Por ello existen métodos de evaluación que determinan la calidad del agua, como lo es el Índice de Calidad del Agua (ICA), que analiza los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Teniendo valores en porcentajes de 0 a 100, cuando este valor se acerque a cero o igual es agua altamente contaminada, en las aguas en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100(SNET s.f)

## **2.3. Parámetros para la determinación el Índice de Calidad del Agua (ICA).**

### **2.3.1. pH (en unidades de pH).**

El pH indica la concentración de iones hidronios en el agua y usado como una medida de la naturaleza ácida o alcalina de una solución acuosa.

pH = 7 medio neutro

pH < 7 medio ácido

pH > 7 medio básico

La alteración de pH es clasificado como un contaminante secundario por la USEPA (**United States Environmental Protección Agency: Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos**). Con un rango sugerido de 6.5 a 8.5 como se puede ver en la figura 1.El pH en las bebidas gaseosas por fuera del rango sugerido no representa un riesgo directo en la salud. Sin embargo, valores de pH por debajo de 6.5 podría indicar agua corrosiva la cual puede movilizar metales en tuberías. Para valores de pH por debajo de 6.5, considere un análisis de corrosión y/o un análisis por metales especialmente plomo y cobre (Bauder y Sigler s.f).

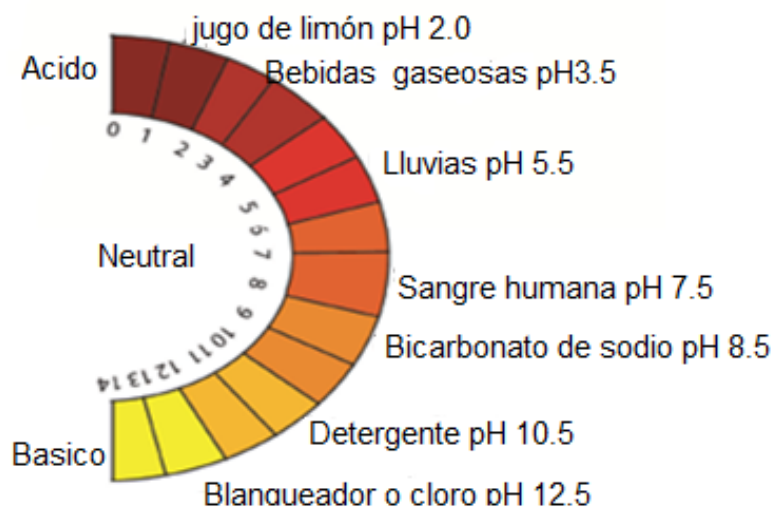


Figura. 1. Escala del pH, de diferente sustancias usadas.

Cuando los ácidos entran en contacto con el agua, los iones se separan. Por ejemplo, el Cloruro de Hidrógeno se disociará en iones Hidrógeno y Cloro ( $\text{HCL} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CL}^-$ ). Las bases también se disocian en sus iones cuando entran en contacto con el agua. Cuando el hidróxido de sodio entra en el agua se separará en iones de Sodio e Hidroxilo ( $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ). Cuando una sustancia ácida acaba en el agua, le cederá a ésta un protón, el agua se volverá entonces ácida, el número de protones que el agua recibirá determina el pH. Cuando una sustancia básica entra en contacto con el agua captará protones y esto bajará el pH del agua, pero cuando una sustancia es fuertemente ácida cederá más protones al agua. Las bases fuertes cederán más iones hidróxido. pH en el agua natural depende de la concentración de  $\text{CO}_2$ , las aguas con pH entre 6 a 7, 2 permiten el desarrollo de una gran biomasa (Lenntech 2012).

### 2.3.2. Coliformes Fecales (en Número Más Probable (NMP)/100 mL).

La contaminación fecal tiene su origen en las excretas de animales de sangre caliente. La mayoría de estos organismos son anaeróbicos y facultativos, pero otros dependen del oxígeno disuelto para realizar procesos de metabolización. Aunque no es posible distinguir entre coliformes de origen humano o animal, existen ensayos para diferenciar entre coliformes totales, que incluyen los de animales y suelo y coliformes fecales, que incluyen únicamente los humanos (MINAE 2003).

La presencia de estos es por la carencia de una apropiada disposición de excretas y factores como la defecación a campo abierto, las letrinas mal diseñadas y la presencia de animales

domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos. En las áreas rurales se presenta una serie de factores que dificultan su ejecución. Estos factores están relacionados con aspectos políticos, económicos, sociales y culturales. Entre ellos están la ubicación geográfica; las dificultades en las vías de comunicación; una limitada inversión en infraestructura sanitaria y programas de desinfección en personal de operación y mantenimiento de los sistemas de servicios de agua; los problemas de logística; un marco institucional no definido y la falta de líderes en las comunidades (MINAE 2003).

Los valores de coliformes fecales están asociados con la gran cantidad de materia orgánica generada por el aporte constante de desechos domésticos, se conoce además que los aportes de agua dulce permiten que algunas poblaciones microbianas que soportan cambios drásticos de temperatura y salinidad se acumulen por más tiempo en el material sedimentario (MINAE 2003).

### **2.3.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L).**

La DBO5 es un buen indicador de la calidad general del agua y más concretamente de la presencia de contaminantes orgánica. La demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO5) mide el consumo de oxígeno que se produce en el agua, conservada a 20 °C de temperatura, por la acción de microorganismo (Gill Rodríguez 1998).

También se puede decir que es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Echerichia*, *Aerobacter* y *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Su concentración se expresa en miligramos de oxígeno por litro. Valores de la DBO5 por encima de 10 mg/l revelan una contaminación elevada por materia orgánica, mientras que valores por debajo de 3 mg/l indican una contaminación muy débil. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o afluentes. Mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismo para oxidarla (degradarla) (Toro 2002).

### **2.3.4. Nitratos (NO3 en mg/L).**

Los nitratos son aniones que contienen nitrógeno (N) y oxígeno (O). Se pueden unir a compuestos orgánicos e inorgánicos, formando sales u otros compuestos.

Los nitratos proceden, en parte, de la descomposición natural de proteínas de plantas o animales por medio de microorganismo dando lugar al catión amonio ( $4 \text{ NH}$ ), el cual se oxida a nitritos y éstos a nitratos. La Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y

Agricultura (FAO) y la Organización Mundial para la Salud (OMS) en el 2002 estableció los valores de nitrato y nitritos aceptado para consumo diario (cuadro 1) (Castilla y León 2010).

Las fuentes artificiales de nitratos y nitritos son compuestos químicos presentes en:

- Los fertilizantes utilizados en la agricultura (abonos nitrogenados tipo nitrato potásico o nitrato amónico).
- Estiércol y purines derivados de las actividades ganaderas.
- Los desechos orgánicos de origen urbano o industrial.

Cuadro 1. Valores de Nitrato y Nitrito para consumo diario según la FAO y OMS.

ION	Ingesta Diaria Admitida (IDA)
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	0-3,7 mg/kg de peso corporal
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )	0-0,07 mg/kg de peso corporal

Por tanto, para una persona que pese 70 kg, la ingesta diaria admisible de nitratos y nitritos no debería ser superior a 259 mg/día (para nitratos) y 4,9 mg/día (para nitritos).

La principal fuente de contaminación de los acuíferos lo constituye el empleo excesivo de fertilizantes nitrogenados y en menor medida, el empleo de abonos orgánicos procedentes de la actividad ganadera. El exceso de nitratos, que no es utilizado por las plantas para la síntesis de proteínas vegetales, puede llegar a las aguas superficiales o bien, infiltrarse a través del suelo y llegar a los acuíferos subterráneos. El vertido directo a los acuíferos superficiales de desperdicios humanos y animales contribuye al enriquecimiento de las aguas con nitratos. Los lixiviados procedentes de los depósitos orgánicos y de los vertederos también pueden contribuir a la contaminación con nitratos de los acuíferos a los que llegan (Castilla y León 2010)

### 2.3.5. Fosfatos ( $\text{PO}_4$ en mg/L).

Los fosfatos son la forma más habitual de encontrar el fósforo en agua. El origen de dicha presencia puede ser muy variado, se añaden en algunos tratamientos de aguas, o como caso más habitual es en forma de aditivo a detergentes para el lavado de la ropa o limpieza en general. Desgraciadamente el uso de fertilizantes o abonos orgánicos, con presencia de fosfatos también influyen de manera negativa en la presencia de éstos en agua, ya que por percolación llegan a los acuíferos naturales (Lenntech 2012).

### 2.3.6. Cambio de la Temperatura (en Cc).

La temperatura del agua determina sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La temperatura es importante en la solubilidad de las sales y los gases por tanto influyen en la

conductividad y en el pH. Una contaminación térmica (vertido de efluentes con temperatura alta) (Jill *et al.* 2003).

### **2.3.7. Turbidez Unidad Nefelométrica de Atenuación (en UNT).**

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua (APHA *et al.*1999).

Los parámetros que influyen en la turbidez del agua: a) Fitoplancton, b) sedimentos procedentes de la erosión, c) sedimentos suspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa), d) descarga de efluentes, e) crecimiento de las algas y f) escorrentía urbana (Lenntech 2012).

La consecuencia de la turbidez en el agua es debido a las partículas suspendidas que se encuentran en ella, absorben el calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reducen la concentración de oxígeno en el agua. Además algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente (Lenntech 2012).

Las partículas en suspensión causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra, de esta forma disminuyen la actividad fotosintética en las plantas y algas, contribuyendo así a bajar la concentración de oxígeno (Lenntech 2012).

Como consecuencia de la sedimentación de las partículas en el fondo, los afluentes poco profundos se compactan más rápido, los huevos de peces y las larvas de los insectos acuáticos son cubiertas y sofocadas, las agallas de algunos macroinvertebrados acuáticos se tupen o se dañan, dando como resultados en los seres vivos la poca asimilación del oxígeno para su sobrevivencia (Lenntech 2012).

La turbidez se mide en Unidades Nefelométrica de Turbidez UNT. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o Turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 UNT.

Una medición de la turbidez puede ser usada para proporcionar una estimación de la concentración de Sólidos Totales en Suspensión (STS) lo que de otra forma es un parámetro tedioso y difícil de medir (Lenntech 2012).

### **2.3.8. Sólidos totales disueltos (en mg/ L).**

Sólidos totales disueltos (STD) es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeña de 2 micrones (2 millonésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. STD es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua (Bauder y Sigler S.f).

El término Sólidos disueltos totales (STD) describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. La STD y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionadas. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. La mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, son iones disueltos. El cloruro de sodio por ejemplo se encuentra en el agua como Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>. El agua de alta pureza que en el caso ideal contiene solo H<sub>2</sub>O sin sales o minerales tiene una conductividad eléctrica muy baja. La temperatura del agua afecta a la conductividad eléctrica de forma que su valor aumenta de un 2 a un 3% por grado Celsius (Lenntech 2012).

### **2.4. Los Macroinvertebrados.**

Se entiende por Macroinvertebrados al conjunto de individuos con un tamaño superior a 3 mm que viven durante toda su vida o alguna de sus fases del ciclo vital en medios acuáticos (sedimentos, rocas, troncos, hojarasca). Son por tanto un grupo taxonómicamente muy diverso en el que se incluyen grupos como los crustáceos, oligoquetos, Hirudinea, moluscos y principalmente los insectos (Herrera 2005).

La heterogeneidad del grupo se corresponde con una elevada variabilidad de adaptaciones morfológicas, con requerimientos alimenticios y grados diferentes de tolerancia a la contaminación. Dicha variabilidad, es la razón principal por la que el grupo de macroinvertebrados constituye uno de los bioindicadores más fiables a la hora de valorar la calidad de las aguas de los ríos (Herrera 2005).

#### **2.4.1. Importancia de los macroinvertebrados en el monitoreo de agua.**

La expresión macroinvertebrados bénticos hace alusión a organismos que habitan los sustratos del fondo (sedimentos, detritus, palos sumergidos, micrófitos, algas filamentosas y otros) de hábitats dulceacuícolas, al menos durante la parte de su ciclo vital; considerándose específicamente como macroinvertebrados, aquellos organismos que por su tamaño pueden ser retenidos en mallas con coberturas desde 200 a 500 µm, tal como lo mencionan diversos autores (Rosenberg & Resh 1993 citado por Sermeño Chicas *et al* 2010a).

La razón por la que se considera a los macroinvertebrados como los mejores indicadores de la calidad del agua son muchas, entre las que se citan las siguientes (Roldán Pérez 2003, Bonada *et al.* 2006 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010a).



- Son abundantes, posee amplia distribución son fácil de recolectar.
- Posee una gran diversidad de especies, con un amplio espectro de respuestas ambientales (grados de tolerancia).
- Son relativamente fáciles de identificar en comparación con otros grupos de organismo como los virus, bacterias, entre otros (por lo menos a nivel de familia o géneros).
- Presentan los efectos de variaciones ambientales de corto tiempo.
- Sus ciclos vitales son relativamente largos.
- Se pueden criar en laboratorio.

#### 2.4.2. Tipos de hábitats acuáticos.

El hábitat se refiere al lugar específico donde vive un organismo y el nicho al papel que desempeña en la comunidad. En otras palabras, el limnólogo debe saber dónde encontrar los macroinvertebrados acuáticos y conocer sus relaciones con los demás organismos. Los hábitats acuáticos son muy variables y cada uno de ellos corresponde a una comunidad determinada. Así por ejemplo, unos viven adheridos a la superficies de las rocas, pequeñas piedras, troncos sumergidos o resto de vegetación, otros habitas en las orilla de los ríos adheridos a vegetación emergente o sumergida (Roldán Pérez 2003a). De acuerdo Alonso y Camargo 2005 se pueden encontrar diversos grupos de macroinvertebrados en ríos (cuadro 2).

**Cuadro 2. Grupos de Macroinvertebrados que pueden encontrarse en ríos.**

PHYLUM	ORDEN-CLASE	FAMILIA	GÉNERO-ESPECIE	CICLO
Platyhelminthes	Cl. Turbellaria	Planariidae Dugesiidae	<i>Polycelis felina</i> <i>Dugesia tigrina</i>	A
Annelida	Cl. Oligochaeta	Tubificidae Lumbriculidae	<i>Glossiphonia complanata</i> <i>Erpobdella monostriata</i>	A
	Cl. Hirudinea	Glossiphoniidae Erpobdellidae	<i>Glossiphonia complanata</i> <i>Erpobdella monostriata</i>	A
Mollusca	Cl. Gastropoda	Hydrobiidae Ancylidae Lymnaeidae	<i>Potamopyrgus antipodarum</i> <i>Ancylus fluviatilis</i> <i>Lymnaea stagnalis</i>	A
	Cl. Bivalvia	Sphaeriidae Unionidae	<i>Pisidium casertanum</i> <i>Anodonta cygnea</i>	A
Artrópoda (Cl. Crustáceo)	Ord. Amphipoda	Gammaridae	<i>Eulimnogammarus toletanus</i> <i>Eulimnogammarus macrocarpus</i> <i>Echinogammarus</i>	A
	Ord. Decápoda	Astacidae Cambaridae	<i>Austropotamobius pallipes</i> <i>Procambarus Clarkii</i>	A
	Ord. Ephemeroptera	Baetidae Caenidae Ephemerellidae	<i>Baetis rhodani</i> <i>Caenis luctuosa</i> <i>Ephemerella ignita</i> <i>Serratella hispánica</i>	L
	Ord. Plecóptera	Perlidae	<i>Perla marginata</i>	L
		Hydropsychidae	<i>Hydropsyche exocellata</i>	

Artrópoda (Cl. Insecta)	Ord. Trichoptera	Rhyacophilidae Glossosomatidae Limnephilidae	<i>Rhyacophila meridionalis</i> <i>Agapetus fuscipes</i> <i>Limnephilus guadarramicus</i>	L
	Ord. Odonata	Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster boltoni</i>	L
	Ord. Coleóptero	Elmidae Gyrinidae Hydraenidae	<i>Elmis aenea</i> <i>Esolus angustatus</i> <i>Limnius volckmari</i> <i>Gyrinus urinator</i> <i>Hydraena flavipes</i>	A
	Ord. Díptera	Chironomidae Simuliidae Athericidae	<i>Chironomus plumosus</i> <i>Simulium ornatum</i> <i>Atherix ibis</i>	L

NOTA. La letra A muestra un ciclo de vida que se desarrolla en su integridad en el agua, mientras que la L indica que en el río se desarrolla parte de su ciclo vital (larva y/o pupa) (Alonso y Camargo. 2005). Ord. Orden Cl. Clase

#### 2.4.2.1. Ecosistemas lóticos.

Incluyen todas las masas de agua que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible (Gabriel y Pinilla s.f.). Comparados con las aguas que no fluyen o ecosistemas lénticos, los arroyos son generalmente más turbulentos que los lagos, y, por tanto, la estratificación de la cantidad de agua con termoclima es rara. Las altas turbulencias generalmente mantienen altas concentraciones de oxígeno, se reducen las diferencias de temperaturas dentro del arroyo, y distribuye el plancton y los nutrientes suspendidos o disueltos más regularmente (Gabriel y Pinillas.f). Las temperaturas en los arroyos fluctúan sobre un pequeño rango que son típicas de las zonas litorales poco profundas de los ecosistemas léntico. Los hábitats de agua en movimiento poseen frecuentemente más heterogeneidad de hábitats, y la red trófica en cuencas forestadas de drenaje es más dependiente en la producción de materia de la planta producida externamente, incluso aunque la producción en arroyos puede ser importante (Thorp and Delong, Citados por Thorp yCovich2001). Los ecosistemas lóticos son también más permanentes en ambos marcos de tiempoecológico y evolutivo que la mayoría de hábitats lenticos. Ambas heterogeneidad y permanencia son ideales para incrementar la diversidad dentro de estos ecosistemas (Thorp y Covich 2001).

#### 2.4.2.2. Ecosistema Léntico.

Los lénticos son ecosistemas de aguas estancadas y están presentados principalmente por lagos, estanques o charcas varían mucho en tamaño que se pueden encontrar desde pequeños estanques hasta enormes lagos.

Los lagos son un buen ejemplo de los cuerpos lénticos, en ellos se distinguen tres diferentes niveles: el litoral (la orilla), la zona limnética (es la parte alejada de la orilla) y la zona profunda (por debajo de la zona limnética) (Brown 1987).

### 2.4.3. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos pueden vivir en la superficie, y el fondo o nadan libremente, por tal razón reciben diferentes nombres de acuerdo a este tipo de adaptación.

#### 2.4.3.1. Neuston.

Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hacen impermeables, así que en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae, Hydrometridae y Veliidae (figura 2)(Roldán Pérez2003b).

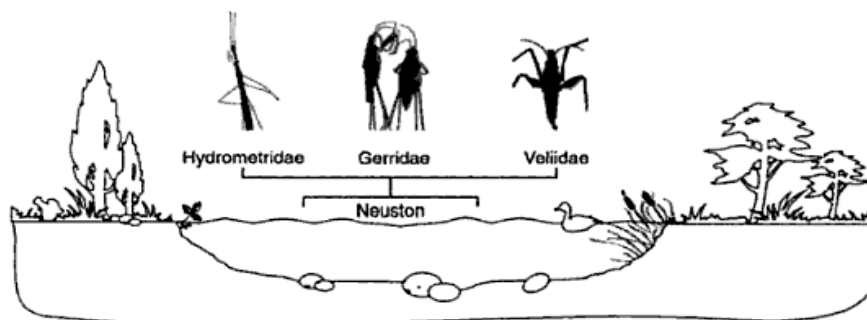


Figura. 2 Macroinvertebrados representante del Neuston en un ecosistema acuático

#### 2.4.3.2. Necton.

Está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua. Entre ellos se encuentran: Corixidae y Notonectidae del Orden Hemiptera; Dysticidae, Gyrinidae e Hydrophilidae del Orden Coleoptera y Baetidae del Orden Ephemeroptera (figura 3) (Roldán Pérez 2003b).

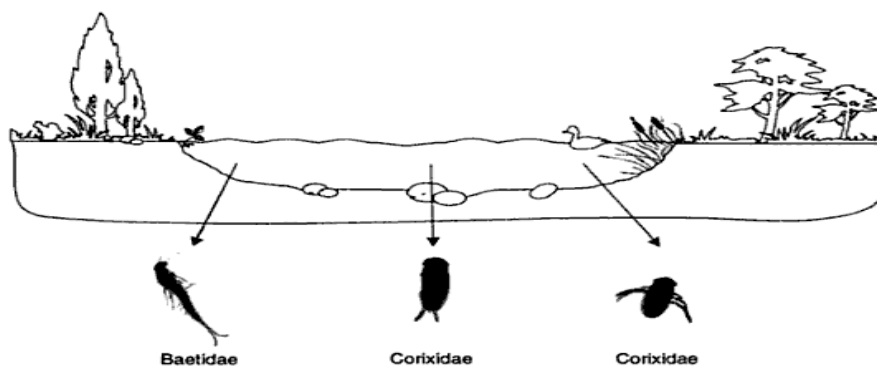


Figura. 3. Macroinvertebrados representante del Necton en un ecosistema acuático

#### 2.4.3.3. Bentos.

Se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares (Alonso y Camargo 2005).

Los principales Ordenes representantes son: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera y Díptera. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad, como la familia Euthyplociidae (Ephemeroptera). Otros, como la familia Blephaceridae (Díptera), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen (figura 4) (Roldán Pérez 2003b).

Los organismos bentos de agua dulce alcanzan sus máximas densidades y diversidad en aguas poco profundas y declinan perceptiblemente con el incremento de la profundidad en zonas profundas. Pocos macroinvertebrados toleran condiciones en zonas profundas debajo del termoclima estacional, pero la micro y meso fauna puede ser abundante en aguas profundas. Este modelo probablemente refleja gradientes de la disponibilidad de oxígeno, heterogeneidad de hábitat y todos los recursos alimenticios, los cuales son mayores en la zona litoral. Los estudios de regiones vegetadas y no vegetadas del litoral demuestran el gran valor de macrofitos en la reducción de los porcentajes de depredación en macro fauna béntica (Hersheysf. Citado por Thorp y Covich 2001).

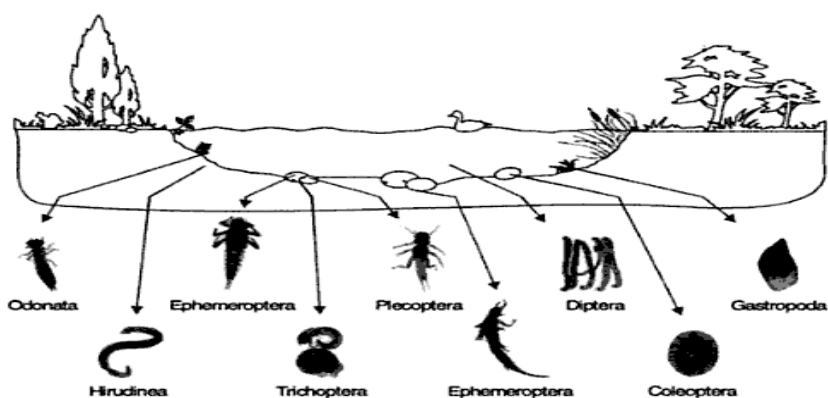


Figura. 4. Macroinvertebrados representante del Bentos en un ecosistema acuático

#### 2.4.4. Formas de respiración de los macroinvertebrados.

Los ambientes acuáticos tienen menos oxígeno que los ambientes terrestres y la difusión de oxígeno por el agua es mucho más lenta que en el aire. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua disminuye conforme aumenta la temperatura y disminuye la corriente. En agua fría pueden haber 15ppm (partes por millón) de oxígeno mientras que en el aire es 200,000ppm. Por ello, los macroinvertebrados tienen una diversidad de adaptaciones para obtener oxígeno del agua en los ambientes acuáticos (Gullan y Cranston 1994).

En los insectos el sistema respiratorio consiste en una serie de aberturas (espiráculos) en el cuerpo, donde el aire entra directamente en un sistema de tubos (traqueolos) que se

ramifican por todo el cuerpo. Muchos ácaros también tienen un sistema traqueal, pero este evolucionó de forma independiente al sistema de los insectos. En los insectos los espiráculos pueden estar abiertos para utilizar aire (directamente o indirectamente) o bien pueden estar cerrados y efectuar el intercambio de gases por la cutícula. Entre los que tienen los espiráculos abiertos, podemos clasificar cuatro grupos según su estrategia para obtener oxígeno: los que utilizan aire atmosférico, los que utilizan tanto el aire como el oxígeno disuelto en el agua y dos grupos que utilizan solamente el oxígeno disuelto en el agua (Gullan y Cranston 1994).

En el primer grupo, el insecto mantiene contacto con la superficie del agua o se pone en contacto periódicamente, para obtener oxígeno directamente de la atmósfera. Esto ocurre por ejemplo en las larvas y pupas de zancudos (Culicidae), moscas y en las larvas, adultos de algunos escarabajos (Dytiscidae e Hydrophilidae).

En el segundo grupo, el insecto lleva un suministro de aire en su cuerpo cuando está sumergido. Este aire no es simplemente un tanque de oxígeno, sino también una branquia física que permite la difusión de oxígeno desde el agua hacia el aire atrapado en el cuerpo. Sin embargo, esta carga de aire eventualmente desaparece y el insecto tiene que regresar a la superficie para renovar su suministro. Varias chinches adultas y adultos de escarabajos muestran este tipo de respiración. El tiempo que pueden mantenerse sumergidos depende de la cantidad de oxígeno en el agua y disminuye conforme aumenta el tamaño del insecto. Cuando aumenta la temperatura no solamente disminuye la cantidad de oxígeno en el agua, sino también aumenta el metabolismo del insecto y por tanto su demanda de oxígeno. Bajo estas condiciones los insectos pequeños tienen una ventaja (Bronwark y Hansson 2005).

El tercer grupo consiste de insectos que llevan una película permanente de aire (un plastrón) encima de su cuerpo. Esta película de aire se forma gracias a pelos cortos que repelen el agua. Esta película de aire sirve como una branquia física que extrae oxígeno del agua. En contraste con el grupo anterior, el aire no desaparece con el paso del tiempo y por tanto estos insectos pueden quedarse sumergidos indefinidamente si el agua contiene bastante oxígeno (y si el insecto no tiene una demanda alta de oxígeno). Este grupo incluye los chinches del género *Cryphocricos* (Naucoridae) y los adultos de *Dryopidae* y *Elmidae* (Coleoptera) (Bronwark y Hansson 2005). El cuarto grupo tiene extensiones de cutícula alrededor de los espiráculos (branquias espiraculares) y el aire atrapado sirve como una branquia física. Estas estructuras también sirven para la respiración en el ambiente terrestre y por tanto los insectos con branquias espiraculares (p. ej. pupas de Simuliidae) pueden vivir en quebradas donde el nivel del agua fluctúa (Bronwark y Hansson 2005).

Dentro de los insectos acuáticos que mantienen los espiráculos cerrados (neústicos) y no funcionales, la mayoría puede absorber oxígeno directamente del agua. El intercambio de gases ocurre a través de las partes de la cutícula que son permeables y que tienen una red densa de traqueolos cerca de la superficie (respiración cutánea). Este sistema funciona mejor cuando el animal tiene mucha superficie en comparación con su volumen, o sea en insectos pequeños y alargados como las larvas de los dípteros (Chironomidae y Ceratopogonidae) y en las etapas jóvenes de muchos insectos y ácaros (Bronwark y Hansson 2005).

Muchos insectos acuáticos complementan la respiración cutánea con extensiones de la pared corporal que tienen numerosos traqueolos. Estas branquias están presentes en los estadios inmaduros de al menos algunas especies de todos los órdenes acuáticos principales, con la excepción de Hemíptera. Las branquias traqueales pueden tener la forma de placas o de filamentos ramificados y son especialmente diversos en Ephemeroptera. En Odonata, el sub orden Zygoptera tienen tres branquias en la parte del abdomen, mientras que el sub orden Anisoptera tienen cámaras branquiales dentro del abdomen, conectadas con el recto. Las branquias traqueales son especialmente importantes en aguas más cálidas y con menos oxígeno. El insecto a menudo mueve el cuerpo para aumentar el flujo de agua que pasa por las branquias (ventilación). Por ejemplo, los movimientos rítmicos de branquias en Ephemeroptera, las ondulaciones del abdomen de Trichoptera y Chironomidae dentro de sus casitas, y el movimiento del agua adentro y fuera de la cámara rectal de libélulas del suborden Anisoptera. Algunos insectos complementan la respiración cutánea con pigmentos respiratorios, lo que les ayuda a colonizar sitios donde el agua tiene niveles bajos de oxígeno. Algunas larvas de Chironomidae maximizan la captura de oxígeno usando hemoglobina, la cual les da un color rojo brillante cuando están vivos. El pigmento representa una ventaja al colonizar ambientes contaminados, y en algunos casos estas larvas pueden llegar a ser sumamente abundantes. Otros insectos dependen en gran parte de las corrientes de agua para la ventilación de sus branquias (McMahon 1983).

Muchos otros invertebrados dulceacuícolas utilizan la respiración cutánea y branquial, pero en vez de traqueolos tienen vasos sanguíneos que llevan el oxígeno a los tejidos. Los caracoles pulmonados han perdido las branquias y en su lugar la cavidad del manto se ha convertido en un pulmón, una adaptación para la respiración terrestre. Los Lymnaeidae y Physidae dependen en gran parte del aire que consiguen en la superficie del agua, y generalmente no pueden vivir a mucha profundidad. Sin embargo, los Planorbidae han evolucionado una branquia secundaria y además tienen hemoglobina, y por tanto pueden

vivir en aguas con poco oxígeno. Al parecer, los caracoles pulmonados están mejor adaptados al agua con poco oxígeno (ej. en charcos o aguas muy contaminadas) que otros caracoles de agua dulce, generalmente restringidos a las quebradas (McMahon 1983).

#### **2.4.5. Ecología de las diferentes familias de Macroinvertebrados.**

A continuación se presenta la ecología de cada una de las familias encontradas en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.

##### **Orden Oligochaeta**

###### **Ecología de la familia Tubificidae**

La familia Tubificidae se caracteriza porque sus especies son rojas o blancas, dependiendo del hábitat en el que se encuentren. Si el medio en que se encuentran tiene una baja concentración de oxígeno y alta abundancia de material orgánico en descomposición, sus cuerpos son rojos debido a la presencia de la hemoglobina, necesaria para capturar de forma más eficiente el oxígeno disuelto en el agua, y los blancos no desarrollan hemoglobina ya que se encuentran en mejores condiciones de calidad de aguas. Viven en los remansos de los sistemas lóticos o en los sedimentos de los sistemas léntico, por esto son llamados “gusanos del lodo”. Se alimentan de detritus, bacterias y algas que abundan en estos sedimentos. Los tubificidos son muy utilizados como carnada viva para la alimentación de cultivos de peces ornamentales (Hernández *et al.* 2012).

##### **Orden Hirudinae**

###### **Ecología de la familia Glossiphonidae.**

Son sanguijuelas típicas de las zonas lacustres, aunque también las podemos encontrar en ciertos tramos de los ríos (especialmente las cabeceras). Se distinguen del resto de los miembros de la familia, porque presentan las manchas oculares agrupadas. Son depredadores activos, pero también ectoparásitos, que se alimentan de: moluscos, insectos e incluso algunas especies, como *Hemiclepsis marginata*, de peces. Dado que gustan de arroyos fríos y bien oxigenados, o de lagos de montaña, se consideran indicadores de buena calidad del agua pero obtienen un valor medio de la escala de valores (Negrete 2007).

##### **Orden Bivalvia**

###### **Ecología de la familia Sphaeriidae**

Esta familia se encuentra en sistemas lóticos y lénticos, poseen unos sifones largos que utilizan para mantener el contacto con el agua por encima del sustrato. Su modo típico de alimentación es suspensivo y filtrador de las partículas que se encuentran en el agua. El modo de respiración, es por intercambio gaseoso ya que poseen hemolinfa, la cual

transporta un pigmento respiratorio llamada hemocianina que se encuentra disuelta, para captar oxígeno (Hegner1960).

### **Orden Moluscos**

#### **Ecología de la familia Ampullariidae, Thiaridae e Hydrobiidae**

Son habitantes de agua dulce de zonas templadas y cálidas. Son vivíparos, en parte y en parte ovovivíparos. Muchos se caracterizan por ser partenogenéticos pero no todas las especies presentan tal característica (García Pineda y Godínez Guardado2009). Se alimentan de plantas y materia orgánica en descomposición, proliferan durante los vertimientos de contaminación a los cuerpos de aguas. Estos organismos al poseer un pulmón por medio del cual respiran oxígeno del aire, no se ven afectado por falta de este elemento en las aguas contaminadas (Brusca y Brusca 2000).

#### **Ecología de la familia Physidae**

Viven en todo tipo de ambientes, preferentemente en zonas con sustrato de cantos y gravas. Se alimentan de detritos y algas (Brusca y Brusca 2000).

### **Orden Decápoda**

#### **Ecología de la familia Pseudotelphusidae**

Su hábitat es debajo de rocas y clasificados como microfagicos detritívoros selectivos y utilizan muchos métodos para extraer el alimento de los sedimentos en los que viven, se alimentan de microorganismo que se encuentran en la superficie de las partículas de los sedimentos, diatomeas y detritos (Brusca y Brusca 2000).

### **Orden Amphipoda**

#### **Ecología de la familia Palaemonidae**

Esta familia habita en los sistemas bénticos, dulceacuícola y es indicadora de baja concentración de oxígeno disuelto, alta temperatura y falta de vegetación, se alimentan de invertebrados, peces pequeños particularmente los débiles y enfermos, material suspendido en el agua, algas y diversos zoopláctones (Lanza Espino *et al.* 2000).

### **Orden Acarina**

#### **Ecología del grupo de Hidracarina**

Se encuentran en sistemas lenticos (arroyos), manantiales asociados a macro algas de litorales rocosos, sus larvas están asociadas a *Odonata* y a *dípteros* de la familia *Culicidae* y son potencialmente controladores biológicos de *dípteros* (Hegner 1960).



## **Orden Orthoptera**

### **Ecología de la Familia Blaberidae**

Su régimen alimenticio es omnívoro, aceptando productos de origen vegetal como animal, preferiblemente los primeros (vegetales). Su hábitat es en arroyos, debajo de piedras y en aguas con remanso (López *et al.* 2009).

## **Orden: Coleoptera**

### **Ecología de la familia Dytiscidae**

La familia posee un amplio grupo de escarabajos acuáticos, de hábitos de escalador, nadador; buceador y depredador. Estos se consideran una de las especies más voraces de los organismos acuáticos, los que se alimentan de chinches, pequeñas náyades de odonatos, larvas de tricópteros, entre otros (Gutiérrez Fonseca 2010).

Los individuos de la familia Dytiscidae se encuentran entre los mejores adaptados para la vida acuática. Además, son los coleópteros acuáticos más diversos con 3,900 especies descritas. Se encuentran en una gran variedad de sistemas acuáticos tales como ríos, quebradas, estanques, lagunas, bromelias y hasta en huecos en troncos de árboles. Están presentes en alturas de hasta 5,000 msnm, en cavernas y aguas subterráneas de hasta 30 m de profundidad. Es común que en los estadios larvales respiran a través de la piel, mientras que los adultos acuáticos toman el oxígeno directamente de la atmósfera; se sumergen llevando una burbuja de aire que renueven tocando la superficie con la parte trasera de su cuerpo, o por golpeteo de la vegetación acuática para obtener este gas de los tejidos vegetales (Gutiérrez Fonseca 2010).

### **Ecología de la familia Elmidae**

Los integrantes de esta familia son enteramente acuáticos y se encuentran principalmente en sistemas loticos de aguas dulces con corrientes rápidas. La mayoría de sus representantes están considerados como indicadores de aguas "limpias" (Usinger, 1956; Hilsenhoff, 1977; Margalef, 1983; Vásquez, 1985, citado por Lanza Espino *et al.* 2000). Se les conoce comúnmente como escarabajos de aguas rápidas. Los organismos con una posible utilidad en el biomonitoreo, de acuerdo con su distribución cosmopolita, hábitos bentónicos, altos requerimientos de oxígeno y con un análisis de presencia y/o ausencia son: *Cylloepus sp*, *Heterelmis sp*, *Hexacylloepus sp*, *Macrelmis sp*, *Microcylloepus sp*, *Phanocerus sp*, pero sería restringido dado su tamaño pequeño y su dificultad taxonómica (Lanza Espino *et al.* 2000). Las larvas se encuentran en troncos sumergidos, hojas en descomposición, raíces sumergidas y sobre rocas donde se alimentan de materia vegetal en descomposición y

algas. Muchos Élmidos poseen un plastrón, estructura compuesta de varios millones de setas por milímetro y que le ayuda en el intercambio gaseoso) (Usinger, 1956; Hilsenhoff, 1977; Margalef, 1983; Vásquez, 1985; mejorada, 1989 citado por Lanza Espino *et al.* 2000).

#### **Ecología de la familia Hydrophilidae**

Los integrantes de esta familia son acuáticos y se encuentran en sistema loticos, lenticos y habitas temporales de agua dulce. Se les conoce comúnmente como escarabajos basureros, ya que se puede recolectar en zonas con altos niveles de materia orgánica (Spangler, 1982 citado por Lanza Espino *et al.* 2000).

Los adultos son vegetarianos omnívoros ocasionalmente depredadores o recolectores, son buenos nadadores, las larva es una depredadora voraz de otros macroinvertebrados acuáticos debido a que son malas nadadoras que prefieren esperar a que sus presas se acerquen a ellas; las larvas pueden ser excelentes controladores de plagas de mosquitos, caracoles, entre otros.

Los adultos portan una burbuja de aire bajo de su cuerpo, el oxígeno es constantemente renovado con un toque de las antenas en la superficie del agua (López *et al.* 2009).

#### **Ecología de la familia Staphylinidae**

En esta familia pocos son verdaderamente acuáticos, se encuentra casi todo tipo de hábitat y se alimentan de todo excepto de tejidos vivos de plantas. Son depredadores de otros insectos e invertebrados, algunos se alimentan de materia orgánica en descomposición y de hongos. Posee los hábitos de trepador, depredador, colector, desgarrador o herbívoro (CORPOICA 2012).

#### **Ecología de la familia Scirtidae**

Habitan en remansos entre la vegetación sumergida, en bromelias, en huecos de tronco. Las larvas son usualmente acuáticas, mientras que los adultos son terrestres, aunque ocasionalmente son recolectados en muestras de organismos bentónicos. Los estadios inmaduros son herbívoros y detritívoros (Gutiérrez Fonseca 2010). Las larvas tienden a permanecer justo debajo de la película superficial y obtienen el oxígeno del aire a través del espiráculo modificado sobre el octavo segmento abdominal. Las agallas traqueales retráctiles podrían suministrar alguna ayuda en el suplemento de oxígeno cuando las larvas están sumergidas (CORPOICA 2012).

#### **Ecología de la familia Gyrinidae**

Los integrantes de esta familia son enteramente acuáticos y se encuentran preferencialmente en sistema lenticos, aunque ocurre también en las orillas de los ríos. Generalmente a este grupo se le desecha como bioindicadores, sin embargo normalmente

se le registra en cuerpos de aguas limpias (Lanza Espino *et al.* 2000). Son depredadores que aprovechan los organismos vivos o muertos que caen sobre la superficie del agua. Los adultos poseen glándulas que secretan sustancias con mal sabor que repelen a posibles depredadores (Gutiérrez Fonseca 2010).

#### **Orden: Díptera**

##### **Ecología de la familia Culicidae**

Las larvas de esta familia se encuentran generalmente en charcas y en las orillas de los sistemas loticos y en la zona limnética de ambientes lenticos entre hidrófitas vasculares (Lanza Espino *et al.* 2000).

Las larvas llegan a la superficie del agua para respirar mediante un sifón y luego regresan al fondo del agua. Se alimentan de microorganismos flotando o suspendidos y de materia orgánica, los cuales obtienen mediante “cepillos” bucales (Stone 1981, McCafferty 1998, Cheverri 2009, Sandoval y Molina 2000 Citado por Menjívar Rosa 2010).

##### **Ecología de la familia Ceratopogonidae**

Las larvas de estas familias se encuentran generalmente en las orillas del sistema lóticos y lénticos entre plantas acuáticas. Algunas especies son bentónicas entre los crecimientos de algas u ocasionalmente. Muchas especies acuáticas son carnívoras y a veces se alimentan de los huevos de otros insectos acuáticos en particular en donde se acumulan el detritus. Se deslizan sobre los detritos del fondo, algunos son excavadores y en ocasiones pueden nadar en la superficie del agua (Borkent y Spnelli 2007).

##### **Ecología de la familia Tabanidae**

Habitan en sistemas lóticos, léntico entre detritus. Prefieren los sitios lodosos como suelos pantanosos, así como en agua dulce, salada, materia en descomposición. La mayoría de especies presentan larvas depredadoras de otros invertebrados y anélidos sus hábitos son de escarador y deslizador (Sandoval y Molina 2000, Pechuman & Tescey 1981 citado por Menjívar Rosa 2010).

##### **Ecología de la familia Stratiomyidae**

Se encuentran en la superficie de arcillas, orilla de los lagos y charcas poco profundas, son filtradoras de una gran cantidad de partículas orgánicas como las algas. Su hábito es nadador, deslizador y colector. Las larvas generalmente se encuentran en los márgenes de los sistemas lenticos y loticos, entre detritus y plantas vasculares. Muchas larvas acuáticas o semi-acuáticas están presentes en pozas, especialmente en vegetación densa a lo largo de los márgenes; también, habitan en aguas salobres, fuentes termales y materia en descomposición. Algunas especies se sumergen a varios pies y unas pocas son bentónicas

en rápidos. Se alimentan de algas y de materia orgánica (Sandoval y Molina 2000, McCafferty 1998 citado por Menjívar Rosa 2010).

#### **Ecología de la familia Muscidae**

Las larvas de esta familia se encuentran generalmente en los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos entre detritus. Los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo de acuerdo con sus hábitos bentónicos y con un análisis de presencia y/o ausencia son: *Caricea sp*, *Graphomya sp*, *Limnophora sp* y *Lispoides sp*, entre otras. Están presentes en vegetación, descomposición, suelos húmedos y la mayoría de larvas acuáticas, son aparentemente depredadoras de larvas de insectos y otros invertebrados (Sandoval y Molina 2000, Hockett & Vockeroth 1981, McCafferty citados por Menjívar Rosa 2010).

#### **Ecología de la familia Chironomidae**

Se localizan en aguas con sedimentación y poca oxigenación y en aguas corrientes, donde habitan en toda la columna de agua, ya que migran de forma vertical. Las larvas se encuentran en sistemas lóticos y lénticos, ubicándose en una variedad de sustratos y hábitats. Las que viven en aguas pobres en oxígeno, contienen hemoglobina, la cual almacena oxígeno dentro de sus cuerpos y les permite existir, al menos temporalmente, en ambientes con poco oxígeno, adquiriendo una coloración rojiza brillante, por causa de dicha sustancia. La mayoría de especies son bentónicas y muchas viven dentro de tubos o estuches libres de seda construidos en el sustrato.

Su hábitat es de excavador y depredadores por enguillon o cortadores; recolectores filtradores (Sandoval y Molina 2000, Oliver 1981, McCafferty 1998 citados por Menjívar Rosa 2010).

#### **Ecología de la familia Tipulidae**

Esta familia habita en ambientes lóticos y lénticos de agua limpia, también pueden vivir en cualquier lugar donde haya agua estancada, en el envés de las hojas grandes, en sedimento orgánico y algas. Son depredadores de otras larvas de insectos; también se alimentan de detritus, hojas en descomposición, fragmentos de plantas; ecológicamente son importantes, ya que forman parte de la dieta alimenticia de peces, anfibios y reptiles acuáticos pequeños. Posee hábitos de excavadores y su gremio trófico es desgarrador (Maes 2002).

#### **Orden Ephemeroptera**

##### **Ecología de la familia Caenidae**

Esta familia se encuentra en todo tipo de agua dulce, desde ríos grandes hasta charcas pequeñas; y su micro hábitat son áreas fangosas y vegetación con poca o ninguna corriente. El género *Caenis* puede soportar un amplio grado de condiciones ambientales y vivir en

aguas contaminadas y eutroficadas (Flowers 2010 citado por Serrano Cervantes y Zepeda Aguilar 2010). Las ninfas son malas nadadoras, por tanto se desplazan reptando sobre el fondo en donde se alimentan de plantas sumergidas (Kortkowsky 1995 citado por Serrano Cervantes y Zepeda Aguilar 2010).

#### **Ecología familia Leptophlebiidae**

Las náyades de esta familia se encuentran en sistema lóticos y ocurren en una gran variedad de sustratos. Presentan una amplia variedad en su forma de locomoción; como por ejemplo, el género *Thraulodes*. Su forma le permite ser reptadoras y en el género *Terpides* las ninfas son nadadoras. En general, las ninfas de esta familia no son buenas nadadoras y su desplazamiento ocurre más bien por reptación entre las riberas y el fondo. Con frecuencia se asocian a material de roca porosa, grava, detritus (hojarasca) de árboles o acumulaciones de raíces en los ríos que habitan. Se alimentan de materia orgánica particular (recolectores) o bien son filtradores, utilizando sus partes bucales para filtrar partículas finas del agua. Su hábito es nadador fijo y su modo de alimentación es colector, raspador facultativo y algunos colectores filtradores (Sánchez Fernández 2007).

#### **Ecología de la familia Baetidae**

Esta familia se encuentra a menudo en la mayoría de quebradas y ríos en las piedras, bajo corrientes veloces a moderadas donde raspan el material vegetal de la superficie de las rocas y también se alimenta de algas filamentosas. Unos son detritívoros, omnívoros o herbívoros, dependiendo del género (Domínguez *et al.* 2006).

En los ríos no contaminados se encuentran en abundancia los géneros Baetodes, Camelobaetidium y Moribaetis; quienes logran fijarse fuertemente a las piedras, bajo corrientes veloces de agua de cascadas. El género Baetis es común en arroyos torrenciales de montañas, ríos cálidos y aguas tranquilas (Korytkowski 1995 citado por Serrano Cervantes y Zepeda Aguilar 2010). El hábitat para el género ecológicamente tolerante Callibaetis, incluyen charcas, lagos, manantiales cálidos del desierto y cualquier laguneta de tratamiento de aguas de alcantarilla. Las ninfas de esta familia son buenas nadadoras, aunque en las lagunas son lentas; siendo la mayoría filtradoras, algunas fitófagas y otras omnívoras (Sánchez Fernández 2007).

#### **Ecología familia Leptohiphidae**

Las náyades de estas familias se encuentran en sistemas lóticos y ocurren en sustratos arenosos en detritus, entre vegetación o masas de raíces. Los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo de acuerdo con su hábitat bentónicos, tamaño mediano y

con análisis de presencia y/o ausencia son: *Leptohyphes sp*, *Tricorythodes sp* (Lanza Espino *et al.* 2000).

Se les considera entre los grupos de insectos hidropneusticos de los ríos (que utilizan oxígeno disuelto en el agua para su respiración) más tolerantes. Su hábito es generalmente fijo, su modo de alimentación es de recolector y algunos géneros son colector-filtrador (Sánchez Fernández 2007).

## **Orden Hemiptera**

### **Ecología familia Belostomatidae**

Se encuentra en ambientes tranquilos, raramente en ríos. Son comunes en pozas, bordes de lagos y pantanos. Viven entre la vegetación acuática y en las acumulaciones de material vegetal. La mayor parte del tiempo descansa entre la vegetación en posición casi horizontal, también puede nadar rápidamente. Se alimenta de una gran variedad de invertebrados (insectos acuáticos, caracoles, camarones) hasta de sapos y peces que atrapan con sus patas delanteras (Pacheco Chávez 2010).

Respiran oxígeno del aire mediante una burbuja debajo de las alas y puede renovarla mediante una estructura aplanada en el punto del abdomen que funciona como esnorquel (López *et al.* 2009).

### **Ecología de la familia Gerridae (chinche patinadoras)**

Los integrantes de esta familia son enteramente acuáticos y se encuentran generalmente en los márgenes y zona limnética de los sistemas lóticos y lénticoentre los sitios donde pueden ser encontrados están los ríos tanto en rápidos como en remansos, canales, bromelias, lagunas, lagos, estuarios, manglares, zonas costeras e incluso mar adentro en el caso de algunas especies del género *Halobates*. Los gerridos pueden ser encontrados en un amplio ámbito altitudinal que va desde los cero metros hasta las tierras altas en Colombia. Aristizabal2002 citada por López *et al.*2009 reporta especímenes del género *Eurigerris* hasta cerca de los 3000 metros. Poseen adaptaciones especiales que le permiten permanecer en la superficie del agua, sin perturbarla. Se alimentan de insectos, tanto terrestre como acuáticos, vivos o muertos y el canibalismo es común en poblaciones grandes mientras están en la superficie respiran como insectos terrestres, pero al sumergirse lo hacen con el aire atrapado por finos pelos y escamas en su cuerpo (López *et al.* 2009).

### **Ecología de la familia Veliidae (chinchas patinadoras)**

Habitan en la superficie del agua, cerca de los márgenes y en las secciones quietas de las corrientes, tienen una amplia variedad de hábitats como en cuerpos de agua dulce, permanentes, temporales y artificiales. Muchas especies viven en ambientes lénticos, ágiles

y rápidos. Comúnmente, se observa un comportamiento gregario, formando grupos grandes. Se alimentan de organismos que encuentran en la superficie del agua como pulgas de agua y otros insectos, los cuales pueden estar vivos o muertos. Algunos se alimentan de mosquitos (huevos y larvas). Su respiración es similar a la de los insectos terrestres, pero se sumergen ocasionalmente (López *et al.* 2009).

#### **Ecología de la familia Mesoveliidae**

Los integrantes de esta familia son enteramente acuáticos y se encuentran generalmente en sistemas lenticos entre hidrófitas vasculares (Mazzucconi *et al.* 2009 citado por Pacheco Chávez 2010). Se alimentan de pequeños organismos que encuentran debajo y sobre la superficie del agua; como micro-crustáceos (ej. Ostrácodos, cladóceros), quironómidos (larvas) y culícidos (larvas y pupas) muertos o moribundos; además de pequeños artrópodos, vivos o muertos, que caen al agua. También posee hábitos carroñeros (López *et al.* 2009).

#### **Ecología de la familia Naucoridae**

Viven en ambientes de aguas lentas o de movimientos rápidos (pozas, lagos, arroyos y ríos), se encuentran entre la vegetación y acumulaciones de desechos, algunos de bajo de piedras. Las especies bentónicas se encuentran a menos de 10-15 cm de profundidad, entre rocas en el fondo, donde el agua corre formando burbujas. Hay especies que viven en ambientes lenticos (charcas, lagunas, pantanos o pajonales), casi siempre densamente vegetados, entre plantas flotantes y sumergidas. Algunas naucórides se han encontrado en aguas salobres y en aguas termales (López *et al.* 2009).

Las ninfas reciben oxígeno a través de la superficie de sus cuerpos, mientras que los adultos mediante una burbuja que tiene de bajo de sus alas, la cual renueva periódicamente. Son depredadores agresivos, que utilizan grandes patas raptorales para atrapar y cortar a sus presas, se alimentan de insectos acuáticos (larvas de mosquitos y quironómidos, coríidos, larvas de Odonata), crustáceos (cladóceros, anfípodos, isópodos) y moluscos (Mazzucconi *et al.* 2009 citado por Pacheco Chávez 2010).

#### **Ecología de la familia Nepidae (escorpión de agua)**

Viven en aguas lentas o quietas, usualmente en pozas, pantanos y ríos, principalmente en áreas someras, entre la vegetación. Pasan la mayor parte del tiempo descansando sobre la vegetación y los desechos, esperando o caminando lentamente hacia una presa. Son pobres nadadores, pero pueden moverse al remar con sus patas. Se alimentan de pequeños crustáceos e insectos, pero se han reportado capturas de peces o renacuajos. El método de alimentación es similar al de las mantis religiosas en tierra, pues utiliza sus patas delanteras para sostener sus presas (Pacheco Chávez 2010). Para respirar utilizan un par de filamentos

alargados en el abdomen (Sifón) con el cual toca la superficie del agua y el aire se almacena de bajo de las alas (López *et al.*2009).

#### **Ecología de la familia Notonectidae (nadadores de espalda)**

Los integrantes de esta familia son enteramente acuáticos y se encuentran generalmente en sistema lóticos y léntico. Los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo, de acuerdo con un análisis de presencia y/o ausencia son: *Buenoa sp*, *Notonecta sp*, pero podría ser restringido por sus hábitos nectónicos. Viven en aguas transparentes y turbias, con y sin vegetación, en ambientes luminosos y sombríos, permanentes y temporarios. Se les puede encontrar, a veces, en ambientes visiblemente contaminados por el ser humano. Son nadadores activos, que pueden desplazarse rápidamente en distancias cortas utilizando sus patas traseras. Se alimentan de pequeños insectos, crustáceos, algunos peces y renacuajos. Una vez capturado la presa es sostenida con las patas, mientras que el aparato bucal es usado para matarla y succionar los fluidos de su cuerpo. El oxígeno lo retiene en su abdomen, de bajo de sus alas durante los periodos de buceo (López *et al.* 2009).

#### **Orden Megaloptera**

##### **Ecología de la familia Corydalidae**

Las larvas de estas familias se encuentran en sistemas lóticos con sustratos pedregosos y aguas bien oxigenadas (Lanza Espino 2000). Además de ser un depredador muy grande usualmente excavan en el sustrato en busca de pequeños animales como larvas de insectos anélidos, crustáceos y moluscos, con los que se alimentan. Es tan grande que en algunas ocasiones sirve como transporte de organismo tales como Simuliidae y Chironomidae que se pueden encontrar fijos sobre el cuerpo y llegan a pupar sobre ellos. La respiración la realizan obteniendo el oxígeno diluido en el agua por medio de ocho pares de traqueo-branquias abdominales laterales y otra accesoria (Korytkowski 1994, Evans y Neuzig 1996 citado por López Sorto *et al.* 2010).

#### **Orden Lepidóptera**

##### **Ecología de la familia Crambidae**

Las larvas de esta familia se encuentran en sistema lóticos con sustrato pedregoso y aguas bien oxigenadas, se considera como indicador de aguas limpias y se alimenta de plantas acuáticas y micro flora (Sánchez Fernández 2007).

#### **Orden Odonata**

##### **Ecología de la familia Calopterygidae**

Las especies de esta familia se pueden encontrar en pequeños arroyos con buena cobertura boscosa, ríos grandes de flujo lento, arroyos y lagos, por lo general sujetas entre la



vegetación acuática o raíces sumergidas en los márgenes de los cuerpos de agua. Son depredadores que buscan sus presas a las cuales engullen y su hábito generalmente es trepador (Sánchez Fernández 2007). Esta familia posee la especie *Hetaerina cruentata*, la cual se puede encontrar en ríos con aguas muy contaminadas (Hellebuyck 1992 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010b).

#### **Ecología de la familia Coenagrionidae**

Los Coenagrionidae se pueden encontrar en un rango amplio de hábitats, como en ambientes lóticos como en léntico, incluyendo ríos, quebradas, canales, lagunas, lagos y charcos, a menudo con abundante vegetación, donde frecuentemente se les puede observar adheridas a los tallos sumergidos de las plantas acuáticas (Sánchez Fernández 2007). Vive fijo en el sustrato acechando a su presa ya que es depredador, pero no es un buen nadador, también se pueden encontrar en bromelias (fitotelmata) donde se alimentan de otros invertebrados y su hábito es trepador (Miller 1995 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010a). Esta familia poseen una tolerancia a los factores ambientales y hay especies que pueden soportar altos grado de contaminación de agua como las náyades de *Ischnura pumilio*, que ocupan aguas que van desde fuertemente ácidas (pH 4.0) a fuertemente alcalinas (pH 8.1). En El Salvador existen las especies *Telebasis filiola* y *Telebasis isthmica* que habitan aguas salobres en los manglares (Esquivel 2006 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010b).

#### **Ecología de la familia Gomphidae**

Los Gomphidae viven en el fondo de los ríos en ambientes lóticos, y se encuentran en sitios donde se deposita la materia orgánica (hojarasca) en el lodo o arena de las orillas (Sánchez Fernández 2007). Los inmaduros son lentos en su comportamiento y se alimentan dentro del lodo de las larvas de quironómidos o gusanos oligoquetos. Existen algunas excepciones, en las que los inmaduros se encuentran en aguas de corriente rápida. En forma general los Gomphidae son organismos tolerantes a la contaminación orgánica. Su hábito es de excavador y es un depredador (Miller 1995 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

#### **Ecología de la familia Libellulidae**

Esta familia se encuentra en una gran variedad de ambientes acuáticos como estanques, pantanos, manantiales, canales, zanjas, orillas de ríos, bancos de arena, remansos, donde hay algas acuáticas o plantas acuáticas en arroyos. Existen especies adaptadas a ambientes ácidos, ambientes de altas temperaturas, con bajos niveles de oxígeno disuelto o altamente eutrófico, su hábito es deslizador y su modo de alimentación es depredador (Sánchez Fernández 2007).

## **Orden Trichoptera**

### **Ecología familia Helicopsychidae**

Las larvas de estas familias se encuentran en sistemas lóticos con corrientes frías y templadas. Se les conoce comúnmente como Tricópteros con conchas de caracol la cual está hecha de granos de arena fina y su alimentación consiste en algas, detritos y materiales de animales, lo cual varía según la disponibilidad de estos (Springer *et al.* 2010). Su hábito es fijo y su modo de alimentación es de raspador aunque también se les conoce como larvas de hábitos omnívoros, algunas pueden sobrevivir en aguas de altas temperaturas que otros tricópteros no puedan tolerar. También se conoce que algunas especies pueden tolerar considerables niveles de contaminación orgánica (Sánchez Fernández 2007).

### **Ecología de la familia Philopotamidae**

Las larvas de esta familia se encuentran en sistemas lóticos con corrientes templadas adheridas a las piedras, ocurren frecuentemente en acumulaciones de materia orgánica (hojarasca), desde ríos grandes hasta en nacimientos de riachuelos con cauce rocoso y cubierto de musgo y pueden ser localmente muy abundantes. Todas las especies conocidas son filtradoras (Korytkowski 1995 citado por Sánchez Fernández 2007).

### **Ecología de la familia Hydropsychidae**

Las larvas habitan principalmente en ambientes lóticos, desde ríos grandes a pequeños riachuelos, donde construyen refugios fijos ubicados en los intersticios entre piedras, con redes para filtrar el agua y capturar partícula de detritus (materia orgánica en suspensión) para alimentarse. Las larvas se encuentran principalmente en la zona de corrientes moderadas a fuertes (inclusive en paredes de cascadas) aunque también pueden localizarse en riberas de lagos con notoria actividad de oleaje. Cuando son molestadas, típicamente muestran una conducta de rápida retirada dentro de sus refugios construidos como redes de seda, moviendo ágilmente su abdomen y sus pro patas anales. Es la familia de mayor distribución y abundancia en los ríos de El Salvador (McCafferty 1998 citado por Springer *et al.* 2010).

## **2.5. Biomonitorio de macroinvertebrados acuáticos.**

El monitoreo biológico incluye la identificación y conteo de macroinvertebrados. El propósito del biomonitorio es valorar rápidamente tanto la calidad del agua como el hábitat. La abundancia de diversidad de los macroinvertebrados encontrados, es una indicación de la calidad general del arroyo. Los macroinvertebrados, incluyen insectos acuáticos, cangrejos, camarones y caracoles que viven en varios hábitats del arroyo y que obtienen el oxígeno

disuelto del agua. Estos insectos y crustáceos son afectados por todo el estrés que ocurre en el arroyo, provocado tanto por el hombre como por causas naturales (CENMA 2006).

### **2.5.1. Importancia del Biomonitorio**

Varios autores han enfatizado que el monitoreo de las comunidades biológicas, con especial énfasis en la caracterización de la riqueza taxonómica y la composición de la fauna, es probablemente la herramienta más sensible para la detección rápida y segura de alteraciones en los ecosistemas acuáticos (Cairns & Pratt 1993 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

Han sido planteadas una serie de circunstancias en las cuales resulta valedero y justificado el empleo del biomonitorio a pesar de que pueda existir la posibilidad de medición directa de los factores del medio abiótico (Zonneveld 1983 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010a):

- a) Cuando los efectos son de tipo acumulativo, toda medida directa resulta insuficiente por ser puntual. Por la misma razón, el biomonitorio también resulta importante para detectar casos de contaminación intermitente o toxicidad aguda, los cuales rara vez son detectadas con las mediciones físico-químicas tradicionales.
- b) Si hay una adecuada concordancia entre el factor a medir y el indicador biológico, éste puede servir como una buena herramienta de interpolación y extrapolación en gradientes, reduciendo la necesidad de mantener una red de mediciones muy densa y costosa.
- c) En ocasiones los niveles de concentración o intensidad a los que actúa un factor abiótico, son tan bajos que desafina la capacidad de resolución y exactitud de los métodos analíticos físicoquímicos. Tales pequeñas diferencias no detectables se pueden llegar a indicar con los gradientes.
- d) Con frecuencia ocurren conjuntos de factores que no se pueden medir de manera separada; por tanto, el efecto combinado puede ser sinérgico o inhibitorio, siendo en este caso el uso de organismo bioindicadores una ventaja clara.
- e) Existen factores que no se pueden medir con respecto a su relación operacional, si se considera que esta se halla influida por combinaciones de circunstancias que la condicionan. Tal es el caso de la diferencia entre la concentración medida por un método analítico estándar y la verdadera disponibilidad que genera efectos a nivel biológico (Ej. fósforo, materia orgánica u otros contaminantes) (Zonneveld 1983 citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

Se considera imperativo que sean desarrollados sistemas de biomonitorio para darle seguimiento a cambios ambientales; pero también es igualmente importante que sean

tomadas las acciones correctivas cuando el biomonitoreo señale problemas (Cairns & Pratt 1993 citado por Sermeño Chicas *et al.*2010a).

Algunos científicos trabajando en esta temática, han propuesto además, que ciertos organismos no solo son indicadores de la pureza o contaminación del agua, sino que también juegan un rol en el proceso de auto purificación de la misma (Sladeczek 1973 citado por Sermeño Chicas *et al.*2010a). De igual manera son muy útiles para comprobar la efectividad de las medidas correctivas tomadas (p.ej. la implementación de plantas de tratamiento, lagunas de oxidación, etc.) y demostrar el efecto que tienen los agentes contaminantes sobre el ecosistema.

### **2.5.2. Biomonitoreo de corrientes**

La evaluación indirecta de la calidad del agua de una corriente basada en bioindicadores según Sánchez Vélez y García Núñez 1999, consiste en:

- 1) La evaluación del hábitat.
- 2) Evaluación biológica o condición ecológica dependiendo el nivel especie o comunidad.
- 3) La determinación de índices de calidad por otra parte, las hipótesis básicas del biomonitoreo de corrientes utilizando macroinvertebrados acuáticos asumen que:
  - a) La tolerancia a diferentes contaminantes afecta también diferencialmente a los distintos componentes biológicos del sistema fluvial.
  - b) Los diferentes grados de tolerancia a los contaminantes, que presentan los organismos acuáticos.
  - c) Los índices de tolerancia para cada taxón son evaluados para cada tipo de contaminación: Usualmente se valora la contaminación orgánica pero también acidez y metales pesados

### **2.6. Los macroinvertebrados como bioindicadores**

Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad por diversas circunstancias (Resh, 2008 citado por Mafla Herrera 2005) entre las que están:

- 1- Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
- 2- Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- 3- Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- 4- En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- 5- En algunas especies, tener ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.

6- Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.

7- Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.

8- La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.

9- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación (Prat *et al.* S.f).

### **2.6.1. Ventajas de usar Macroinvertebrados**

Springer y Gutiérrez 2009, señalan las siguientes ventajas.

- Se encuentran en casi todo tipo de hábitat acuático.
- Gran número de especies reflejan todo el rango de tolerancias.
- Relativamente sedentarios para la determinación de extensión espacial de la perturbación.
- Ciclo de vida relativamente largo que permite ver efectos de perturbaciones intermitentes, concentraciones variables, etc.
- Relativamente fáciles de recolectar.
- Muchos métodos establecidos.
- Método menos costoso.

### **2.6.2. Limitaciones de los Bioindicadores**

Springer y Gutiérrez 2009, señalan las siguientes limitaciones.

- No responden directamente a todo tipo de impacto (ej. herbicidas, fungicida, insecticida y otras sustancias químicas).
- Su distribución y abundancia puede ser afectada por otros factores.
- Variaciones estacionales.
- Falta de claves para la identificación y conocimiento ecológico para ciertos grupos y ciertas regiones (trópicos).

## **2.7. Uso del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos para El Salvador IBF-SV-2010.**

Este índice reconoce taxonómicamente a los organismos acuáticos a nivel de familia, se contabilizan los individuos de las diferentes familias recolectadas en cada sitio de muestreo, ponderando la abundancia de cada una de ellas al multiplicarlas por puntajes que indican el grado de sensibilidad a la contaminación (desde cero a diez, según se asocien a condiciones desde menor hasta mayor grado de contaminación orgánica). De esta manera se obtiene al final un promedio de la sumatoria, cuyos valores se comparan con un cuadro de rangos (Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

### **2.7.1. Fundamento del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos para El Salvador (IBF-SV).**

El índice biótico a nivel de familias tiene su fundamento en la teoría Índice Biótico (IB) la cual fue desarrollados en 1977 por el Dr. William Hilsenhoff de la Universidad de Wisconsin, con el propósito de evaluar la reducción de oxígeno disuelto debido a la carga orgánica de los ríos, esta menciona que los niveles reducidos de oxígeno disuelto, afectan a su vez, la capacidad de cada especie de artrópodo para sobrevivir en un río en particular, el IB es un promedio de valores de tolerancia para todos los individuos recolectados de un sitio de muestreo (Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

### **2.7.2. Origen del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).**

El índice biótico a nivel de familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF-SV-2010), tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición, propuestos por (Hilsenhoff 1987, citado por Sermeño Chicas *et al.* 2010a). Esencialmente, consiste en el promedio de los puntajes de los grupos taxonómicos encontrados en cada sitio de muestreo, ponderado por su abundancia relativa. De esta manera, el índice presenta dos componentes principales: a) El puntaje asignado a cada grupo de invertebrado acuático; b) La abundancia relativa de los grupos de invertebrados acuáticos encontrados (Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

El puntaje de los grupos de invertebrados acuáticos es un valor predeterminado que indica su tolerancia a las condiciones de perturbación (grado de sensibilidad a la contaminación del agua), siguiendo el modelo propuesto por Hilsenhoff (1987), según el cual los valores cercanos a "0" indican baja tolerancia y los cercanos a "10" alta tolerancia a la contaminación del agua. Por otro lado, la abundancia relativa se considera como una característica propia de cada sitio muestreado en los principales ríos de El Salvador y es un indicativo del nivel de perturbación (Sermeño Chicas *et al.* 2010a). Toda esta información se obtiene a través de una "Metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la red "D" en ríos de El Salvador" (Sermeño Chicas *et al.* 2010c).

### **2.7.3. Asignación de puntajes para aplicar el índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).**

Los puntajes de los grupos taxonómicos de invertebrados acuáticos para los ríos de El Salvador, fueron determinados basándose originalmente en los estudios de Hilsenhoff (1987), y luego utilizando los parámetros físico-químicos de cada sitio de muestreo en El Salvador, en conjunto con la experiencia acumulada en la evaluación de la calidad ambiental

de los ríos en Costa Rica. Los parámetros físico-químicos que están más relacionados con la composición de las comunidades de invertebrados acuáticos encontrados en los principales ríos de El Salvador son: Altitud (MSNM), Temperatura del agua (T°), Oxígeno disuelto (OD) y su equivalente en Saturación de oxígeno disuelto (SOD), el contenido de Fosfatos (FOS) y el Total de Sólidos Disueltos (TDS) (Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

El índice biótico a nivel de familias de invertebrados acuáticos adaptado para las condiciones de El Salvador (IBF-SV-2010), presenta una buena capacidad para separar a las comunidades de invertebrados acuáticos, provenientes de sitios de muestreo con diferentes niveles o grados de perturbación. Esta capacidad se observa principalmente en las categorías intermedias (Pobre, Regular Pobre y Regular) (Sermeño Chicas *et al.* 2010a).


#### **2.7.4. Cálculo del índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).**

En el Cuadro 3, se presenta en forma ilustrada un ejemplo del cálculo del IBF-SV-2010. En la primera columna se ubican los grupos taxonómicos encontrados en el sitio de muestreo, en la segunda columna se representa la abundancia (número de individuos) y en la tercera columna, el puntaje asignado. En primer lugar se multiplica la abundancia de cada grupo taxonómico por el puntaje asignado ( $Abd * Ptj$ ) para posteriormente dividirse entre el número total de individuos recolectados en el punto o sitio de muestreo (Abundancia total). El valor del Índice Biológico a nivel de Familia en El Salvador (IBF-SV-2010) se obtiene sumando estos valores y posteriormente ubicarlo dentro de los rangos de las categorías del índice (Cuadro 4) (Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

Cuadro 3. Ejemplo de cálculo del IBF-SV-2010, con datos hipotéticos (Sermeño Chicas *et al.* 2010a).

Grupos taxonómicos	Abundancia	Puntaje	Abd * Ptj	(Abd * Ptj)/Total
Diptera: Chironomidae	136	8	1088	4.217054264
Trichoptera: Hydroptilidae	3	4	12	0.046511628
Odonata: Coenagrionidae	2	9	18	0.069767442
Ephemeroptera: Leptohyphidae	60	6	360	1.395348837
Ephemeroptera: Leptophlebiidae	38	5	190	0.736434109
Gastropoda: Planorbidae	14	7	98	0.379844961
Decapoda	5	6	30	0.11627907
<b>Abundancia total</b>	<b>258</b>	<b>IBF-SV-2010</b>		<b>6.96</b>

Cuadro 4. Categorías de calidad del agua, según Hilsenhoff 1988 citado por Sermeño Chicas et al. 2010a.

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

## 2.8. Uso de la metodología de macroinvertebrados acuáticos en El Salvador

En el marco del proyecto financiado por fondos de FEMCIDI de la organización de los Estados Americanos (OEA) en conjunto con la Universidad de El Salvador (UES), se muestrearon las principales cuencas, de los ríos; Lempa, San José, Torola, Sumpul, el Sapo, Sucio y sus afluentes del Talnique, Suquiapa, Acelhuate, Titihuapa, Acahuapa, Cara Sucia y su afluente del Mashtapula, Sensunapan, San Antonio, Comalapa, Jiboa, grande de San Miguel, de El Salvador: monitoreando 56 sitios en los diferentes ríos, obteniendo un 5.36 %buena calidad de agua; 21.43 %, tiene calidad regular; 26.79% regular pobre; 33.93 es pobre; y 12.5% de calidad muy pobre (Hernández Martínez *et al.* 2010).

Otra investigación realizada en el Río Sensunapán, Sonsonate, obtuvieron como resultado: un 33.33 % de calidad pobre, 25% regular pobre y 25% muy pobre, aplicando la metodología de Índice Biótico a Nivel de Familia (IBF-SV 2010) (Chávez Sifontes y Orantes Guerrero 2010).

Vaquerano Madrid *et al.* 2010. Realizaron una investigación de los diferentes tiempos de muestreos utilizando la misma metodología en el río Copinula de Ahuachapán.



### 3. Materiales y Métodos

#### 3.1. Ubicación de la cuenca en estudio.

En este territorio se encuentra el Parque Walter Thilo Deininger, El Amatal y San Juan Buena Vista, declaradas por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) como Áreas Naturales Protegidas y El Espíritu Santo, que está como propuesta. La Cuenca Estero San Diego, posee un área de 89.55 km<sup>2</sup> (figura 5), e incluye parte de los municipios de Nuevo Cuscatlán, Huizucar, La Libertad y San José Villanueva.

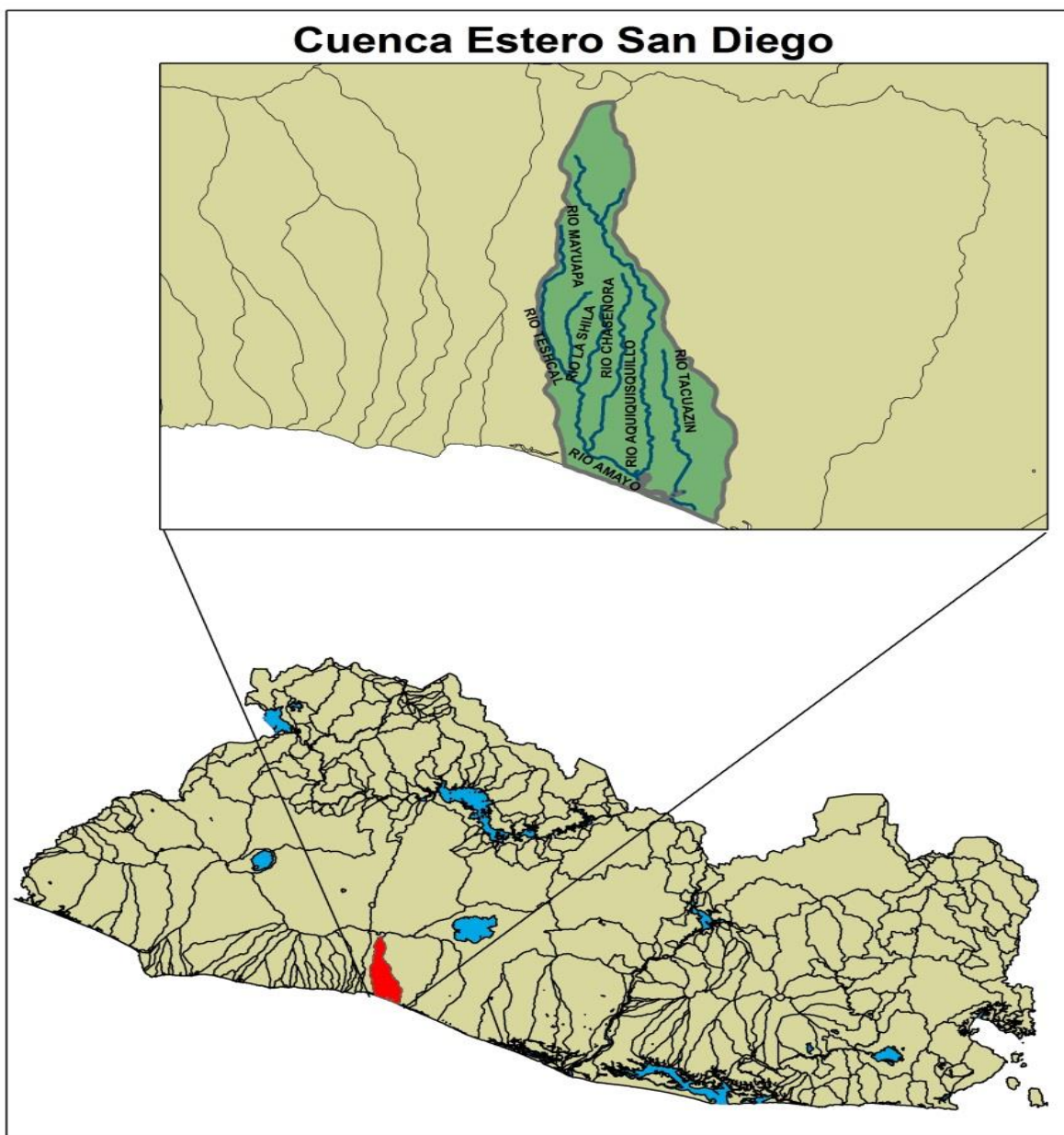


Figura 5. Ubicación de zona de estudio

### 3.2. Selección de los sitios de recolección.

Para la selección de los sitios de recolección de los macroinvertebrados se siguieron los siguientes pasos:

#### 3.2.1. Identificación preliminar de los sitios.

Esta actividad se desarrolló con los representantes de la Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA) y Miembros del Comité para el Rescate de la Cuenca de la Libertad (CORCULL), tomando en cuenta los conocimientos que ellos tienen en la zona. Para ello se realizó un taller en donde se presentaron los objetivos de la investigación y se definieron los mecanismos de participación y coordinación de todos los actores (figura 6). Preliminarmente se definieron 40 sitios para la realización de la investigación, a los cuales se les aplicaron algunos criterios para hacer una selección definitiva posteriormente.



Figura 6. Identificación preliminar de los sitios de muestreos con miembros de ACUA y CORCULL

#### 3.2.2. Criterios de selección

Para definir los sitios de estudio se tomaron en cuenta algunos criterios, en conjunto con los actores locales, con el propósito de facilitar y ayudar al desarrollo de la investigación:

- Accesibilidad en época seca y lluviosa: se consideró muy importante el acceso (carretera, calle, senderos) que estuvieran en buenas condiciones tanto en época seca y lluviosa.
- Sitios sin problemas de delincuencia: que no existan peligro de robos ni vandalismo de acuerdo al conocimiento de las personas de la zona.
- Caudal de la fuente: si el lugar o sitio de muestreo presenta un caudal adecuado en la época seca.
- Uso principal para abastecimiento humano; ya sea río o manantial.

- Existencia de fuente de contaminación probable como presencia de rellenos sanitarios o botadero a cielo abierto, vertidos de aguas grises en la fuente o cerca de ellos.
- Ubicación estratégica en la cuenca: parte alta (origen de los ríos), parte media, parte baja, Áreas Naturales Protegidas (ANP), entre otros.

### 3.2.3. Reconocimiento de campo

Se realizó una gira de campo para el reconocimiento de los sitios preliminares, y aplicar los criterios de selección con la participación de las organizaciones, líderes locales, y la ayuda de un mapa de ubicación geográfica de la Cuenca (figura 7).



Figura. 7. Reconocimiento de los sitios de muestreo con la ayuda del mapa de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.

### 3.2.4. Selección final de los sitios

Luego de hacer el reconocimiento de campo se definieron los sitios definitivos para realizar la búsqueda de los macroinvertebrados acuáticos. Se identificaron 4 nacimientos, 18 tramos de río que comprende los ríos Aquiquisquillo, Chanseñora, Tacuazín, Cuajapalos, Amayo, Muyuapa, y 2 quebradas. Cada sitio fue georeferenciado mediante un GPS y se recopiló información general como las coordenadas, vegetación, nombre del caserío, cantón de los sitios en estudio, ingresándose en una base de datos. La distribución de estos sitios en la cuenca se muestra en la figura 15 y la descripción de estos en el (cuadroA-1).

## 3.3. Muestreo de macroinvertebrados acuático en campo

Para la recolecta de los macroinvertebrados acuáticos se realizaron los siguientes pasos.

### 3.3.1. Capacitación a los líderes

Antes de la recolecta de macroinvertebrados acuáticos se desarrolló una capacitación con los líderes locales de las diferentes comunidades y comités de la vigilancia de la Cuenca en

estudio, se les explico la metodología empleada para la captura de los macroinvertebrados y su forma de aplicación en campo, para determinar la calidad de las aguas de la Cuenca.

### 3.3.2. Metodología de muestreo de macroinvertebrados acuáticos.

Para la recolección de los macroinvertebrados acuáticos se utilizó una red “D” (Sermeño Chicas *et al.* 2010c), colocándola en posición vertical, tomándola por la parte más alta del mango (agarradero) y colocándola a contracorriente en contacto con el fondo del río, con la superficies de las rocas, troncos sumergidos, restos de vegetación, en las orillas del río, en vegetación emergente o sumergida y otros microhábitats (figura 8a). En cada sitio se realizan tres sub-muestras de tres minutos cada una de acuerdo a los resultados de la tesis de Vaquerano Madrid *et al* 2010, completándose un total de nueve minutos por sitio. Luego de la recolecta se colocó el material en unas bandejas (figura 8b) y con la ayuda de pinzas se realizó la separación de macroinvertebrados (figura 8c) para ser depositados en un frascos con alcohol etílico 70% para su preservación (figura 8d).



Figura 8. Recolecta de macroinvertebrados: a) muestreo con red “D”; b) Colocación del material biológico en bandeja; c) separación de macroinvertebrados y (d) Colocación de macroinvertebrados en frascos con alcohol etílico 70%.

Los macroinvertebrados recolectados en el campo fueron trasladados en hielera hacia el laboratorio de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para su identificación posterior.

### 3.3.4. Identificación de los macroinvertebrados acuáticos

La identificación de los macroinvertebrados acuáticos se realizó de la siguiente manera:

Se depositó el material traído del campo en una caja Petri para ser observado con el microscopio estereoscopio (figura9a), el cual facilita una mejor vista de los especímenes, manipulándolos con pinzas (figura9b). Para la clasificación se utilizaron las guías taxonómicas de El Salvador (Gutiérrez Fonseca 2010; López Sorto *et al.* 2010; Pacheco Chávez 2010; Sermeño Chicas *et al.* 2010b; Serrano Cervantes y Zepeda Aguilar 2010; Springer *et al.* 2010; Menjívar Rosa 2010) las cuales describen las estructuras de los insectos acuáticos como las formas de antenas, patas, alas, aparato bucal, abdomen y otras características claves (figura9c). El material identificado se depositó en frascos debidamente rotulados con orden, familia, nombre del sitio y fecha; dividiéndose en dos colecciones de insectos acuáticos encontrados en la Cuenca, se entregó una colección a los principales promotores de la conservación del área en estudio y la otra fue almacenada para formar parte de la Colección Nacional de Referencia de Macroinvertebrados Acuáticos ubicada en la planta baja de la Biblioteca de las Ingenierías de la Universidad de El Salvador. Estas colecciones forman la línea base para futuros estudios y además son de suma importancia como referencia y testigo del trabajo realizado (figura9d).

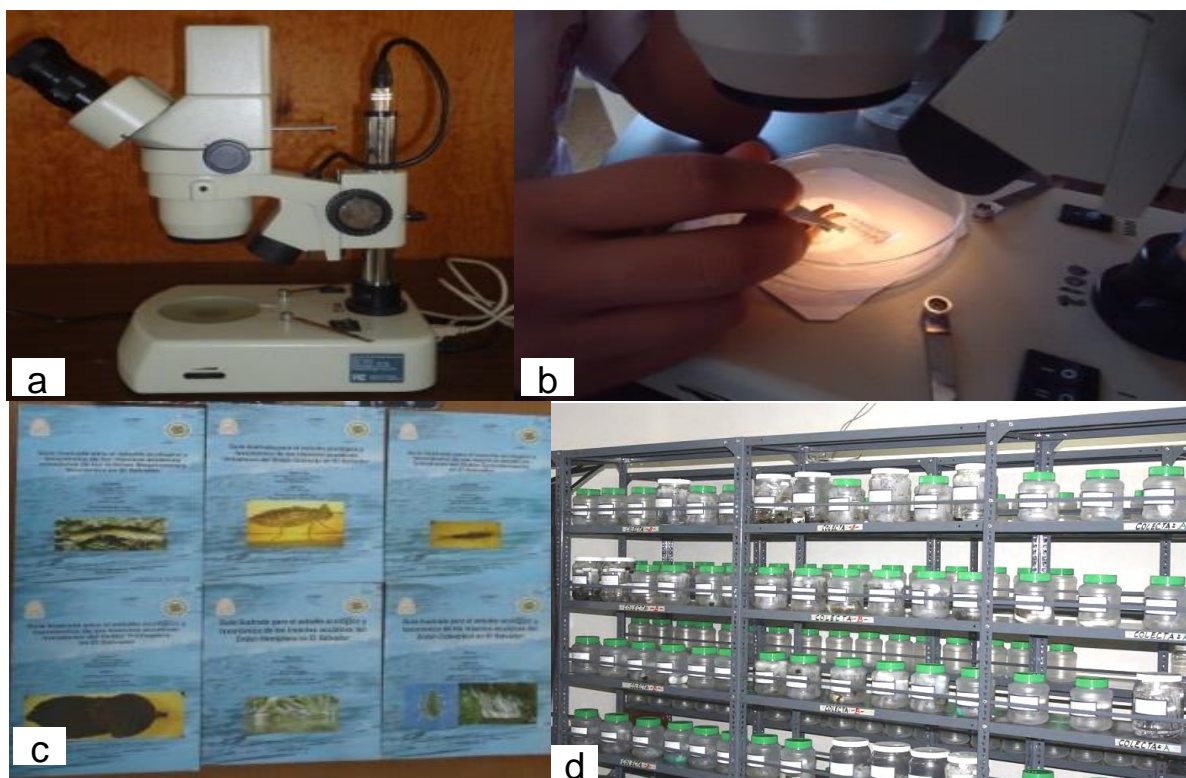


Figura 9. a) Microscopio estereoscopio, b) identificación de macroinvertebrados, c) guías taxonómicas de El Salvador, d) colección de macroinvertebrados acuáticos.

Determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua.

En cada sitio donde se recolectaron los macroinvertebrados acuáticos, se tomaron muestras con el objetivo de determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua, para compararlos con los resultados obtenidos con los macroinvertebrados acuáticos.

Al momento del muestreo se realizaron pruebas de parámetros físico-químicos: turbidez (FAU) la cual se midió con un Turbidímetro portátil marca HACH modelo 2100P (figura10a), Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, (TSD) Sólidos disueltos totales (mg/L), (OD) Oxígeno Disuelto (% de saturación); los cuales se realizaron con la ayuda de una sonda YSI\*Modelo 556. Estos datos fueron recolectados en hoja de campo para cada sitio de muestreo.

En cada sitio de muestreo se tomó una muestra de agua a 10 cm. de profundidad en el espejo de agua en la parte media del ancho del río con el propósito de sacar los análisis microbiológico y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).

Las muestras fueron recolectadas en botellas plásticas de un litro debidamente esterilizadas (figura10b), cada muestra se rotuló con el nombre correspondiente al sitio de muestreo, hora de toma de muestra, fecha (figura 10c).

Luego se trasladaron al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en depósitos herméticos (hieleras) a una temperatura de 4 – 10 $^{\circ}\text{C}$ . En el laboratorio, se mantuvieron en refrigeración con la misma temperatura durante el tiempo que se realizaron los análisis. También se realizaron los análisis microbiológicos.



Figura 10. a) Turbidímetro portátil marca HACH modelo 2100P; b) recolecta de muestras de agua para análisis químicos y c) muestras rotuladas.

### **3.4. Elaboración de una guía ilustrada de macroinvertebrados acuáticos para la utilización en campo.**

La elaboración de la guía se realizó de la siguiente manera:

Una vez identificados los macroinvertebrados acuáticos, se procedió a la selección del mejor espécimen, basándose en el criterio siguiente: buena presentación, estructuras corporales completas y buena pigmentación, entre otras características.

Se utilizó una cámara digital para la toma de fotografías, fueron tomadas en diferentes ángulos. Posteriormente a esto se seleccionaron las mejores imágenes para la elaboración de la guía ilustrada de campo.

La forma de la guía es un plegable, de un material plastificado (papel fotográfico satinado) con el fin que pueda ser usada en el campo sin dañarse por luz, viento, tierra y agua.

La guía ilustrada tiene las siguientes estructuras:

1. Uso del IBF-SV (Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos en El Salvador) con su respectivo cuadro de nivel de calidad de las aguas.
2. Consejos para la recolección de los organismos.
3. El mapa de la cuenca con los sitios de muestreos previamente identificados, con su simbología.
4. Instrucciones del uso de la herramienta.
5. Fotografías de los organismos (macroinvertebrados acuáticos) indicadores de los niveles de calidad del agua (Excelente a muy buena, buena a regular, regular a mala y mala a muy mala) (figura 16).

### **3.5. Validación de la guía**

Una vez elaborada la guía ilustrada de campo, se realizó su validación de la siguiente manera:

#### **3.5.1. Validación con técnicos**

Se realizó una gira de campo con docentes asesores y estudiantes del trabajo de investigación, para hacer una primera validación en cualquier sitio de la Cuenca Estero San Diego, capturando los macroinvertebrados acuáticos y realizando la respectiva identificación con la ayuda de la guía. Esto sirvió para hacer algunos ajustes a la propuesta (figura 11).



Figura. 11 Identificación de macroinvertebrados acuáticos con técnicos, utilizando la guía ilustrada de macroinvertebrados acuáticos de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad

### **3.5.2. Utilización de la guía ilustrada de macroinvertebrados acuáticos por los líderes locales**

Después de la validación con los técnicos, se realizó una gira de campo con los líderes locales de la Cuenca en donde los estudiantes encargados del proyecto de investigación explicaron paso a paso la metodología. Equipo y herramienta a utilizar: la red “D” (esta es utilizada para la recolecta de los macroinvertebrados acuáticos) las bandejas (se utilizaron para depositar el material recolectado), pinzas (para la separación de los insectos del sedimento y hojarascas), guía ilustrada de campo (se ocupó para la identificación de los individuos recolectados), y alcohol etílico 70% (para la preservación del material biológico). Luego de la identificación se realizó un conteo de individuos por familia, ponderando la abundancia de cada una de ellas al multiplicarlas por el puntaje que indica el grado de sensibilidad a la contaminación, de esta manera se obtiene al final un promedio de la sumatoria y se compara con la categoría de calidad de agua. Posteriormente el mismo procedimiento fue realizado por los líderes locales, obteniendo buenos resultados ya que se mostraron muy interesados al comprobar la utilidad práctica de la guía ilustrada (figura 12).





Figura. 12 Aplicación de la metodología de macroinvertebrados acuáticos con líderes locales de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad, El Salvador.

## 4. Resultados y Discusión

### 4.1. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la parte alta, media y baja de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.

#### Parte alta de la Cuenca

##### 1. Nacimiento El Pozo

En este sitio de muestreo se recolectaron especímenes perteneciente a dos órdenes (Díptera y Coleóptera) una familia por cada uno.

La familia con mayor abundancia fue Chironomidae con 10 individuos y la familia Dysticidae presenta solo un individuo; dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **pobre** con una contaminación orgánica severa.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio arroja una categoría **mala**, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (23 NMP/100ml y permisible cero < tres NMP/100ml), nitratos (26.60 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (89.80 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y la turbidez (18 FAU, lo permisible es < cinco FAU) que son superiores a Límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general con base a los análisis IBF, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron en cuanto a la calidad del agua similares, encontrando solo dos familias de insectos acuáticos que viven bajo condiciones de hábitat fuertemente perturbado y con altos contenidos de coliformes fecales y nitratos. Estos macroinvertebrados acuáticos han convertido este sitio en su hábitat, el cual proporciona las condiciones adecuadas para su existencia.

Este nacimiento está dentro de una finca de café, posiblemente los agroquímicos que aplican en el cultivo se arrastran por lixiviación y escorrentía; también los habitantes introducen depósitos sucios en el nacimiento, esto afecta la calidad del agua y los análisis realizados lo demuestran (anexo A-3).

##### 2. Unión del Río Cacao y Madriz

En este sitio se recolectaron 154 individuos, perteneciente a 6 ordenes (Odonata, Hemiptera, Díptera, Ephemeroptera, Coleóptera y Acarina) y 13 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron Gerridae con 57 individuos, Caenidae con 48, Gomphidae con 15 y las restantes tuvieron un rango que va desde uno a cuatro individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **pobre**.

Con base a los análisis físico-químico y microbiológico, la calidad del agua para el mismo sitio arrojó una categoría **mala**, esto se dio por los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml y permisible  $0 < 3$  NMP/100ml), fosfatos (19.7mg/l, lo permisible es 10 mg/l), nitratos (17.4 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), y sólidos totales disueltos (96.4 mg/l, lo permisibles de  $> 600$  mg/l), que son superiores al límite máximo de calidad del agua, según las Normas del MARN (MARN 2003).

En general con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), los resultados obtenidos fueron en cuanto a la calidad del agua similares, encontrando 13 familias que viven bajo condiciones de hábitat fuertemente perturbados, con altos contenido de coliformes fecales, fosfatos y nitratos. Estos macroinvertebrados acuáticos han convertido este sitio en su hábitat, el cual proporciona las condiciones necesarias para vivir.

### **3. Nacimiento el cacao**

En este sitio muestreado, se recolectaron 70 especímenes, perteneciente a siete ordenes (Odonata, Hemíptera, Díptera, Blattodea, Coleóptera, Decápoda y Oligochaeta) y 12 familias. Las familias con mayor abundancia fueron: Veliidae con 23 individuos, Coenagrionidae con una población de 16; las restantes poseen un rango que va desde uno a ocho individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una categoría de calidad de agua de **regular pobre** con una contaminación muy sustancial probable.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arrojó una categoría mala, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (4 NMP/100ml y permisible  $0 < 3$  NMP/100ml), nitratos (18.7 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), y sólidos totales disueltos (93.5 mg/l, lo permisibles de  $> 600$  mg/l), que son superiores al Límite máximo de calidad del agua según las Normas del MARN (MARN 2003). En general con base a los análisis del IBF se encontraron familias que viven bajo condiciones de hábitat perturbados. Estos macroinvertebrados acuáticos pueden vivir en condiciones de contaminación sustancial físico-química y microbiológica sin que esta alteración amenace su existencia.

Posiblemente las actividades agropecuarias que se dan en los alrededores de este sitio, son las que impactan negativamente la calidad del agua

### **4. Río San Cayetano (Talpetatera)**

En este sitio de muestreo, se recolectaron 98 especímenes, perteneciente a 6 ordenes (Odonata, Hemíptera, Díptera, Trichoptera, Ephemeroptera y Coleóptera) y 10 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron Veliidae, con 37 especímenes; Gomphidae con 13, y Gerridae con 10; dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **regular pobre**, con una contaminación orgánica sustancial probable.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio arroja una categoría **mala**, esto se dio por los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml y permisible  $0 < 3$  NMP/100ml), fosfatos (19.7mg/l, lo permisible es 10 mg/l), nitrato (17.4 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), y solidos totales disueltos (96.4 mg/l, lo permisibles de  $> 600$  mg/l), que son superiores a límite máximo de calidad del agua según las Normas del MARN (MARN 2003).

En general con base a los análisis IBF, físico-químico y microbiológico, los resultados fueron en cuanto a la calidad del agua similar, encontrándose altos contenidos de coliformes fecales, fosfatos y nitratos. Estas condiciones permitieron que se encontraran 10 familias de macroinvertebrados acuáticos, que viven bajo condiciones de hábitat modificados sin que éste represente una amenaza para ellos.

En la parte alta de este sitio se depositan directamente las aguas servidas del cultivo de tilapia; además de todas las actividades que se dan en el Caserío el Cajón, son las que pueden estar impactando negativamente en la calidad del agua encontrada en este sitio.

##### **5. Río Aquiquisquillo Desvió cancha de golf**

En este sitio se recolectaron 33 individuos, perteneciente a cuatro órdenes (Hemíptera, Ephemeroptera, Díptera y Coleóptera) y seis familias.

Las familias con mayor abundancia fueron, Gerridae con 20 individuos, Veliidae con 7; y las restantes, poseen un rango que va desde uno a dos individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **pobre** con una Contaminación sustancial probable.

En general con base a los análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio arroja una categoría **regular**, esto es definido por los parámetros altos de coliformes fecales (500 NMP/100ml, lo permisible cero  $< tres$  NMP/100ml), nitratos (13.1 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), y solidos totales disueltos (79.2 mg/l, lo permisible de  $> 600$  mg/ l) y turbidez (8 FAU, lo permisible  $< 5$ ) que son superiores a límite máximo de calidad del agua según las Normas del MARN (MARN 2003).

Encontrando 6 familias, que viven bajo estas condiciones de hábitat perturbados; las más encontradas fueron Gerridae y Veliidae, que se deslizan sobre la superficie del agua y toma el oxígeno de la atmosfera. Estos macroinvertebrados acuáticos han convertido este sitio en su hábitat, el cual proporciona las condiciones necesarias para vivir.

En este sitio se están realizando obras de terracería para la construcción de la residencial y canchas de golf El Encanto, la tierra removida es depositada en el lecho del río Aquisquillo, actividades que afectan negativamente en la calidad del agua.

## **6. Río Cuajapalos**

Este sitio de muestreo se recolectaron 338 especímenes, perteneciente a 8 ordenes (Hemíptera, Coleóptera, Odonata, Díptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Megaloptera, Gastropodo) y 20 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron Leptohyphidae, con una población de 174, Chironomidae con 37, Hydropsychidae con 23; y las restantes poseen un rango que va desde 1 a 20 individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una categoría de calidad de agua **regular a pobre**, esto indica que la concentración de materia orgánica es media, por lo tanto la disponibilidad de oxígeno aumenta, lo que permite, que exista mayor presencia de familias.

En el análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua fue categoría **regular**, esto se dio por los parámetros altos de coliformes fecales (900 NMP/100ml, lo permisible cero < tres NMP/100ml), nitratos (10.7 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), sólidos totales disueltos (69.1 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y turbidez (16 FAU, lo permisible < cinco) que son superiores a límite máximo de calidad del agua, según las Normas del MARN (MARN 2003).

En los análisis IBF, físico-químico y microbiológico, los resultados obtenidos fueron similares, la turbidez del agua fue dos veces mayor a lo permisible, según las Normas del MARN, encontrando 20 familias que viven bajo condiciones de hábitat perturbados, algunas de éstas han desarrollado un sistema especial para su respiración, mencionando así algunas familia como la Notonectidae, Belostomidae y Chironomidae. Estos macroinvertebrados acuáticos, han convertido este sitio en su hábitat, el cual proporciona las condiciones necesarias para su supervivencia.

Posiblemente la aplicación de agroquímicos en los cultivos de la zona y la influencia de las aguas residuales de las actividades piscícolas, son las que están afectando la calidad del agua de este sitio.

## **7. Río Aquisquillo límite entre los Municipios de San José Villa Nueva y Huizucar.**

En este sitio se recolectaron 64 individuos, pertenecientes a siete ordenes (Odonata, Hemíptera, Ephemeroptera, Díptera, Coleóptera, Gastropoda y Oligochaeta) y 10 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron, Veliidae con 27 especímenes, Chironomidae con 12; y las restantes poseen un rango que va desde 1 a 6 individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **Regular pobre**, con una Contaminación sustancial probable.

En general, con base a los análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arroja una categoría **mala**, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml, lo permisible cero < tres NMP/100ml), nitratos (13 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), sólidos totales disueltos (95.5 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y turbidez (93 FAU, lo permisible < cinco) que son superiores a límite máximo de calidad del agua según las Normas del MARN (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico, los resultados obtenidos fueron en cuanto a la calidad del agua similares, el contenido de coliformes fecales en el agua fue 16 veces mayor, los nitratos y la turbidez fue superior a lo permisible, según las Normas del MARN (MARN 2003), se encontraron, 10 familias que viven bajo estas condiciones de hábitat perturbados, algunas de éstas, han desarrollado un sistema especial para su respiración, mencionando así la familia Chironomidae y Veliidae.

Este sitio está muy cerca del Casco Municipal de San José Villanueva, y los habitantes depositan las aguas servidas directamente al afluente; además de ser utilizados para actividades de recreación e higiene personal.

### **Parte media de la Cuenca**

#### **8. Río Aquiquisquillo (Presa La Hacienda)**

En este sitio se recolectaron 47 especímenes, pertenecientes, a cinco ordenes (Odonata, Hemíptera, Ephemeroptera, Coleóptera y Gastropoda) y 13 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron Veliidae, con nueve individuos, Coenagrionidae con una población de 9 y Baetidae con 6; las restantes poseen un rango que va desde uno a cinco individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una categoría de calidad de agua **Regular pobre**, con una Contaminación sustancial probable.

Con base a los análisis físico-químico y microbiológico, la calidad del agua para el mismo sitio arroja una categoría **mala**, esto se dio por los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml, lo permisible 0 < 3 NMP/100ml), nitratos (17.8 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), sólidos totales disueltos (110.5 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y turbidez (96 FAU, lo permisible < 5), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas del MARN (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), los resultados obtenidos fueron bastantes similares, debido a los altos, contenido de coliformes fecales en el agua, que fueron 16 veces mayor y la turbidez fue superior a lo permisible según las Normas del MARN (MARN 2003), encontrando 13 familias que viven bajo estas condiciones de hábitat; algunas de estas han desarrollado un sistema especial para su respiración, mencionando las familias con más abundancia Veliidae y Coenagrionidae.

Las actividades realizadas por los habitantes de la zona contribuyen a la degradación de las aguas, ya que en el sitio se depositan las aguas servidas de la residencial La Hacienda y es utilizado para la actividad recreacional y aseo personal.

### **9. Quebrada El “Chucho”**

En este sitio de muestreo se recolectaron 148 individuos, pertenecientes a cinco ordenes (Odonata, Hemíptera, Díptera, Coleóptera y Gastropoda), con un total de siete familias.

Las familias con mayor abundancia fueron Chironomidae con 121; Hydrophilidae con una población de 14 y las restantes poseen un rango que va desde uno a cinco individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **muy pobre**, con una Contaminación orgánica severa probable.

En el análisis físico-químico, microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio da una categoría **mala**, esto se dio por los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml, lo permisible cero < tres NMP/100ml), fosfatos (14.1 mg/l, lo permisible es de 10 mg/l), nitratos (14.5 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (470 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y turbidez (7 FAU, lo permisible < cinco), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas del MARN (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron comparable en cuanto a la calidad del agua. El contenido de coliformes fecales fue 16 veces mayor, los nitratos, fosfato y la turbidez fue superior a lo permisible, según las Normas del MARN (MARN 2003), encontrando siete familias que viven bajo estas condiciones de hábitat, algunas de estas han desarrollado un sistema especial para su respiración, mencionando así la familia Hydrophilidae y Chironomidae. Estos macroinvertebrados acuáticos han convertido este sitio en su hábitat, el cual proporciona las condiciones necesarias para su supervivencia.

En esta quebrada se vieren las aguas servidas del municipio San José Villanueva.

## 10. Río Chichiguila

En este sitio se recolectaron 114 especímenes, perteneciente a 10 ordenes (Odonata, Hemiptera, Díptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Coleóptera, Gastropoda, Hirudinae, Bivalvia y Lepidóptera) con un total de 15 de familias.

Las familias con mayor abundancia son Chironomidae, con una población de 30, Belostomatidae 25 y Veliidae con 25; y las restantes poseen un rango que va desde 1 a 8 individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **pobre**, con una contaminación muy sustancial probable.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arrojo una categoría **mala**; esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml, lo permisible cero < tres NMP/100ml), nitratos (16.4 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (43.8 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y turbidez (79 FAU, lo permisible < cinco) que son superiores al límite máximo de calidad del agua, según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico, los resultados obtenidos fueron similares, esto es debido al contenido de coliformes fecales en el agua que fue 16 veces mayor, los nitratos, y la turbidez, fueron superiores a lo permisible según las Normas del MARN (MARN 2003), encontrándose 15 familias de macroinvertebrados que viven bajo estas condiciones.

Este sitio es afectado por los afluentes de la residencial La Hacienda, además de encontrarse en la parte baja del caserío El Espíritu Santo del cantón El Escalón, los habitantes utilizan el agua para uso personal.

## 11. Nacimiento Los Chorros

En este sitio se recolectaron 50 individuos, perteneciente a cuatro órdenes (Hemiptera, Coleóptera, Díptera Decápoda) y siete familias.

Las familias con mayor abundancia fueron Naucoridae, con una población de 21 individuos, Hydrophilidae 10, Stratiomyidae nueve; y las restantes poseen un rango que va desde uno a cinco individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **regular pobre** con una contaminación muy sustancial probable.

Con base a los análisis físico-químico, y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arrojo una categoría **regular**, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (17 NMP/100ml, lo permisible cero < tres NMP/100ml), nitratos (16.9 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), y solidos totales disueltos (100 mg/l, lo permisibles de > 600



mg/l), que son superiores a límite máximo de calidad del agua, según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron similares en cuanto a la calidad del agua, el contenido de coliformes fecales, los nitratos, superior a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003), encontrando 7 familias que viven bajo estas condiciones de hábitat, una de las familias con altos números de individuos son Hydrophilidae, Stratiomyidae y Naucoridae.

En la parte alta de la cuenca, se realizan actividades de pastoreo intensivo de bovinos y cultivo de granos básicos, el uso de agroquímicos y la lixiviación de éstos pueden estar modificando el hábitat acuático.

### **12. Río Muyuapa**

En este sitio se recolectaron 114 especímenes perteneciente a seis ordenes (Odonata, Hemíptera, Díptera, Coleóptera, Gastropoda, Hirudinae), con un total de nueve familias.

Las familias con mayor abundancia fueron Libellulidae, con 22 especímenes; Chironomidae con una población de 13 y las restantes poseen un rango que va desde 1 a 5 individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **pobre**.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arroja una categoría **mala**, ésto se dio por los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml, lo permisible  $0 < 3$  NMP/100ml), nitrato (13 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), y sólidos totales disueltos (223 mg/l, lo permisibles de  $> 600$  mg/l) y turbidez (62 FAU, lo permisible  $< 5$ ), que son superiores a límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico, los resultados obtenidos fueron similares, el contenido de coliformes fecales en el agua fue 16 veces mayor, los nitratos y la turbidez fue superior a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003), encontrándose 9 familias que viven bajo estas condiciones. El ambiente encontrado favorece el desarrollo de la familia Libellulidae y Chironomidae, de las cuales se encontraron mayor número de individuo.

Este sitio es afectado por la deposición de las aguas servidas del municipio de San José Villanueva, y por la utilización de agroquímicos en la agricultura intensiva

### **13. Quebrada El Nacimiento (Tula)**

En este sitio se recolectaron 95 individuos, perteneciente a 8 ordenes (Hemíptera, Coleóptera, Odonata, Díptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Gastropoda, Oligochaeta) con un total de 14 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron; Caenidae con una población de 37 individuos, Chironomidae con 23; y las restantes poseen un rango que va desde uno a seis individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **pobre**, con una contaminación muy sustancial probable.

En el análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), de la calidad del agua para el mismo sitio, presenta una categoría **mala**, esto debido a los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml, lo permisible  $0 < 3$  NMP/100ml), nitratos (16 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), sólidos totales disueltos (115 mg/l, lo permisibles de  $> 600$  mg/l), y turbidez (ocho FAU, lo permisible  $<$  cinco) que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003)..

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron similares, al contenido de coliformes fecales en el agua fue; 16 veces mayor, los nitratos, y la turbidez fueron superior a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003), encontrándose 14 familias que viven bajo estas condiciones.

En las riberas del sitio se encuentra el caserío Tula, los habitantes depositan las aguas servidas al afluente.

#### **14. Poza Galindo (Río Aquiquisquillo)**

En este sitio se recolectaron 618 individuos, pertenecientes a seis ordenes (Lepidóptera, Hemíptera, Coleóptera, Odonata, Díptera y Gastropoda) representado por un total de 14 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron; Thiaridae con una población de 495, Elmidae con 54, Physidae con 25 y Libellulidae con 23 individuos; y las restantes poseen un rango que va desde uno a ocho individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una Calidad de agua **muy pobre**, de contaminación orgánica severa.

En el análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua, para el mismo sitio arroja una categoría **mala**, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (900 NMP/100ml y permisible  $\text{cero} < \text{tres}$  NMP/100ml), nitratos (13.9 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), fosfatos (20.3 mg/l, lo permisible es  $< 10$  mg/l), sólidos totales disueltos (98.4 mg/l, lo permisibles de  $> 600$  mg/l) y la turbidez (14 FAU, lo permisible es  $<$  cinco FAU), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron; comparables con el contenido de coliformes fecales, los nitratos, fosfato y la turbidez fue superior a lo permisible según las Normas Salvadoreñas, encontrando 14

familias que viven bajo estas condiciones de hábitat. Las familias con mayor número de individuos fueron; Elmidae, Libellulidae, Thiaridae, Physidae.

En la parte alta del afluente se encuentran potreros con ganado bovino y siembra de cultivos, los cuales pueden estar provocando un cambio del hábitat acuático, favoreciendo así el desarrollo de los insectos encontrados.

### **15. Nacimiento (Nuevo Amanecer)**

En este sitio se recolectaron 30 especímenes, perteneciente a ocho ordenes (Odonata, Trichoptera, Díptera, Ephemeroptera, Coleóptera Gastropodo, y Oligochaeta) distribuidos en 9 familias.

La familia con mayor abundancia fueron; Hydrophilidae con 11 especímenes, las demás se encuentran en un rango de uno a seis. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **pobre**, con una contaminación orgánica severa.

En el análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua, para el mismo sitio, arroja una categoría **regular**, esto se reflejó por los parámetros altos de coliformes fecales (13 NMP/100ml y lo permisible es de cero < tres NMP/100ml), nitratos (15.20 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (58.80 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y la turbidez (16 FAU, lo permisible es < cinco FAU), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron similares, el contenido de coliformes fecales, los nitratos y la turbidez fue superior a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003), encontrando nueve familias, que viven bajo estas condiciones de hábitat. La familia con mayor número de individuo fue; Hydrophilidae.

El nacimiento no tiene caja de captación sellada, las personas que llegan al afluente contaminan el agua porque lavan las bombas de mochila y en general no hacen uso adecuado de la fuente

### **16. Río Chanseñora**

En este sitio se recolectaron 442 individuos, perteneciente a ocho ordenes (Odonata, Hemíptera, Díptera, Megaloptera, Ephemeroptera, Coleóptera Gastropodo y Bivalvia) con un total de 10 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron; Thiaridae con 336, Gerridae con 24; y las demás se encuentran en un rango de uno a 13. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **Buena**.

Con base a los análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arroja una categoría **regular**, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (70 NMP/100ml y lo permisible es de cero < tres NMP/100ml), nitratos (14.4 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (68.5 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y la turbidez (seis FAU, lo permisible es < cinco FAU), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados que los coliformes fecales, los nitratos y la turbidez fueron; superiores a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003), encontrando 10 familias de macroinvertebrados que viven bajo estas condiciones de hábitat. Las familias con mayor número de individuos fueron; Thiaridae, Gerridae.

Este afluente está dentro del área del Parque Nacional Walter Thilo Deinger, podrías ser la razón por la cual se encontró la calidad del agua buena, porque no tiene alteración de la mano del hombre y la población esta retirada del sitio, el río es rodeado de vegetación característica del bosque seco tropical.

### **17. Río Tacuazín**

En este sitio de muestreo se recolectaron 33 individuos, perteneciente a seis ordenes (Odonata, Hemíptera, Ephemeroptera, Coleóptera, Gastropoda y Amphipoda) correspondiente a ocho familias.

Las familias con mayor abundancia fueron; Paloemonidae con 12 individuos, Physidae con siete; y las restantes poseen un rango que va desde uno a seis individuos por familia. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **regular**, con una Contaminación sustancial probable.

El análisis del IBF-SV, fue **regular**, encontrando ocho familias que viven bajo condiciones de aguas, contaminadas mencionando algunas de ellas como Physidae, Gerridae, Dytiscidae y Libellulidae estas toleran alto grado de contaminación.

Esta calidad de agua de **regular**, se dio las actividades agropecuarias que se da en la parte alta del afluente.

### **Parte baja de la Cuenca**

#### **18. Río Tacuazín (Puerta del Sol)**

En este sitio se recolectaron 14 especímenes perteneciente a tres órdenes; (Hemíptera, Ephemeroptera, Amphipoda). Las familias con mayor abundancia fueron; Veliidae y Palaemonidae con cinco, Gerridae con tres; las restantes con un individuo, dando como resultado según el IBF una calidad de agua **regular**.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico la calidad del agua para el mismo sitio, arrojo una categoría **mala**, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (130 NMP/100ml y permisible cero < tres NMP/100ml), nitratos (11.6 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (69.8 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y la turbidez (103 FAU, lo permisible es < cinco FAU) que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), los resultados obtenidos fueron; similares, el contenido de coliformes fecales y la turbidez del agua fueron mayor a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003), encontrando tres familias que viven bajo estas condiciones de hábitat perturbados, las más encontradas fueron la Gerridae y Veliidae que se deslizan sobre la superficie del agua y toma el oxígeno de la atmosfera.

### **19. Río Aquiquisquillo Los Lotes (bajo granja de pollo de engorde)**

En este sitio se recolectaron 103 individuos, perteneciente a cinco ordenes; (Megaloptera, Odonata, Hemíptera, Gastropoda y Amphipoda,) con siete familias.

Las familias con mayor abundancia fueron;Thiaridae con una población de 60 individuos y Veliidae con 16; y las restantes poseen un rango que va desde uno a ocho individuos por familia, dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **regular pobre**.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arrojo una categoría **mala**, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml y lo permisible es de cero < tres NMP/100ml), nitratos (11.3 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), y la turbidez fueron (216 FAU, lo permisible es < 5 FAU), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron similares, el contenido de coliformes fecales, los nitratos, y la turbidez fueron superiores a lo permisible según las Normas Salvadoreña, encontrando siete familias que viven bajo estas condiciones de hábitat

Cerca del afluente existe una granja de pollo de engorde, zonas agropecuarias y alrededor y alrededor se encuentra el caserío Los Lotes.

### **20. Río Tacuazín (Poza El Pepeto)**

En este sitio se recolectaron 39 especímenes perteneciente a seis ordenes (Odonata, Trichoptera, Hemíptera, Díptera, Ephemeroptera y Coleóptera). Las familias con mayor abundanciason;Gerridae con 20 individuos, Scirtidae con una población de 10; y las

restantes poseen un rango que va desde dos a tres individuos por familia, dando como resultado según el IBF-SV, una categoría de calidad de agua **regular**.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arroja una categoría **mala**, esto es debido a los parámetros altos de Coliformes fecales (500 NMP/100ml y permisible cero < tres NMP/100ml), nitratos (10.8 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (78.7 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y la turbidez (18 FAU, lo permisible es < cinco FAU), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron comparables, al contenido de coliformes fecales y la turbidez del agua fue, mayor a lo permisible según las Normas Salvadoreñas, encontrando 6 familias, que viven bajo estas condiciones de hábitat perturbados, las más encontradas son; la Gerridae y Scirtidae. Estos macroinvertebrados acuáticos han convertido este sitio en su hábitat, el cual proporciona las condiciones necesarias para vivir.

Al oeste del sitio del muestreo se encuentra un relleno sanitario y es probable que por escorrentía se depositen los contaminantes que están provocando la alteración en la calidad del agua.

### **Río Aquiquisquillo sobre Litoral**

En este sitio se recolectaron 190 individuos perteneciente a cinco ordenes; (Hemíptera, Ephemeroptera, Gastropoda, Amphipoda y Díptera), correspondiente a 6 familias.

Las familias con mayor abundancia fueron; Gerridae con 100 individuos, Chironomidae con una población de 35; y las restantes poseen un rango que va desde 10 a 15 individuos por familia, dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **regular pobre**.

En el análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua, es categoría **mala**, esto se dio por los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml y permisible cero < tres NMP/100ml), nitratos (20.4 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (81 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l), y la turbidez (283 FAU, lo permisible es < cinco FAU), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

Con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron similares, el contenido de coliformes fecales en el agua, fue 16 veces mayor, los nitratos, y la turbidez fueron; superiores a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003), encontrando seis familias que viven bajo estas condiciones de hábitat perturbados, las mayormente encontradas fueron; Gerridae y Chironomidae.

La calidad de las aguas de este afluentes es afectado por los habitantes y provocan la degradación de las aguas, al alrededor del afluente se encuentra el caserío San Diego.

### **21. Bocana San Diego**

En este sitio se recolectaron 110 especímenes perteneciente a dos órdenes; (Amphipoda, Hemípteras), correspondiente a dos familias.

Las familias con mayor abundancia fueron; Gerridae, con 85 individuos, Palaemonidae con 25 especímenes, dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **regular pobre**. Con base a los análisis físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), la calidad del agua para el mismo sitio, arroja una categoría **mala**, esto es debido a los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml y permisible 0 < 3 NMP/100ml), nitratos (9.1 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (235 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y la turbidez (ocho FAU, lo permisible es < cinco FAU), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico los resultados obtenidos fueron comparables, el contenido de coliformes fecales, los nitratos y la turbidez fue; superior a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

Este sitio está ubicado en la parte baja de la cuenca, las aguas arrastran muchos contaminantes de las comunidades cercanas como el Cantón Melara y de las actividades agropecuarias de sus pobladores

### **22. Unión del río Aquiquisquillo-Amayo.**

En este sitio se recolectaron 80 especímenes perteneciente a tres órdenes (Hemíptera, Amphipoda, Gastropodo). Las familias con mayor abundancia; son Gerridae 38 individuos, Palaemonidae con 35 e Hydrobiidae con siete especímenes. Dando como resultado según el IBF-SV una calidad de agua **Regular pobre**.

Con base a los análisis físico-químico y microbiológico, el mismo sitio reflejo una categoría **mala**, esto se dio por los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml y lo permisible es de cero < tres NMP/100ml), nitratos (11.1 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), solidos totales disueltos (488 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l) y la turbidez (120 FAU, lo permisible es < cinco FAU), que son superiores a límite máximo de calidad del agua según las Normas de Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), los resultados obtenidos fueron similares, el contenido de coliformes fecales, los nitratos y la turbidez fue superior a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

Las aguas de este sitio son afectadas por las actividades de los habitantes de los alrededores, predominan actividades ganaderas; además por estar en la parte baja de la cuenca, arrastran contaminantes de los sitios por donde circula

### **Río Tacuazín (Amatal los Tubos)**

En este sitio se recolectaron 93 individuos pertenecientes a tres órdenes; (Hemíptera Amphipoda, Gastropodo). Las familias con mayor abundancia son Palaemonidae, con 78 especímenes, Gerridae con 14 y Ampullariidae con uno. Dando como resultado según el IBF-SV, una calidad de agua **Regular**.

Con base al análisis físico-químico y microbiológico, la calidad del agua para el mismo sitio, arrojó una categoría **mala** esto fueron por los parámetros altos de coliformes fecales (1600 NMP/100ml y lo permisible es de cero < tres NMP/100ml), nitratos (13.3 mg/l, lo permisible es 0.4-0.7mg/l), sólidos totales disueltos (95.7 mg/l, lo permisibles de > 600 mg/l), y la turbidez (216 FAU, y lo permisible es < cinco FAU), que son superiores al límite máximo de calidad del agua según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003).

En general, con base a los análisis IBF-SV, físico-químico y microbiológico (cuadro A-3), los resultados obtenidos fueron similares, el contenido de coliformes fecales, los nitratos y la turbidez fue superior a lo permisible según las Normas Salvadoreñas (MARN 2003), en este análisis salió de calidad mala por la alto contenido de turbidez, encontrando tres familias que viven bajo estas condiciones de hábitat.

Los resultados obtenidos en esta investigación, concuerda con los obtenidos en otras investigaciones, como la realizada por la OEA, con el apoyo de la Universidad de El Salvador, otras investigaciones por Chávez Sifontes y OrantesGuerrero en el 2010, en el río Sensunapán, Sonsonate y Vaquerano Madrid *et al* 2011, en el río Copinol, Ahuachapán, teniendo una similitud de calidad de las aguas, por lo que se puede decir que dicha metodología es aplicable para diferentes zonas del país.



A continuación se presenta un resumen y porcentajes, de los resultados de la calidad de agua, en los diferentes sitios de muestreo de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad (cuadro 5)(figura 15).

Cuadro 5. Resumen de calidad de las aguas de los diferentes sitios de la Cuenca Estero San Diego

	sitio de muestreo	IBF-SV	Físico-químico y microbiológico	Ubicación de la Cuenca
1	Nacimiento el Pozo	Pobre	mala	Parte alta
2	Unión del Río Cacao y Madriz	Pobre	mala	
3	Nacimiento El Cacao.	regular – pobre	mala	
4	Río San Cayetano (Talpetatera)	regular – pobre	mala	
5	Río Aquiquisquillo Desvió cancha de golf.	Pobre	regular	
6	Río Cuajapalos	regular – pobre	regular	
7	Río Aquiquisquillo límite de SJV y Huizucar	regular – pobre	mala	
8	Río Aquiquisquillo Presa La Hacienda	regular – pobre	mala	Parte media
9	Quebrada El Chucho	muy pobre	mala	
10	Río Chichiguila.	Pobre	mala	
11	Nacimiento Los Chorros.	Regular - Pobre	regular	
12	Río Muyuapa.	Pobre	mala	
13	Quebrada El Nacimiento (Tula)	Pobre	mala	
14	Poza Galindo (Río Aquiquisquillo)	muy pobre	mala	
15	Nacimiento Nuevo Amanecer	Pobre	regular	Parte baja
16	Río Chanseñora.	Buena	regular	
17	Río Tacuazín	regular		
18	Río Tacuazín (Puerta del Sol)	Regular	mala	
19	Río Aquiquisquillo Los Lotes (bajo granja de pollos de engorde)	regular – pobre	mala	
20	Río Tacuazín(Poza el pepeto)	Regular	mala	
21	Río Aquiquisquillo sobre Litoral	regular – pobre	mala	
22	Bocana San Diego	regular – pobre	mala	
23	Unión del río Aquiquisquillo-Amayo (Bocana)	regular – pobre	Mala	
24	Río Tacuazín (Amatal Los Tubos)	Regular	Mala	

En la figura 13, se observa la frecuencia de la calidad de agua, encontrada en los diferentes sitios de la Cuenca con la metodología del IBF-SV; la categoría de regular pobre conto con mayor frecuencia seguido por la categoría pobre, regular y muy pobre. En el método del ICA, solo se encontraron dos categorías la que tiene mayor frecuencia es mala y la de menor es regular (figura 14); tomando en cuenta que en esta metodología se usa menor número de categorías, en comparación con el uso de macroinvertebrados acuáticos. Las dos metodologías tienen una tendencia similar en cuanto a la calidad del agua.

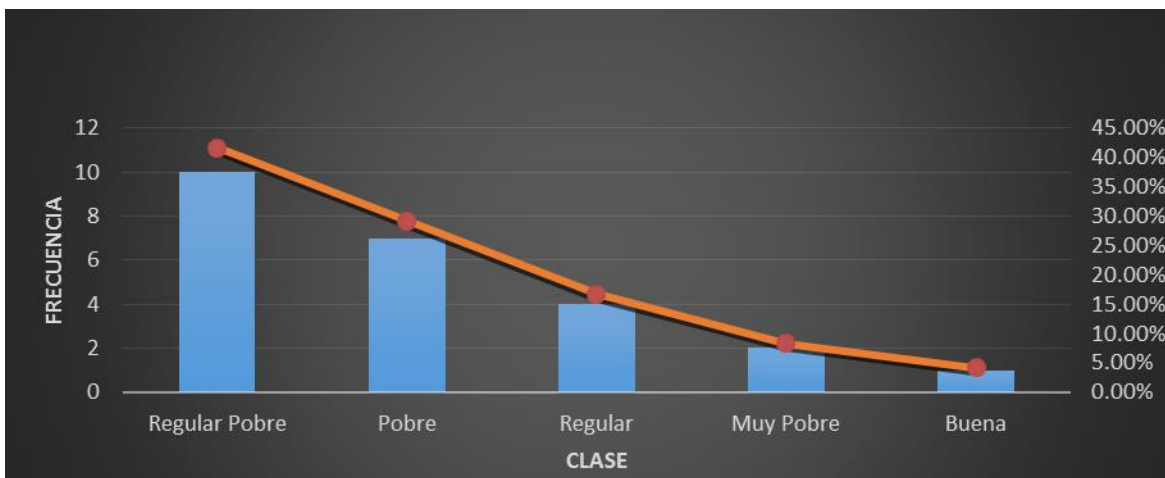


Figura. 13 Calidad del Agua con la metodología del Índice Biótico a nivel de Familia (IBF-SV-2010)

Calidad	Frecuencia	% acumulado
Regular Pobre	10	41,67%
Pobre	7	29,17%
Regular	4	16,67%
Muy Pobre	2	8,33%
Buena	1	4,17%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100,00%</b>



Calidad	Frecuencia	% acumulado
Mala	17	70,83%
Regular	6	26,09%
Buena	0	0,00%
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100,00%</b>

A continuación se presenta la delimitación de la cuenca en estudio con la ubicación de los diferentes sitios que se muestrearon, y sus simbología.

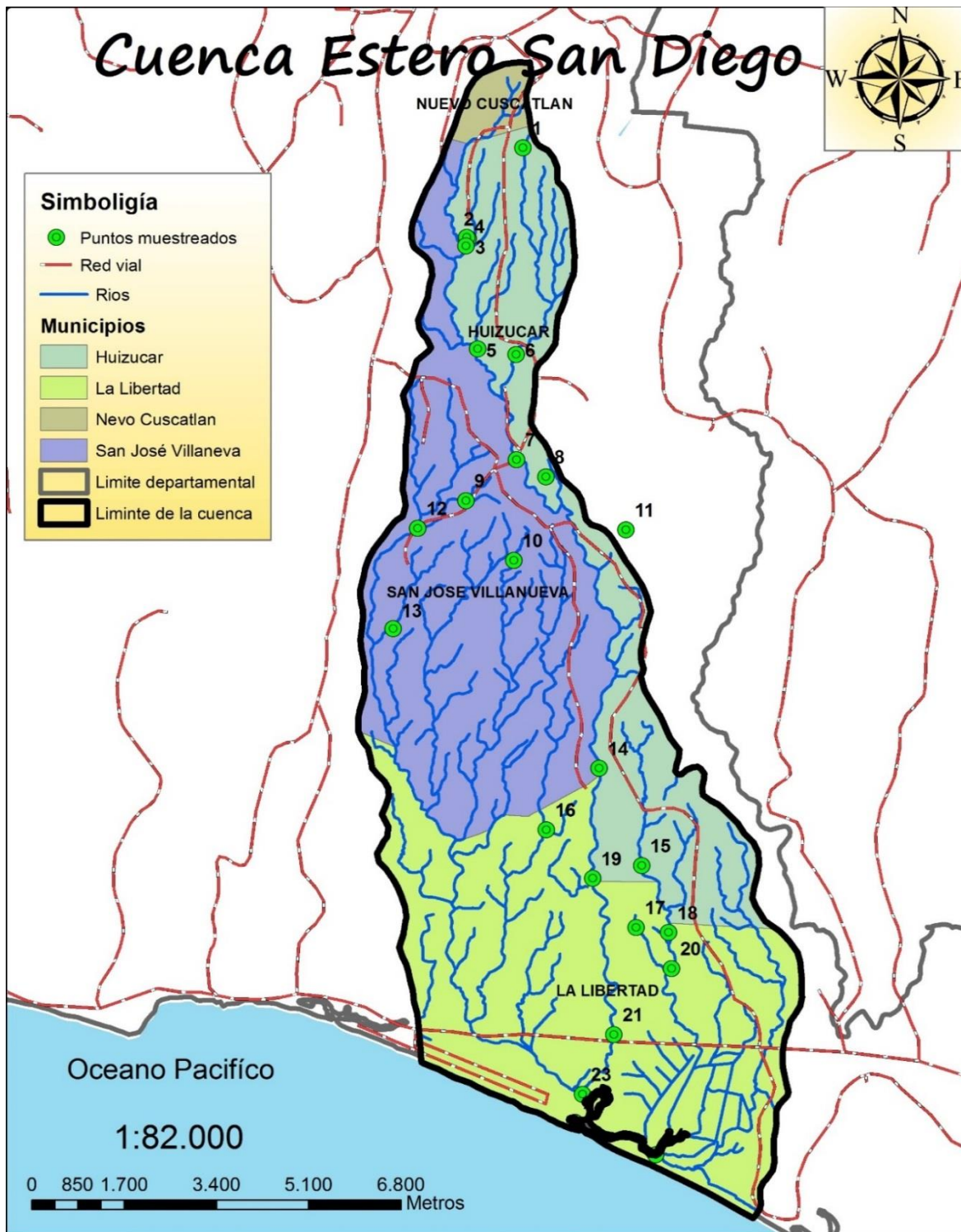


Figura. 15 Distribución de sitios de muestreos de macroinvertebrados acuáticos y parámetros físicos-químicos y microbiológicos en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.

## Guía Ilustrada

A continuación se presenta una guía ilustrada de campo, la cual fue elaborada para ser utilizada como herramienta para determinar la calidad del agua. Esta tiene la siguiente información: pasos para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos, consejos para la recolección de los organismos, macroinvertebrados encontrados en la Cuenca en estudio, uso del IBF-SV (Índice Biótico a nivel de Familia de invertebrados acuáticos en El Salvador) y la cuenca con los diferentes sitios muestreados.

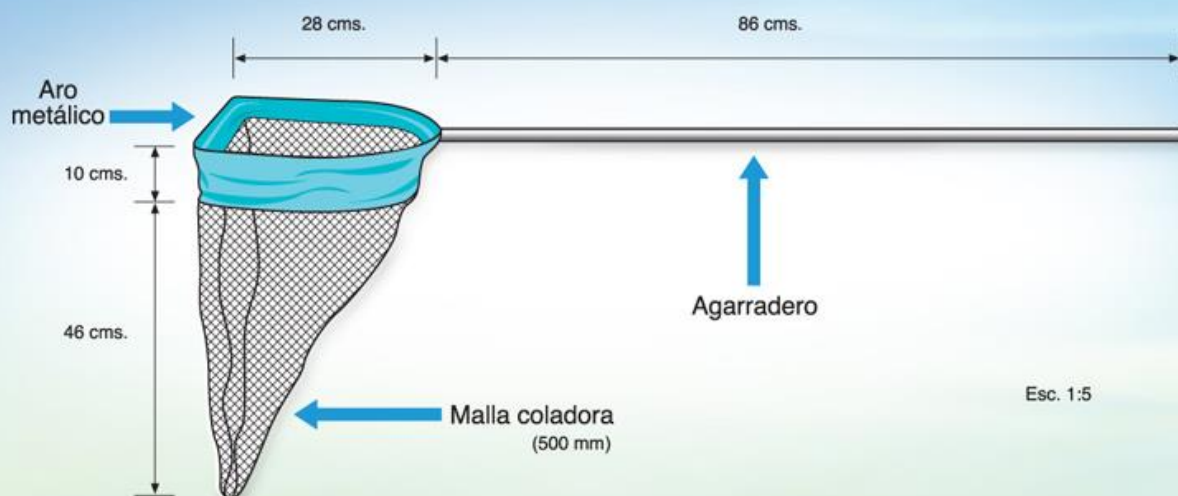


Figura. 16 Guía ilustrada que se utilizó con los líderes locales para la determinación de la calidad del agua.

## Pasos para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos

El monitoreo biológico incluye la identificación y conteo de macroinvertebrados. La captura se realiza con una red "D", durante 9 minutos (con 3 submuestras de 3 minutos) en todos los microambientes de cada sitio de muestreo.

Colocar la red "D" en posición vertical tomándola por el mango (agarradero) y colocándola a contracorriente en contacto con el fondo del río, con el pie y mano libre ir removiendo la hojarasca, piedras y otro material de refugio de los macroinvertebrados.



## Consejos para la recolección de los organismos.

- Revisar todos los microambientes del sitio de muestreo, tales como sustratos (hojarasca, raíces, piedras, entre otros), y tipos de corrientes (rápidos, pozas), con la ayuda de la red "D".
- Utilizar bandejas preferiblemente de color blanco para colocar el sustrato con un poco de agua y así distinguir mejor los macroinvertebrados.
- Usar una lupa para la separación de los macroinvertebrados.
- Preservar los organismos en alcohol etílico al 70% cuando se requiere una colección de referencia.

# Macroinvertebrados Acuáticos

en la Cuenca Estero San Diego,  
La Libertad, El Salvador.



Culicidae, D.10



Oligochaeta, Ol.10



Physidae, Mo.9



Coenagrionidae, O.9



Muscidae, D.9



Chironomidae, D.8



Ceratopogonidae, D.8



Glossiphoniidae, HI. 7



Dytiscidae, C.7



Hydrophilidae, C.7





Caenidae, E.7



Belostomatidae, H.7



Corydalidae, M.7



Calopterygidae, O.7



Gomphidae, O.7



Libellulidae, O.7



Scirtidae, C.6



Stratiomyidae, D.6



Staphylinidae, C.6



Pseudothelphusidae, De.6



Tabanidae, D.6



Baetidae, E.6





Gerridae, H.6



Naucoridae, H.6



Leptohyphidae, E.6



Palaemonidae, A.5



Leptophlebiidae, E.5



Mesovellidae, H.5



Nepidae, H.5



Veliidae, H.5



Notonectidae, H.5



Tipulidae, D.5



Crambidae, L.5



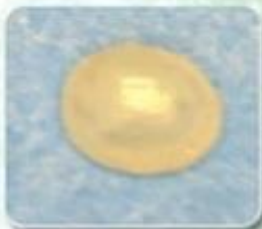
Hydropsychidae, T.5





Philopotamidae, T.5  
Helicopsichidae, T.5

Hidracarina, A.5



Sphaeniidae, B.4



Elmidae, C.4



Thiariidae, Mo. 4



Hydrobiidae, Mo.4



Ampullariidae, AM .4



Blaberidae, BL.3



Gyrinidae, C.3



## Uso del Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).

El índice biótico a nivel de familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF-SV-2010), tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición, propuestos por Hilsenhoff.

Este índice reconoce taxonómicamente a los organismos acuáticos a nivel de familia, se contabilizan los individuos de las diferentes familias recolectadas en cada sitio de muestreo, ponderando la abundancia de cada una de ellas al multiplicarlas por puntajes que indican el grado de sensibilidad a la contaminación (desde cero a diez, según se asocien a condiciones desde menor hasta mayor grado de contaminación orgánica). De esta manera se obtiene al final un promedio de la sumatoria, cuyos valores se comparan con el siguiente cuadro de categorías de calidad de agua.

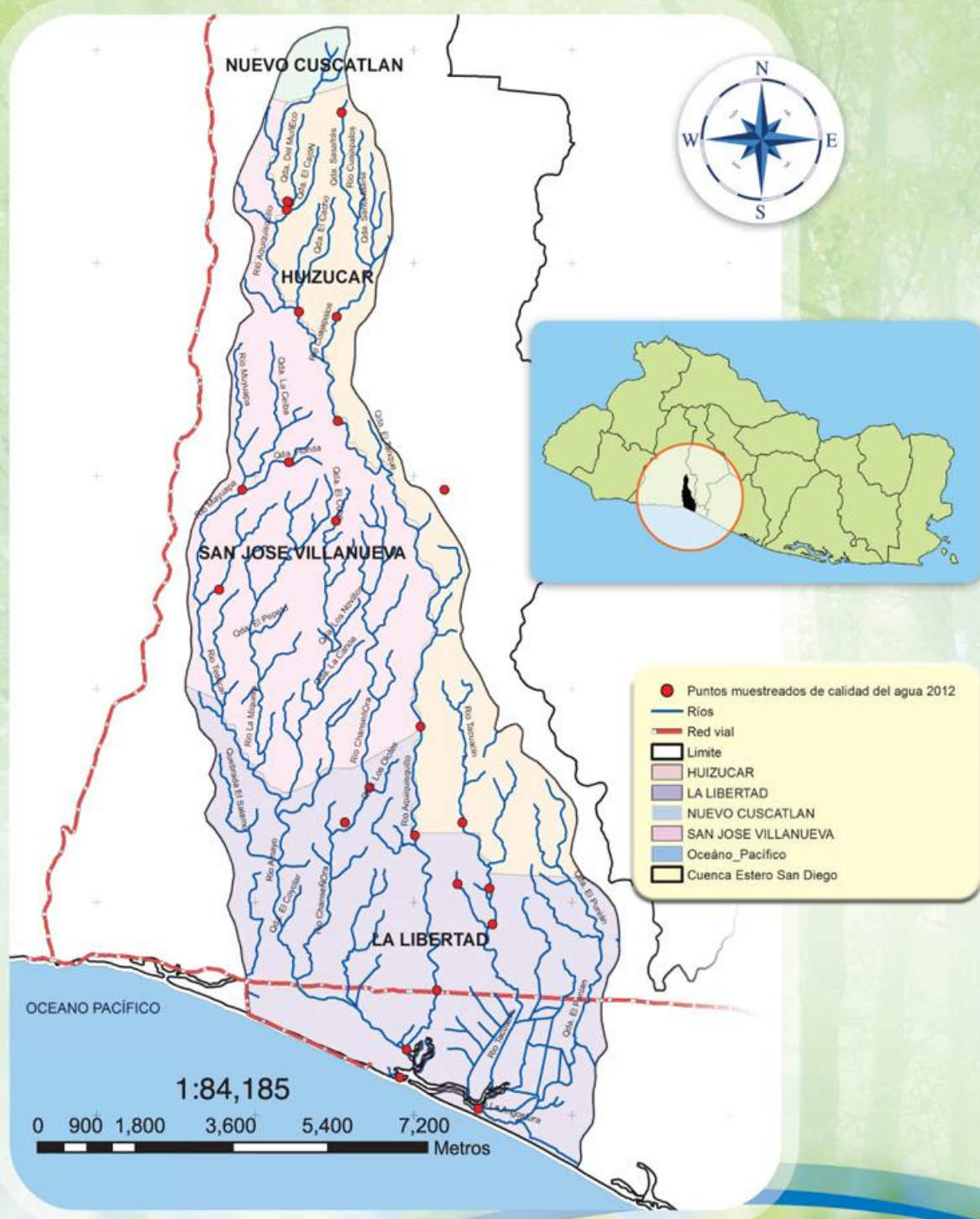
### Cálculos del IBF-SV-2010 con datos de la Cuenca Estero San Diego (Nacimiento los Chorros).

Grupotaxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Decápoda: Pseudothelphusidae	5	6	30	0.6
Díptera: Stratiomyidae	9	6	54	1.08
Díptera: Tipulidae	1	5	5	0.1
Hemiptera: Naucoridae	21	6	126	2.52
Coleóptera: Scirtidae	2	6	12	0.24
Coleóptera: Staphylinidae	2	6	12	0.24
Coleóptera: Hydrophilidae	10	7	70	1.4
<b>Total</b>	<b>50</b>			<b>6.18</b>

Calidad de agua: regular pobre.

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN
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

# Cuenca Estero San Diego



## **4.2. Propuesta de un programa de bio-monitoreo de la calidad del agua en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.**

Objetivo: realizar un seguimiento de las fuentes de aguas superficiales de la Cuenca, para detectar y reducir paulatinamente las fuentes de contaminación y mejorar la calidad.

### **4.2.1. Periodos de monitoreo.**

Los monitoreos se realizan aproximadamente cada 6 meses. Se recomienda en la época seca (enero-febrero), y la transición de la época lluviosa-seca (noviembre-diciembre). En esta fecha se disminuye el caudal del agua y se concentra la contaminación del agua, facilitándose el muestreo de los macroinvertebrados acuáticos.

### **4.2.2. Sitios de muestreo**

Los criterios que se deben de tomar en cuenta para seleccionar los sitios a monitorear son los siguientes:

- Que la fuente de agua sea utilizada por la población, ya sea uso doméstico o para otro uso.
- Sitios que están rodeados o que tienen una influencia de muchos factores antrópicos, que se encuentre mucha población, usos intensivos de la tierra, uso de agroquímicos, entre otros.
- En los sitios donde no hay cultura para el cuidado del recurso hídrico, es decir aquellos que están descubiertos y donde el ser humano lo utiliza para uso personal (bañarse o lavan).

### **Sitios recomendados para los muestreos.**

Parte alta.

Nacimiento el pozo, nacimiento el Cacao, río Aquiquisquillo límite de San José Villa Nueva y Huizucar, Presa La Hacienda.

Parte media

Nacimiento Los Chorros, río Chichiguila.

Parte baja.

Río Aquiquisquillo sobre litoral y Bocana San Diego

### **4.2.3. Materiales necesarios para el monitoreo.**

- Hoja de trabajo: Registro de datos de campo.
- Red de muestreo tipo "D": para la recolecta de los organismos acuáticos.
- Colador: para tamizar el material biológico, lo cual facilita la separación de los macroinvertebrados acuáticos.
- Bandejas plásticas de color blanco.

- Botes etiquetados (nombre del sitio, fecha) para depositar los macroinvertebrados acuáticos.
- Pinzas.
- Pinceles.
- Lupas.
- Alcohol etílico para preservar las muestras.
- Herramientas. Guía ilustrada para la identificación de los macroinvertebrados.

#### **4.2.4. Responsables del monitoreo.**

Comités de rescate de las Cuencas de La Libertad (CORCULL), comités de vigilancias y actores locales.

#### **4.2.5. Metodología a implementarse en los ríos.**

Se aplica la metodología de macroinvertebrados acuáticos, para determinar la calidad del agua, este método contiene organismos, altamente sensibles, a la contaminación y tolerantes a esta, de los cuales se mencionan: insectos, moluscos, ácaros, lombrices y crustáceos.

- Selección de un tramo del río no superior a 50 m. de largo.
- Revisar todos los microhábitats (hojarasca, piedras, raíces, en el fondo entre otros) y tipos de corrientes (rápido y pozas).
- Muestreos de nueve minutos, conteniendo tres submuestras de tres minutos cada una.
- El material recolectado con la red “D”, se deposita cuidadosamente en bandejas plásticas, posteriormente, se lava adecuadamente la red, con el objetivo de evitar traslape de organismos entre un sitio de muestreo y otro; luego se realiza la separación de los macroinvertebrados.
- Los macroinvertebrados, se depositan en recipientes plásticos conteniendo alcohol etílico 70%, y previamente etiquetado con la fecha y nombre del sitio.
- Aplicación del Índice Biótico por Familias de macroinvertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV), el cual es un índice aproximado cuantitativo; que incorpora la abundancia y diversidad de familias de los organismos en estudio. Tiene una serie de ventajas por su aplicabilidad en el campo y tomar lectura rápida y bajo costo económico.
  - Los organismos recolectados, son procesados para su clasificación taxonómica a nivel de familia y número de individuos, para obtener el total de familia por sitio de muestreo.

- Para la estimación del IBF-SV, se procederá de la siguiente manera: se contabilizan los individuos de las diferentes familia recolectadas en cada sitio de muestreo, ponderando la abundancia de cada una de ellas al multiplicar, por el puntaje que indica el grado de sensibilidad a la contaminación (desde 0 a 10, según se asocian a condiciones desde menor a mayor grado de contaminación orgánica). De esta manera, se obtiene al final un promedio de sumatoria, teniendo como resultado, la escala de condición biológica, para determinar el grado de contaminación que presenta el tramo del río en estudio.

#### **4.3. Lineamientos generales para contribuir a mejorar la calidad del agua de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad**

- ❖ Promover campañas de educación ambiental, a diferentes niveles: centros escolares, comunidades y unidades ambientales, entre otros.
- ❖ Fortalecimiento de Comité para el Rescate, de las Cuencas de La Libertad (CORCULL) y los comités de vigilancia ambiental de la Cuenca.
- ❖ Capacitar a otros actores locales de la cuenca, en el uso de la metodología: profesores de centros escolares, promotores de salud y guarda recursos, entre otros.
- ❖ Establecer canales de comunicación y participación, entre los ciudadanos y los organismos competentes, e incrementar las tareas de difusión y educación en temas ambientales.
- ❖ Promover la creación de ordenanza a nivel de los municipios, con énfasis al manejo de los recursos hídricos; en donde van incluidos aspectos como multas, prohibiciones, sanciones y la ordenanza debe darse a conocer a los pobladores.
- ❖ Promover métodos de control biológicos, físicos y culturales a nivel de finca
- ❖ Promover, gestionar y ejecutar proyectos de Manejo integral de los recursos hídricos, los cuales deben incluir aspectos importantes tales como: protección de las fuentes de agua, educación ambiental para los usuarios, regulación del uso del agua, etc.

## 5. Conclusiones.

- La guía ilustrada, utilizada como herramienta para la determinación de la calidad del agua, fue probada y es factible su manejo, o aplicación por los líderes de la Cuenca y comités de Vigilancia Ambiental.
- En la Cuenca Estero San Diego, según los datos obtenidos, el 96% de las principales fuentes de abastecimiento de agua se encontraron contaminadas.
- A nivel de la cuenca, no se aplican técnicas para el manejo adecuado de las principales fuentes de abastecimiento, lo cual se refleja en los altos niveles de contaminación del agua superficial.
- El Índice Biótico, a nivel de Familia de macroinvertebrados acuáticos para El Salvador (IBF-SV), y el Índice de Calidad del Agua (ICA), presentaron tendencia de calificación similares, indicando que existe contaminación de las aguas superficiales de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.
- En la mayoría de los sitios analizados, los parámetros bioquímicos (OD, DBO5) y pH, que forman parte del ICA, se encontraron por debajo de los límites permisibles
- La metodología del IBF-SV, es un método presuntivo, para clasificar la calidad del agua, ya que no se puede valorar concentraciones de un contaminante específico.
- Con base a los resultados obtenidos se propusieron lineamientos básicos y un programa para el monitoreo, usando macroinvertebrados acuáticos indicadores de la calidad de las aguas, en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.

## 6. Recomendaciones.

- Implementar programas de capacitación, utilizando la guía elaborada en esta investigación, para el fortalecimiento del Comité para el Rescate de las Cuencas de La Libertad (CORCULL), y los comités de vigilancia ambiental.
- Usar el método del Índice Biótico a nivel de Familia de macroinvertebrados acuáticos para El Salvador (IBF-SV) para evaluar la calidad de las aguas superficiales, por su sencillez, aceptabilidad y fácil aplicación por los líderes, actores locales de la cuenca y personas interesadas en la temática, con conocimiento de los organismos acuáticos.
- Realizar otros estudios en la Cuenca Estero San Diego, para reforzar la guía didáctica de campo de macroinvertebrados acuáticos, ya que podría encontrarse otras familias de organismos acuáticos.
- Fortalecer el Comité para el Rescate de las Cuencas de La Libertad (CORCULL), desarrollando capacitaciones con los maestros de los centros escolares, de los alrededores de la Cuenca, para que incorporen en los planes de estudios, el uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua.
- Mejorar las infraestructuras de protección en los nacimientos de agua, colocándoles tapaderas, para que no estén propensos a la aplicación de sustancias contaminantes, que perjudican la calidad del agua.
- Implementar campañas de educación ambiental, para las comunidades usuarias de las fuentes de agua, en donde se incluyan aspectos como: manejos de desechos sólidos, monitoreo y limpieza constatare de los afluentes de agua; y campañas de concientización sobre los recursos hídricos en general. Además del establecimiento de reglamentos para el buen uso de las fuentes de agua.
- Dar continuidad a la ejecución de los programas y proyectos establecidos en los ejes de estratégicos, del plan de manejo de la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.



## 7. Bibliografía

- Alonso, A; Camargo, JA. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles (en línea). España. Consultado 11 Agosto. 2012. Disponible en. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=133>.
- APHA; AWWA; WEF (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, US). 1999. Standard methods for the examination of water and waste water. Method 2130 A-B/1995
- Bauder, J; Sigler, W. A. s. f. Educación en el Agua de Pozo: Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales. Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales, Montana, US. 101p
- Borkent A; Spnelli GR. 2007. Ceratopogonidae Neo tropicales (Díptera: Insecto). V. 4, 198 p.
- Brown, AL. 1987. Freshwater Ecology. Heinimann Educational Books, London. P 63.
- Brönmark, C.; Hansson, LA. 2005. The Biology of Lakes and Ponds. Oxford University Press, Oxford. 285p.
- Brusca RC, Brusca GJ. 2000. Invertebrados. 2 ed. Madrid, ES. Ed Mc Graw Hill. P.607-802.
- Castilla y León. 2010. Los Nitratos y los Nitritos y el agua de consumo Salamanca. ES (en línea). Consultado 05 septiembre 2012. Disponible en [www.saludcastillayleon.es/sanidad/cm/ciudadanos/images?idMmedia](http://www.saludcastillayleon.es/sanidad/cm/ciudadanos/images?idMmedia).
- CEC (Commission for Environmental Cooperation of North America). S.f. El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes (en línea). Consultado 05septiembre 2012. Disponible en [http://www.cec.org/soe/files/es/SOE\\_WaterQuality\\_es.pdf](http://www.cec.org/soe/files/es/SOE_WaterQuality_es.pdf)

- CENMA (Centro Nacional del Medio Ambiente). 2006. Manual de evaluación de la calidad del agua. Chile. p.23-4.
- CORPOICA (Organización líder en generar y transferir conocimientos científicos y soluciones tecnológicas para el desarrollo sostenible del agro colombiano CO). 2012. Biodiversidad: Biodiversidad Faunística y Florística. Bogotá, CO. (1 DVD 4.7 GB).
- Chávez Sifontes, J.M., Orantes Guerrero, E.E. 2010. Reconocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como alternativa para determinar la calidad del agua del Río Sensunapán, Departamento de Sonsonate, El Salvador, C.A. (Tesis). Ingeniero Agrónomo. SV, UES. 113p.
- Domínguez E; Molineri C; Pescador ML; Hubbard MD; Nieto C. 2006. Ephemeroptera de América del Sur. V. 2, 564 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura). 2002. El agua, fuente de seguridad alimentaria. Nueva York, US. 8p.
- García Pineda CP, Godínez Guardado PM. 2009. Determinación de moluscos indicadores de la calidad ambiental en los ríos del área natural protegida La Magdalena, municipio de Chalchuapa, Santa Ana, El Salvador. (Tesis) Lic. Biología. SV, UES. 115 p.
- Gabriel A, Pinilla A. s. f. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos M.Sc en ecología. Bogotá. 66p
- Gill Rodríguez, M. 1998. Demanda bioquímica de oxígeno de efluentes con productos xenobióticos. Madrid. Es .v.5, 47 p. n°1q 4.
- Gutiérrez Fonseca P.E. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del orden Coleóptera en El Salvador. *In*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) –Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI editores e impresores, S.A de CV., San Salvador, El Salvador. 64p.

- Gullan, PJ; Cranston, PS, 1994. The Insects An Outline of Entomology, Department of Entomology, University of California, Davis, USA & Research School of Biology, The Australian National University, Canberra, Australia. 565p.
- Hernández Martínez, M. A., Pérez, D., Serrano Cervantes, L., Sermeño Chicas, J. M., Paniagua Cienfuegos, M. R., Springer, M., Monterrosa Urías A. J. 2010. Atlas geográfico de los insectos acuáticos indicadores de calidad ambiental de aguas de los ríos de El Salvador. *In*: formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) –Organización de los Estados Americanos (OEA). Ed SINAI editores e impresores, S.A de CV., San Salvador, El Salvador. 104p.
- Hernández, Y.G, Restrepo Manrique, R, Cajigas Cerón, A.A. 2012. Guía de campo de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Menzuly – Santander – Colombia. Ed UPB (Universidad Pontificia Bolivariana). 154p.
- Hegner RW. 1960. Invertebrate zoology. Professor of protozoology in the school of Hygiene and Public Health of the John Hopkins University. New York, UE. p 371-490.
- Jill, S; Baron, N; LeRoy Poff, PL; Angermeier CN; Dahm, PH; Gleick, NG; Hairston, RB; Jackson, CA. Johnston, BD; Steinman, R; Steinman, AD. 2003. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology. Ecological Society of America. Washington DC. US. no 18:1-18
- Lanza Espino G de la, Hernández Pulido S, Carbajal Pérez J L. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Instituto de biología de la Universidad Autónoma de México. 410p.
- Lenntech. 2012. Agua residual & purificación del aire Holding B.V. TDS y conductividad eléctrica (en línea). Madrid, ES (En línea). Consultado 05 septiembre del 2012. disponible en <http://www.lenntech.es>.
- López RP; Díaz Pardo E; Martínez M. 2009. Biota acuática de arroyos y ríos. Universidad Autónoma de Querétaro México. DF. p 91-117.

- 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 Neuróptera en El Salvador. *In*: Springer M. (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) –Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI editores e impresores, S.A de CV., San Salvador, El Salvador. 17p.
- Mafla Herrera, M. 2005. Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano, Talamanca, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 90p.
- MARN (Ministra de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003. Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental (En línea). Consultado 15 de octubre del 2013. Disponible en [http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&download=230:reglamento-especial-de-normas-tecnicas-de-calidad-ambiental&id=7&Itemid=255](http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=230:reglamento-especial-de-normas-tecnicas-de-calidad-ambiental&id=7&Itemid=255).
- Maese, JM. 2002. Catálogo de las dípteras en Nicaragua (En línea). Consultado 05 septiembre 2012. disponible en [www.bio-nica.info/RevNicaEntomo/14A-Tipulidae.pdf](http://www.bio-nica.info/RevNicaEntomo/14A-Tipulidae.pdf).
- McMahon R.F. 1983. Physiological ecology of freshwater pulmonates: The Mollusca. Vol. 6: Ecology. Academic, Orlando, Florida. p. 359-430.
- Menjívar Rosa, R A. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Díptera en El Salvador. *In*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI Editores e impresores, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador. 50p.




- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR) 2003. Propuesta de Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales de Costa Rica. San José, CR. 22 p.
- Negrete LH. 2007. Ecología de la familia de Glossiphonidae. Veracruz, MX. (En línea). consultado el 05 de Septiembre del 2012. Disponible en. [www.eportal.magrama.gob.es/id\\_tax/ficha/buscador/3/4687](http://www.eportal.magrama.gob.es/id_tax/ficha/buscador/3/4687)
- OMS (Organización Mundial de Salud). 2000. Evaluación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en las Américas. (En línea). Consultada 24 mar. 2009. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/eva2000/salvador/informe.html>.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2002. Agua para todos: agua para la vida. Nueva York, USA. (En línea). Consultado el 05 de Septiembre del 2012. Disponible en. [www.un.org/es/development/devagenda/ageing.shtml](http://www.un.org/es/development/devagenda/ageing.shtml).
- Pacheco Chávez B. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del orden Hemiptera en El Salvador. *In*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI Editores e impresores, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador. 17p.
- Prat N; Ríos B; Acosta R; Rieradevall M. sf. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. San Miguel de Tucumán. Argentina. p.26.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2006. Agua y Desarrollo. Nueva York, USA consultado 5 de Septiembre del 2012. Disponible en [www.pnud.cl/publicaciones/IDH-2006.pdf](http://www.pnud.cl/publicaciones/IDH-2006.pdf).
- Roldán, Pérez GA. 2003a. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Universidad de Antioquia. Medellin, CO 130 p.

- \_\_\_\_\_. 2003b. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: uso del método BMWP. 165p.
- Sánchez Vélez A; García Núñez RM. 1999. Biomonitorio de ríos en la gestión de cuencas. Universidad Autónoma Chapingo México. p.9.
- Sánchez Fernández D. 2007. Catálogo de macroinvertebrados acuáticos de la región media del río Balsas CR (En línea). Consultado el 5 de septiembre del 2012. Disponible en [www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/fichas2Y026.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/fichas2Y026.pdf).
- Sermeño Chicas, J. M, Serrano Cervantes, L, Springer, M, Cienfuegos Paniagua, R. M, Pérez, D, Rivas Flores, W. A, Menjivar Rosa, R. A, Bonilla de Torres, L. B, Carranza Estrada, A.F, Flores Tenso M.J, Ángeles Gonzáles, C, Gutiérrez Fonseca, P.E, Martínez Hernández, A.M, Urías Monterrosa, A.J, Arias de Linares, A.Y. 2010a. 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). *In*: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI Editores e impresores, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador.43p.
- \_\_\_\_\_.; Pérez, D; Gutiérrez Fonseca, P, E. 2010b. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Odonata en El Salvador. *In*: Springer, M. (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI Editores e impresores, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador. Ed UES (Universidad de El Salvador). San Salvador, SV. 38p.
- \_\_\_\_\_.; Pérez, D, Muños Aguillón, S. M, Serrano Cervantes, L, Rivas Flores, A. W, Monterrosa Urías, A. J. 2010c. Metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos de El Salvador. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 26p.

- Serrano Cervantes, L; Zepeda Aguilar, A. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador. *In*: Springer, M., Sermeño Chicas, J.M. & D. Vásquez Acosta (eds.), utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI Editores e impresores, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador. 29p.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). s.f. Cálculo del Índice de la Calidad de Agua en El Salvador. (en línea). El Salvador. Consultada 5 septiembre. 2009. Disponible en [www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculo ICA.pdf](http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculo%20ICA.pdf).
- Springer, M; Gutiérrez P. 2009. Biomonitorio acuático: introducción, concepto, ventajas. Escuela de Biología & CIMAR Universidad de Costa Rica. CR. P28.
- \_\_\_\_\_; Serrano Cervantes, L; Zepeda Aguilar, A. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Trichoptera en El Salvador. *In*: Sermeño Chicas, J.M. (eds.). formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI Editores e impresores, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador. Ed UES (Universidad de El Salvador). San Salvador, SV. 47p.
- Toro, M. 2002. Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas. *Limnetica* 21: 63-75.
- Thorp, JH. ; Covich, AP. 2001. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. 2 ed. AcademicPress. Orlando, Florida. USA. p. 19-30.
- VaqueranoMadrid, E. A; Farfán Aguilar, J. R; Escobar Carranza, J. C. 2012. Tiempo de muestreo para determinar calidad ambiental del agua del río Copinula utilizando el índice biológico de familias de macroinvertebrados modificado para El Salvador, C.A. (Tesis). Ingeniero Agrónomo. SV, UES. 16p.




## 8. Anexos



Cuadro A 1. Descripción de los Sitios de muestreo en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.





N°	Nombre del sitio de estudio	Ubicación	coordenadas	Características	fotografía
1	Nacimiento El pozo	Cantón San Antonio Municipio de Nuevo Cuscatlán.	Latitud. 13°30'33.12" Longitud - 89°15'41.04" Y 928 msnm.	El nacimiento se encuentra en la finca Labrancita siendo una propiedad privada, posee una estructura de retención de mampostería en mal estado, únicamente mantiene agua en época lluviosa, es utilizada para el consumo humano y actividades domésticas. Una de las observaciones es que no le dan manejo adecuado. Extraen el agua con depósitos sucios y a la vez introducen parte de su cuerpo, esto da lugar a la contaminación del afluente.	
2	Unión del río Cacao y Madriz	cantón Nazaret, caserío El Cajón, Municipio de Huizucar	Latitud de 13°36'51.48" Longitud de - 89°16'16.68", y 722.6 msnm	Alrededor del afluente se encuentran viviendas, a 100 m esta la calle vecinal. Los cultivos predominantes son: café, cítricos, zapote, mango, maíz y frijol. La Vegetación más abundante la representa: helechos, chufles, bambú y una gran variedad de especies arbustivas.	
3	Nacimiento El Cacao (Talpetatera)	caserío El Cajón, cantón Nazaret Municipio de Huizucar	Latitud. 13°36'52.2" Longitud - 89°16'17.76" y 722.1 msnm.	El nacimiento se encuentra protegido con una caja de cemento y su respectiva tapadera, el manejo es dos veces por semana con cloro, sirve como abastecimiento para el consumo de los habitantes de la zona, se encuentran casas alrededor. A unos 50 metros arriba del nacimiento se encuentran cultivos de café, frutales (cítricos, zapotes, mangos), y granos básicos. La vegetación abundante: helechos, chufles, bambú, y una gran variedad de especies arbustivas.	









4	Río San Cayetano (Talpetatera).	caserío el Cajón, cantón Nazaret Municipio de Huizucar	Latitud de 13°36'47.16" Longitud de -89°16'18.12", y 712,7 msnm.	El sitio tiene acceso vehicular, alrededor del afluente se encuentran casas. Hay contaminación por aguas residuales, en la parte alta del afluente se encuentran los siguientes cultivos: maíz y frijol, la vegetación abundante es: guarumo, madre cacao, caoba, cedro, pepeto, pie de venado, caulote	
5	Río Aquiquisquillo Desvió cancha de golf	cantón Amaquilco, Municipio de Huizucar	Latitud de 13°35'44.88" Longitud de -89°16'10.2", y 713 msnm.	El sitio se encuentra a 5 m del área en construcción de las canchas de golf, las aguas del río son cafés ya que esto se debe a la sedimentación que arrojan al afluente, es muy rocoso. La vegetación que se encuentran son; bosque seco tropical (ceiba, laurel, bonete, madre cacao, pie de venado, jote, conacaste) y bosque de galería.	
6	Río Cuajapalos	cantón Amaquilco, Municipio de Huizucar	Latitud de 13°35'41.64" Longitud de -89°15'46.8", y 593 msnm.	Alrededor del afluente se encuentran viviendas, la calle principal intercepta al río, los cultivos que se encuentran alrededor son: café con árboles de sombra, mamón (abundante), mango, zunza, zapote, maíz, y frijol. Especies forestales: laurel, chaperno, tempisque, madre cacao.	
7	Río Aquiquisquillo entre San José Nueva y Huizucar	cantón El Escalón, entre el Municipio de Huizucar y San José Villa Nueva	Latitud de 13°34'37.92" Longitud de -89°15'45.72", y 521 SNM.	Lugar habitado con casas aledañas al sitio, los habitantes de los alrededores llegan a lavar ropa y a bañarse, es un sitio muy transitado por vehículos, personas y animales. Por encontrarse a solo 100 m del casco del municipio de San José Villa Nueva, solo se encuentra remanentes de bosque seco tropical, por el avance del urbanismo desordenado. A esto se le atribuye la contaminación del afluente por desechos sólidos y aguas servidas arrojadas por los habitantes.	

8	Río Aquiquisquillo (Presa La Hacienda)	canto Escalón caserío el Carmen Municipio de San José Villa Nueva	Latitud 13°34'27.84", Longitud de -89°15'28.08"y 508 msnm	El lugar es conocido como la presita, el agua es retenida, y por un canal es transportada a la planta de tratamiento, para luego ser distribuida al interior de la residencial de la Hacienda. Lugar rodeado de vegetación característica del bosque seco tropical (ceiba, madrecacao, laurel, jioté, pie de venado, quebracho), a 400 m al oeste se encuentra la calle vecinal, las familias de alrededores acuden a lavar ropa al afluente. Suelo (Talpetate) con pendiente inclinada y bien pronunciada en algunos sitios con presencia de piedra	
9	Quebrada El Chucho	cantón Escalón Municipio de San José Villa Nueva	Latitud 13°34'13.08", Longitud -89°16'16.68" y 498 msnm	Lugar transitado por habitantes de la comunidad Espíritu Santo, las aguas que fluyen en esta quebrada proviene de la planta de tratamiento de las aguas servidas del municipio de San José Villa Nueva. El Cultivo dominante es: el café con árboles de sombra nativos de la zona, y bosques en remanentes.	
10	Río Chichiguala	caserío el Espíritu Santo cantón el Escalón, Municipio de San José Villa Nueva	Latitud 13°33'37.08", Longitud -89°15'46.8" y 483 msnm	Alrededor se encuentra la comunidad del Cantón Escalón quienes hacen uso del agua, el río pasa dentro de la residencial la Hacienda, esto afecta mucho porque los desechos domiciliarios son depositados en el afluente y aumenta la contaminación. Los cultivos predominantes alrededor son: granos básicos y frutales dispersos (jocote, mango, coco y nance). Por ser zona urbana solo se encuentran remanentes del bosque seco tropical.	

11	Nacimiento Los Chorros	cantón San Juan Buena Vista, municipio de Huizucar	Latitud 13°33'56.16", Longitud - 89°14'38.4" y 468 msnm	El nacimiento está protegido por mampostería, tiene su propia tapadera con candado, el manejo es adecuado y se encuentra una persona todo el día para el cuidado del nacimiento. El agua de este nacimiento es bombeada para el Caserío el Palomar de San José Villa Nueva y el Municipio de Huizucar. El área de recarga es un antiguo potrero, los cultivos dominantes: Granos básicos, con especies arbóreas nativas dispersas en la parcela y cítricos.	
12	Río Muyuapa	cantón la Tula en Municipio de San José Villa Nueva	Latitud 13°33'56.16", Longitud - 89°16'45.84" y 464 msnm	El sitio se encuentra a 400 m del caserío más próximo, es una zona agrícola y la calle vecinal intercepta al río. Los cultivos dominantes son: Granos básicos, con especies arbóreas nativas dispersas en la parcela y frutales. El afluente presenta color cafésosa debido por la construcción de la cancha de Golf, es contaminado con agroquímicos, ya que los agricultores llegan a lavar sus bombas de mochila al afluente.	
13	Quebrada el Nacimiento	cantón la Tula en Municipio de San José Villa Nueva	Latitud 13°32'54.96", Longitud - 89°17'0.6" y 395 msnm	Alrededor del afluente se encuentraviviendas, a un costado esta la antigua hacienda Tula. Es contaminado por heces de los animales domésticos que pasan en la quebrada. Cultivos dominantes: Granos básicos, con especies arbóreas nativas dispersas en la parcela, frutales y remanente de bosque de galería.	
14	Río Aquiquisquillo (Poza Galindo)	caserío El Palomar en Municipio de San José Villa Nueva	Latitud 13°31'31.44", Longitud 89°14'53.52" y 213 msnm.	El sitio está retirado de la población, los senderos para llegar tienen pendientes muy pronunciadas, es muy rocoso. Se encuentra rodeado devegetación característica del bosque seco tropical (membre, ceiba, madrecaao, laurel, jiole, pie de venado), bosque de galería.	

15	Nacimiento (Nuevo Amanecer)	cantón San Juan Buena Vista del Municipio de Huizucar	Latitud. 13°30'33.12", Longitud - 89°14'26.88" y 189 msnm	El nacimiento no posee protección y el único manejo que se le da es el lavado con lejía cada mes, esta fuente de agua es permanente durante el año, el agua es utilizada para consumo humano y uso doméstico (Bañarse, lavado de ropa y trastes). Incluso en ella llegan a lavar mochilas asperjadoras con productos químicos (plaguicidas y fertilizantes), se abastecen de ese afluente una familia. La vegetación del lugar es Izacanal, pie de venado, chufle, memble, quina, jiole.	
16	Río Chanseñora	caserío El Palomar en Municipio de San José Villa Nueva	Latitud 13°30'54.36", Longitud - 89°15'25.56" y 154 msnm	Lugar rodeado de vegetación característica del bosque seco tropical (bonete, ceiba, madrecacao, laurel, jiole, pie de venado), bosque de galería. A 800 m al este y al oeste se encuentra el Parque Nacional Walter Thilo Deinger, en la parte alta del sitio se encuentran cultivos de granos básicos y frutales dispersos (jocote, mango, coco y nance), el río es contaminado por químicos, el afluente está rodeado por rocas.	
17	Río El Tacuazín	Municipio de San Juan Buena Vista	Latitud 13°29'55.68", Longitud - 89°14'30.12" y 104 msnm	El agua es retenida por una represa, se encuentra retirado de la población a unos 5 km, con pendientes muy pronunciadas. Vegetación predominante bosque seco tropical (Jiole, bonete, memble, madrecacao, irayol, pie de venado, caulote, tambor y otros), bosque de galería.	
18	Río el Tacuazín (Puerta del Sol)	cantón los Lotes del Municipio de la Libertad	Latitud 13°29'52.8", Longitud - 89°14'9.96" y 93 MSNM	El sitio se encuentra retirado de la población a 1.5 km y de cultivos a 1.0 km aproximadamente. Con pendientes bien pronunciadas. En la parte alta del afluente se encuentran potreros. Vegetación predominante bosque seco tropical y bosque de galería	

19	Río Aquiquisquillo (Bajo granja de pollo de engorde).	cantón los Lotes, Municipio de la Libertad	Latitud. 13°30'25.2", Longitud - 89°14'56.76" y 70 msnm.	El sitio se encuentra retirado de la población a 2 km, hay presencia de rocas y piedras. En la parte alta se encuentra un sistema silvopastoril con árboles nativos del lugar como el morro, caulote, pie de venado, conacaste, madre cacao y otros, la función de estos es dar sombra al ganado. 400 m antes de llegar al río existe una zona de amortiguamiento de bosque seco tropical, los árboles más encontrados fueron madre caco, peine de mico, ceiba, chila, pie de venado, quebracho, bonete.	
20	Poza El Pepeto (río Tacuazín).	cantón Melara, Municipio de la Libertad	Latitud. 13°29'30.84", Longitud - 89°14'8.16" y 43.1 msnm.	Esta retirado de la población, a 80 m se encuentra el relleno sanitario, es contaminado por heces de aves silvestres, vegetación predominante: bosque seco tropical (caoba, laurel, bonete, tambor, madre cacao, pie de venado, conacaste) y bosque de galería	
21	Río Aquiquisquillo sobre carretera Litoral	cantón Melara del Municipio de la Libertad	Latitud 13°28'50.52", Longitud - 89°14'43.08" y 24 msnm	El sitio se encuentra bajo el puente de la carretera litoral, es una zona muy transitada por el comercio, turismo y más. Es un sitio rodeado por vivienda dando la contaminación por el arrojado de desechos sólidos, aguas servidas, lavado ropa, el agua se encuentra con mucha sedimentación por la construcción de las canchas de Golf en la parte alta de la cuenca. La vegetación que se encuentra es bosque seco tropical, los cultivos predominantes en esta zona son: caña de azúcar, maíz, plátano, frutales (mango, jocote y cítricos).	

22	Bocana San Diego	cantón Melara del Municipio de la Libertad	Latitud 13°27'57.24", Longitud - 89°15'6.48"y 12 msnm	Este sitio es muy contaminado, ya que los habitantes hacen sus necesidades fisiológicas y los turistas arrojan la basura en los alrededores del manglar, cuando hay llenas todo eso se va para el mar, hay mucha tala de manglar por los habitantes.	
23	Unión del Río Aquiquisquillo - Amayo	cantón Melara del Municipio de La Libertad	Latitud 13°28'14.16", Longitud - 89°15'1.8" y 8.3 msnm	Comunidad aledaña al sitio es la 13 de enero. Predominan áreas para pastizales, con árboles dispersos; tigüilote, conacaste, mangollano y zorra, remanentes de Vegetación manglares y bosque de galería. El agua presenta mucho sedimento por la construcción de las canchas de Golf en la parte alta, es contaminado por heces de ganado y aves.	
24	Río Tacuazín (Amatal Los Tubos)	canto Toluca del Municipio de La Libertad	Lat. 13°27'38.16", Long - 89°14'16.8" y una altitud de 6.6 MSNM	Lugar transitado por habitantes y vehículos, Cultivos: coco, caña de azúcar, esta zona es parte del manglar. A unos 10 m se encuentra un vivero de plantas ornamentales, frutales y forestales.	

Cuadro A 2. Determinación de la calidad del agua usando el IBF-SV en la Cuenca Estero San Diego, La Libertad.

<b>Nacimiento el pozo</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Díptera: Chironomidae	10	8	80	7.272727273
Coleóptero: Dytiscidae	1	7	7	0.636363636
	11			7.909090909
Calidad de agua pobre				
<b>Unión del río Madriz y Cacao</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Libellulidae	3	7	21	0.13636364
: Coenagrionidae	3	9	27	0.17532468
: Gomphidae	15	7	105	0.68181818
Hemiptera: Gerridae	57	6	342	2.22077922
: Veliidae	4	5	20	0.12987013
: Naucoridae	1	6	6	0.03896104
Díptera: Chironomidae	9	8	72	0.46753247
: Ceratopogonidae	1	8	8	0.05194805
Ephemeroptera: Leptohyphidae	7	6	42	0.27272727
: Caenidae	48	7	336	2.18181818
: Baetidae	1	6	6	0.03896104
Acarina: Hidracarina	1	5	5	0.03246753
Coleóptera: Hydrophilidae	4	7	28	0.18181818
	154			6.61038961
Calidad del agua pobre				
<b>Nacimiento El Cacao</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Libellulidae	2	7	14	0.2
: Coenagrionidae	16	9	144	2.05714286
: Gomphidae	2	7	14	0.2
Hemiptera: Gerridae	1	6	6	0.08571429
: Veliidae	23	5	115	1.64285714
: Naucoridae	8	6	48	0.68571429
: Belostomatidae	1	7	7	0.1
Diptera: Chironomidae	1	8	8	0.11428571
Blattodea: Blaberidae	6	3	18	0.25714286
Coleoptera: Dytiscidae	1	7	7	0.1
Decapoda: Pseudothelphusidae	8	6	48	0.68571429
Oligochaeta	1	10	10	0.14285714

Total.	70			6.27142857
Calidad del agua Regular pobre				
<b>Río de San Cayetano (Talpetatera)</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Libellulidae	3	7	21	0.21428571
: Coenagrionidae	10	9	90	0.91836735
: Gomphidae	13	7	91	0.92857143
Hemiptera: Gerridae	11	6	66	0.67346939
: Veliidae	37	5	185	1.8877551
: Belostomatidae	2	7	14	0.14285714
Diptera: Chironomidae	7	8	56	0.57142857
Trichoptera: Hydropsychidae	8	5	40	0.40816327
Ephemeroptera: Leptohyphidae	3	6	18	0.18367347
Coleoptera: Dytiscidae	4	7	28	0.28571429
Total.	98			6.21428571
Calidad de agua regular pobre				
<b>Río Aquiquisquillo desvió a cancha de Golf</b>				
Grupo Taxonómico	Abundancia	Puntaje	abd * ptj	(abd * ptj)/total
Ephemeroptera: Baetidae	1	6	6	0.18181818
: Caenidae	2	7	14	0.42424242
Diptera: Chironomidae	2	8	16	0.48484848
Hemiptera: Veliidae	7	5	35	1.06060606
: Gerridae	20	6	120	3.63636364
Coleoptera: Scirtidae	1	6	6	0.18181818
Total	33			5.96969697
Calidad del agua pobre				
<b>Río Cuajapalos</b>				
Grupo Taxonómico	Abundancia	Puntaje	abd * ptj	(abd * ptj)/total
Hemiptera: Notonectidae	1	5	5	0.014836795
: Veliidae	2	5	10	0.029673591
: Guerridae	9	6	54	0.160237389
: Belostomidae	10	7	70	0.207715134
Coleoptera: Dytiscidae	1	7	7	0.020771513
: Elmidae	14	4	56	0.166172107
Odonata: Gomphidae	4	7	28	0.083086053
: Coenagrionidae	1	9	9	0.026706231
: Libellulidae	19	7	133	0.394658754
Diptera: Chironomidae	37	8	296	0.878338279
: Empididae (pupa)	2	6	12	0.035608309
: Ceratopogonidae	2	8	16	0.047477745



: Culicidae	3	10	30	0.089020772
Gastropodo: Physidae	2	9	18	0.053412463
:Thiaridae	12	9	108	0.320474777
Trichoptera: Hydropsychidae	23	5	115	0.341246291
: Philopotamidae	2	5	10	0.029673591
Ephemeroptera: Leptohyphidae	174	6	1044	3.097922849
: Baetidae	15	6	90	0.267062315
Megaloptera: Corydalidae	4	7	28	0.083086053
Total	337			6.347181009

La calidad del agua es regular pobre

### Río Aquiquisquillo desvió a San José Villa Nueva y Huizucar (puente)

Grupo Taxonómico	Abundancia	Puntaje	abd * ptj	(abd * ptj)/total
Odonata: Gomphidae	1	7	7	0.109375
Ephemeroptera: Leptohyphidae	6	6	36	0.5625
:Caenidae	4	7	28	0.4375
Diptera: Chironomidae	12	8	96	1.5
Hemiptera: Veliidae	27	5	135	2.109375
: Gerridae	6	6	36	0.5625
Coleóptera: Staphylilidae	1	6	6	0.09375
: Hydrophilidae	1	7	7	0.109375
Gastropoda: Thiaridae	1	4	4	0.0625
Oligochaeta	5	10	50	0.78125
Total	64			6.328125

Calidad de agua de regular pobre

### Río Aquiquisquillo (La Hacienda)

Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Libellulidae	5	7	35	0.74468085
: Coenagrionidae	9	9	81	1.72340426
: Gomphidae	1	7	7	0.14893617
Hemiptera: Gerridae	5	6	30	0.63829787
: Veliidae	9	5	45	0.95744681
Coleóptera: Staphylidae	2	6	12	0.25531915
: Elmidae	1	4	4	0.08510638
: Hydrophilidae	1	7	7	0.14893617
Gastropoda: Thiaridae	1	4	4	0.08510638
Ephemeroptera: Caenidae	1	7	7	0.14893617
: Baetidae	6	6	36	0.76595745
: Leptohyphidae	1	6	6	0.12765957
: Leptophlebiidae	5	5	25	0.53191489
Total	47			6.36170213

Calidad del agua Regular pobre				
Quebrada El Chucho				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Libellulidae	5	7	35	0.23648649
Díptera: Chironomidae	121	8	968	6.54054054
:Tabanidae	1	6	6	0.04054054
Hemiptera: Gerridae	2	6	12	0.08108108
Coleóptera: Dysticidae	4	7	28	0.18918919
: Hydrophilidae	14	7	98	0.66216216
Gastropoda: Thiaridae	1	4	4	0.02702703
Total.	148			7.77702703
Calidad del agua muy pobre				
Río Chichiguila				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Coenagrionidae	2	9	18	0.15789474
Gomphidae	1	7	7	0.06140351
Hemiptera: Gerridae	4	6	24	0.21052632
Veliidae	25	5	125	1.09649123
Belostomatidae	25	7	175	1.53508772
Díptera: Chironomidae	30	8	240	2.10526316
Trichoptera: Hydropsychidae	2	5	10	0.0877193
Ephemeroptera: Caenidae	3	7	21	0.18421053
Coleóptera: Scirtidae	1	6	6	0.05263158
Hydrophilidae	8	7	56	0.49122807
Gastropodo: Hydrobiidae	1	4	4	0.03508772
Physidae	6	9	54	0.47368421
Glossiphonidae	3	7	21	0.18421053
Bivalvia: Sphaeniidae	2	4	8	0.07017544
Lepidóptera: Pyralidae.	1	5	5	0.04385965
Total.	114			6.78947368
Calidad de agua pobre				
Nacimiento Los Chorros				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Decápoda: Pseudothelphusidae	5	6	30	0.6
Díptera: Stratiomyidae	9	6	54	1.08
: Tipulidae	1	5	5	0.1
Hemiptera: Naucoridae	21	6	126	2.52
Coleóptera: Scirtidae	2	6	12	0.24
: Staphynidae	2	6	12	0.24
: Hydrophilidae	10	7	70	1.4
Total	50			6.18

Calidad de agua regular pobre				
Río Muyuapa				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Libellulidae	22	7	154	1.22222222
Diptera: Chironomidae	13	8	104	0.82539683
: Stratiomyidae	2	6	12	0.0952381
Hemiptera: Belostomatidae	2	7	14	0.11111111
Coleóptera: Dytiscidae	1	7	7	0.05555556
: Scirtidae	3	6	18	0.14285714
: Hydrophilidae	5	7	35	0.27777778
Gastropoda: Physidae	1	9	9	0.07142857
Glossiphonidae	77	7	539	4.27777778
Total.	126			7.07936508
Calidad de agua pobre				
Quebrada el Nacimiento (Tula)				
Grupo Taxonómico	Abundancia	Puntaje	abd * ptj	(abd * ptj)/total
Hemiptera: Veliidae	2	5	10	0.10526316
: Guerridae	3	6	18	0.18947368
: Belostomidae	4	7	28	0.29473684
Coleóptera: Staphylidae	2	6	12	0.12631579
: Hydrophilidae	3	7	21	0.22105263
Odonata: Coenagrionidae	1	9	9	0.09473684
: Libellulidae	5	7	35	0.36842105
Díptera: Chironomidae	23	8	184	1.93684211
: Tipulidae	1	5	5	0.05263158
Gastropodo: Physidae	1	9	9	0.09473684
Trichoptera: Hydropsychidae	1	5	5	0.05263158
Ephemeroptera: Leptohyphidae	6	6	36	0.37894737
: Caenidae	37	7	259	2.72631579
: Baetidae	1	6	6	0.06315789
Oligochaeta	5	10	50	0.52631579
Total	95			7.23157895
Calidad del agua pobre				
Poza Galindo.				
Grupo Taxonómico	Abundancia	Puntaje	abd * ptj	(abd * ptj)/total
Lepidóptera: Pyralidae	1	5	5	0.008090615
Hemiptera: Veliidae	8	5	40	0.064724919
: Naucoridae	1	6	6	0.009708738
: Guerridae	3	6	18	0.029126214
Coleóptera: Staphylinidae	1	6	6	0.009708738

: Elmidae	54	4	216	0.349514563
Odonata: Libellulidae	23	7	161	0.260517799
: Coenagrionidae	2	9	18	0.029126214
: Calopterygidae	1	7	7	0.011326861
Díptera: Tabanidae	1	6	6	0.009708738
: Stratiomyidae	1	6	6	0.009708738
: Culicidae	2	10	20	0.03236246
Gastropodo: Physidae	25	9	225	0.36407767
: Thiaridae	495	9	4455	7.208737864
Total	618			8.396440129

Calidad de agua muy pobre

**Nacimiento Nuevo Amanecer**

Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Libellulidae	3	7	21	0.7
: Coenagrionidae	1	9	9	0.3
Díptera: Chironomidae	1	8	8	0.266666667
Coleóptera: Dytiscidae	2	7	14	0.466666667
: Hydrophilidae	11	7	77	2.566666667
Ephemeroptera: Leptophlebiidae	2	5	10	0.333333333
Gastrópodos: Physidae	6	9	54	1.8
Trichoptera: Helicopsychidae	3	5	15	0.5
Oligochaeta	1	10	10	0.333333333
Total	30			7.266666667

Calidad de agua pobre

**Río Chanseñora**

Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Libellulidae	13	7	91	0.20681818
: Coenagrionidae	10	9	90	0.20454545
: Gomphidae	1	7	7	0.01590909
Hemiptera: Gerridae	24	6	144	0.32727273
: Veliidae	12	5	60	0.13636364
: Belostomatidae	4	7	28	0.06363636
: Nepidae	5	5	25	0.05681818
Díptera: Chironomidae	2	8	16	0.03636364
Coleóptera: Scirtidae	10	6	60	0.13636364
: Staphylinidae	1	6	6	0.01363636
: Hydrophilidae	2	7	14	0.03181818
: Gyrinidae	1	3	3	0.00681818
Ephemeroptera: Calopterygidae	1	7	7	0.01590909
: Caenidae	11	7	77	0.175

Gastrópodos: Physidae	4	9	36	0.08181818
: Thiaridae	336	4	1344	3.05454545
Bivalvia: Spaeniidae	1	4	4	0.00909091
Megaloptera: Corydalidae	2	7	14	0.03181818
Total.	440			4.60454545
Calidad de agua Buena				
<b>Río tacuazín</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Paloemonidae	12	5	60	1.81818182
hemípteras: Gerridae	1	9	9	0.27272727
: Notonectidae	6	5	30	0.90909091
Coleóptera: Dytiscidae	1	7	7	0.21212121
: Scirtidae	3	6	18	0.54545455
Ephemeroptera: Baetidae	1	6	6	0.18181818
Odonata: Libellulidae	2	7	14	0.42424242
Gastropoda: Physidae	7	9	63	1.90909091
Total	33			6.27272727
Calidad de agua regular				
<b>Puerta del Sol (Río Tacuazín)</b>				
Grupo Taxonómico	Abundancia	Puntaje	abd * ptj	(abd * ptj)/total
Hemiptera: Gerridae	3	6	18	1.28571429
: Veliidae	5	5	25	1.78571429
Ephemeroptera: Baetidae	1	6	6	0.42857143
Paloemonidae	5	5	25	1.78571429
Total	14			5.28571429
Calidad de agua regular				
<b>Río Aquiquisquillo Los Lotes</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Amphipoda: Paloemonidae	5	5	25	0.25252525
Hemiptera: Gerridae	7	6	42	0.42424242
: Veliidae	16	5	80	0.80808081
: Mesoveliidae	1	5	5	0.05050505
Megaloptera: Corydalidae	8	7	56	0.56565657
Odonata: Gomphidae	2	7	14	0.14141414
Gastropoda: Thyaridae	60	4	240	2.42424242
Total	99			4.66666667
Calidad de Agua regular pobre				
<b>Río Tacuazín (Poza El Pepeto)</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Odonata: Coenagrionidae	2	9	18	0.46153846
Trichoptera: Philopotamidae	2	5	10	0.25641026

Díptera: Chironomidae	3	8	24	0.61538462
Ephemeroptera: Leptohiphidae	2	6	12	0.30769231
Hemiptera: Gerridae	20	6	120	3.07692308
Coleóptera: Scirtidae	10	6	60	1.53846154
Total	39			6.25641026
Calidad del agua regular				
<b>Río Aquiquisquillo (Puente sobre Litoral)</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Hemiptera: Gerridae	100	6	600	3.15789474
: Veliidae	15	5	75	0.39473684
Díptera: Chironomidae	35	8	280	1.47368421
Gastropoda: Thiaridae	10	4	40	0.21052632
Amphipoda: Paloemonidae	15	5	75	0.39473684
Ephemeroptera: Leptohiphidae	15	6	90	0.47368421
Total	190			6.10526316
Cálida de agua regular pobre				
<b>Bocana San Diego</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Amphipoda: Paloemonidae	25	5	125	1.136363636
Hemiptera: Gerridae	85	6	510	4.636363636
Total	110			5.772727273
Calidad de agua regular pobre				
<b>Unión del río Aquiquisquillo-Amayo.</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Amphipoda: Paloemonidae	35	5	175	2.1875
Gastropoda: Hydrobiidae	7	4	28	0.35
Hemiptera: Gerridae	38	7	266	3.325
Total	80			5.8625
Calidad de agua regular pobre				
<b>Amatal Los Tubos (Río Tacuazín)</b>				
Grupo taxonómico	Abundancia	Puntaje	Ab*Ptj	(Abd*ptj)/Total
Paloemonidae	78	5	390	4.19354839
Hemiptera: Gerridae	14	6	84	0.90322581
Ampullariidae	1	4	4	0.04301075
Total	93			5.13978495
Calidad de agua regular				

Cuadro A 3. Resultados de los análisis Físico-químicos y microbiológico en la Cuenca Estero San Diego la Libertad.

CODIGO	pH	Tambiente	OD	OD	STD	DBO	Fofatos (PO4)	Nitratos (NO3)	Turbidez	Coliformes	ICA Multiplicativo	Clasificacion multiplicativa
	uni. de pH	oC	mg / L	%saturacion	mg/ L	mg/L	mg/L	mg/L	FAU	Fecales		
Nacimiento el pozo	6.49		2.36	28.5	89.8	0.12	3.3	26.6	18	23	47.58	MALA
Unión del río Cacao y Madriz	7.7	30	3.8	44.9	80.9	6.42	15.3	25.4	100	170	34.61	MALA
Nacimiento el Cacao	6.7	30	3.45	40.5	93.5	3	7.7	18.7	1	4	48.76	MALA
Quebrada San Cayetano	7.7	31	5	60.1	96.4	0.93	19.7	17.4	3	1600	42.11	MALA
Río Aquiquisquillo desvió a Cancha de Golf	7.8	30	4.57	58.4	79.2	1.56	3.4	13.1	8	500	55.3	REGULAR
Río Cuajapalos	7.7	29	5.08	60	69.1	2.12	0.8	10.7	16	900	57.78	REGULAR
Río Aquiquisquillo entre San Jose Villa Nueva y Huizucar	8.1	29	3.83	46.2	95.5	5.52	4.7	13	93	1600	40.21	MALA
Río aquiquisquillo (presa la Hacienda)	6.7	30	3.45	40.5	93.5	3	7.7	18.7	1	4	48.76	MALA
Quebrada El Chucho	7.7	29	1.9	23.4	470	2.4	14.1	14.5	7	1600	30.21	MALA
Río Chichiguila	7.05	27	4.55	58.6	43.8	3.86	1.2	16.4	79	1600	48.42	MALA
Nacimiento los chorros	7.4	27	4.47	55.2	100	5.43	1.6	16.9	1	17	61.52	REGULAR
Río Muyuapa	8.2	28	4.08	50.5	223	0.57	3.6	13	62	1600	45.66	MALA
Quebrada El Naciminto	7.9	27	2.94	36.2	115	68.4	2.6	16	8	1600	34.55	MALA
Río Aquiquisquillo (Poza Galindo)	8.7	30	4.95	61.3	98.4	3.06	20.3	13.9	14	900	39.28	MALA
Nacimiento Nvo Amanecer	6.68		3.78	45	58.8	5.52	1.3	15.2	16	13	56.95	REGULAR
Río Chanseñora	7.16	27	4.79	61.9	68.5	4.25	0.8	14.4	6	70	63.82	REGULAR
Río el Tacuazin (Puerta del Sol)	8.3	29	3.67	44.7	69.8	4.74	2.1	11.6	103	130	42.2	MALA
Río Aquiquisquillo (bajo granja de pollo)	8.1	28	3.7	45.81	96.7	7.56	1.7	11.3	216	1600	37.92	MALA
Poza el Pepeto (río Tacuazin)	7.2	28	2.13	25.4	78.7	3.24	1	10.8	18	500	46.49	MALA
Río Aquiquisquillo sobre carretera litoral	7.9	31	3.04	37.5	81	9.9	4.6	20.4	283	1600	32.09	MALA
Bocana San Diego	7.2	28	2.96	36.5	235	3.36	4.8	9.1	8	1600	42.95	MALA
Unión del río Aquisquillo - amayo	7.5	30	3.19	38.8	488	11.28	1.1	11.1	120	1600	33.72	MALA
Río Tacuazin (Amatal los Tubos)	8.1	28	3.7	45.81	95.7	7.56	1.7	11.3	216	1600	37.92	MALA