

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**



TRABAJO DE GRADO:

**“USO DE INSECTOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES PARA
DETERMINAR LA CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO HIDRÍCO DE LA
MICROCUCENCA DEL RÍO TEPECHAPA, DURANTE EL AÑO 2014”**

**PRESENTADO POR:
AGUILAR MANCÍA, WILLIAM GIOVANNI
PORTILLO GUEVARA, KARLA ISAMAR
SORTO AVILÉS, JOSÉ GUSTAVO**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO/A EN BIOLOGÍA**

**DOCENTE DIRECTOR:
LIC. DAVID ROSALES ARÉVALO**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO
LIC. OSCAR ARMANDO GUERRA ASCENCIO**

OCTUBRE 2014

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**



TRABAJO DE GRADO:

**“USO DE INSECTOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES PARA
DETERMINAR LA CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO HIDRÍCO DE LA
MICROCUCENCA DEL RÍO TEPECHAPA, DURANTE EL AÑO 2014”**

**PRESENTADO POR:
AGUILAR MANCÍA, WILLIAM GIOVANNI
PORTILLO GUEVARA, KARLA ISAMAR
SORTO AVILÉS, JOSÉ GUSTAVO**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO/A EN BIOLOGÍA**

**DOCENTE DIRECTOR:
LIC. DAVID ROSALES ARÉVALO**

**ASESOR EXTERNO
LIC. WALTER WENCESLAO CHACON GARCÍA**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO
LIC. OSCAR ARMANDO GUERRA ASCENCIO**

OCTUBRE 2014

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

**“USO DE INSECTOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES PARA
DETERMINAR LA CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO HIDRÍCO DE LA
MICROCUCUENCA DEL RÍO TEPECHAPA, DURANTE EL AÑO 2014”**

**PRESENTADO POR:
AGUILAR MANCÍA, WILLIAM GIOVANNI
PORTILLO GUEVARA, KARLA ISAMAR
SORTO AVILÉS, JOSÉ GUSTAVO**

PARA OPTAR AL GRADO DE: LICENCIADO/A EN BIOLOGÍA

F. _____
**Lic. Raúl Ernesto Azcúnaga López
DECANO**

F. _____
**Lic. Oscar Armando Guerra Ascencio
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA Y COORDINADOR DE
TRABAJOS DE GRADO**

F. _____
Lic. David Rosales Arévalo ASESOR

JURADO

F. _____
Ing. Rafael Alberto Magaña PRESIDENTE

F. _____
Msc. José Santos Ortez Segovia SECRETARIO

F. _____
Lic. David Rosales Arévalo VOCAL

OCTUBRE 2014

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



RECTOR:
INGENIERO MARIO ROBERTO NIETO LOVO

VICE-RECTORA ACADEMICA:
MASTER ANA MARIA GLOWER DE ALVARADO

SECRETARIA GENERAL:
DOCTORA ANA LETICA ZAVALA DE AMAYA

FISCAL GENERAL:
LICENCIADO FRANCISCO CRUZ LETONA

OCTUBRE 2014

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE
OCCIDENTE



DECANO:
MASTER RAUL ERNESTO AZCUNAGA LOPEZ

VICE-DECANO
INGENIERO WILLIAM VIRGILIO ZAMORA GIRON

SECRETARIO DE FACULTAD:
LICDO. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA:
LICDO. OSCAR ARMANDO GUERRA ASCENCIO

OCTUBRE 2014

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

DEDICATORIAS

William Giovanni Aguilar Mancía

A mi madre Gloria Audelia Mancía por ser la que me ha dado el apoyo incondicional durante todo mi estudio, confiando en mí en cada una de las cosas que hago, así mismo por su gran sacrificio que ha realizado trabajando durante todo el tiempo que yo he necesitado de ella enseñándome que el trabajo es lo más gratificante. Por aconsejarme y darme la educación necesaria para que cada día yo pueda ser una mejor persona, también porque ha sido el motivo principal para que yo haya terminado mi carrera, siendo este triunfo principalmente por y para ella así mismo no hay palabras en este mundo para expresarle la felicidad que ella me da.

A mi novia Karla Isamar Portillo Guevara por darme su amor y cariño, estar a mi lado cuando lo necesito y confiar de manera incondicional en lo que hago así también por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles, por ser mi compañera de estudio y por complementar mis deficiencias con su inteligencia, ayudarme a superarme cada día y confiar en que al trabajar juntos podemos hacer bien las cosas y además de ser mi novia es mejor amiga.

A mi hermano Santiago Aguilar Mancía por darme su apoyo en mi estudio, creer en que puedo hacer las cosas y confiar en lo que hago, de manera incondicional y por estar pendiente en lo que me sucede y así saber que tengo un respaldo en cualquier situación de mi vida.

A mi Abuela Cándida Luz Aguilar por estar a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida al lado de mi madre, por darme todo el apoyo que necesite y solventar las necesidades.

A mi padre Santiago Aguilar Zeceña por enseñarme a utilizar herramientas que me servirán para la vida y demostrarme que no hay impedimentos para poder terminar lo que se comienza. A mi Abuelo **Angel de Jesus Zeceña** al cual Dios lo tenga en su gloria, por enseñarme que el trabajo dignifica y que se trabaja para poder cubrir todas las actividades de la vida, así mostrarme que uno no debe de ser una carga para nadie, ser junto a mi madre mi mayor inspiración para ser una persona correcta.

A mi suegra Marta Alicia Guevara por depositar su confianza en mí y creer que lo que hago es correcto, así también darme su apoyo y ser como una amiga, aconsejarme y defender lo que hago en los momentos necesarios.

DEDICATORIAS

Karla Isamar Portillo Guevara

A Dios todopoderoso Primeramente por darme la vida cada día, por nunca desampararme y darme fuerzas en los momentos difíciles que se presentaron durante este proceso, además de haber colocado a personas muy buenas en mi camino, que hicieron posible la finalización de esta tesis y por ser tan maravilloso librándome de todo mal en todo momento.

A mi madre Marta Alicia Guevara La persona más importante en mi vida, por quién luchó cada día para superarnos y salir adelante, por su paciencia, comprensión y apoyo en todos mis proyectos, por sus sacrificios y estar siempre pendiente de mí durante toda la carrera, por su incondicional amor.

A mi padre Julio Portillo Ortiz Por su amor y apoyo incondicional, por creer en mí y respetar mis decisiones teniendo confianza en mí superación.

A mis hermanos Norma Elizabeth Portillo de Linares, Elvis Edgardo Portillo Guevara y Diego Arístidez Portillo Guevara Por su cariño, por su confianza, apoyo y consejos para seguir adelante.

A mi novio y compañero de tesis William Giovanni Aguilar Mancía Por estar a mi lado en los momentos felices y difíciles durante toda la carrera y tesis, por compartir conmigo esta experiencia, por su amor y apoyo incondicional, por ser un motivo más para seguir adelante.

A mi suegra Gloria Audelía Mancía Por estar siempre pendiente de mí, en todo mis problemas, por todo el apoyo y el sacrificio durante toda la carrera y proceso de tesis, por sus consejos, cariño y confianza.

A todas las personas que confiaron en mí, Familia, amigos y vecinos, por sus consejos y por su apoyo.

DEDICATORIA

José Gustavo Sorto Aviles

A Dios todo poderoso.

Por darme vida y fortaleza en los momentos difíciles a lo largo de mi carrera.

A mi madre Melida Isabel Avilés.

Por ser la persona más importante en mi vida tanto como el pilar de apoyo incondicional desde el inicio de mis días.

A mis hermanas Liliana Beatris Avilés y Rocío Carolina Avilés.

Por su apoyo, y motivación y lecciones que con humildad me han compartido.

A mis tíos Julián Elías Avilés y Ana Elizabeth Ortiz de Aviles.

Por su enorme apoyo, confianza, cariño y creer en mí en el transcurso de mi formación profesional.

Licda. Roxana MaríaZetino Linares

Por ser la persona a quien amo, su enorme apoyo, consejos y su gran amor.

Licda.Rosa Maria Estrada

Por su amistad incondicional y su aporte en la identificación de organismos acuáticos.

AGRADECIMIENTOS

ADIOS todo poderoso por habernos dada la gracia de la vida, permitiéndonos concluir la carrera universitaria, darnos la oportunidad de forjarnos en la vida para darles una de las más grandes alegrías a nuestras madres que con mucho sacrificio nos han criado de la mejor manera y cumplir sus propósitos que es vernos como profesionales y ser gente de bien, para que en nuestra vida nos podamos ganar nuestro pan de cada día honradamente, gracias Dios por darnos la sabiduría la inteligencia así como su protección y su bendición que nos permitió culminar nuestros estudios.

A nuestro docente asesor Lic. David Rosales Arévalo por compartir sus conocimientos, demostrarnos que es una persona correcta y guiarnos por el mejor camino, defender nuestro trabajo, por proporcionarnos materiales e instrumentos de apoyo por la revisión de los documentos, por su paciencia y creer en nosotros, así mismo le agradecemos a todos los profesores que durante todos nuestros estudios nos han dado conocimiento de una manera u otro a lo largo de nuestros estudios.

Lic. Alexander Alfredo Zaldaña por apoyo en la carrera en los momentos que más necesitamos, por ser un consejero y gran amigo, por su confianza, orientación, creer en nosotros y recomendarnos con la confianza de que no lo defraudaríamos.

Lic. Walter Wenceslao Chacón García por su apoyo en la gestión y logística de nuestro trabajo de grado, por proporcionarnos material y equipo de apoyo, realizar las visitas al territorio, así mismo por creer en nosotros y mostrarnos cómo se desarrollan los procesos en la vida laboral, también le agradecemos a su esposa **Licda. Lorena de Chacón** quién con gusto nos ha dado apoyo y nos han permitido ser sus amigos.

Lic. Virginia de Espadero por ser un pilar fundamental dentro de la universidad, por creer en nosotros y preocuparse para dar el apoyo a nosotros y a nuestras madres.

A Edith Noemí de Zamora por el apoyo, consejos y motivarnos además de facilitarnos todos los instrumentos de laboratorio para el desarrollo de las actividades en nuestra investigación.

A todos los docentes del departamento de biología por habernos proporcionado sus conocimientos en el transcurso de nuestra carrera, por sus aportes en nuestra formación profesional, por brindarnos herramientas que nos servirán para toda la vida.

Marvin conocido por nosotros como Minimix por su apoyo incondicional durante toda la carrera, tanto con la impresión y fotocopias de documentos, así como compartir sus conocimientos y experiencias.

INDICE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS

1. RESUMEN	XIV
2. INTRODUCCIÓN	15
3. MARCO TEORICO.....	16
3.1. Antecedentes	16
3.2. Algunos estudios recientes sobre insectos acuáticos realizados en El Salvador. ...	18
3.3. Ecosistemas acuáticos	18
3.3.1. Hábitat de los insectos acuáticos indicadores de calidad del agua	19
3.4. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua.....	21
3.5. Determinación de la calidad del agua utilizando el IBF	22
3.6. Asignación de puntajes para aplicar el Índice Biológico.	23
3.7. Procedimiento para calcular el Índice Biótico de Familias	26
3.8. Evaluación visual de ríos y quebradas “SVAP”	27
4. DISEÑO METODOLOGICO.....	29
4.1 Tipo de investigación	29
4.2. Descripción del área de estudio.....	29
4.2.1. Dimensiones de la Microcuenca	29
4.2.2. Ubicación geográfica	30
4.2.3. Ubicación geopolítica	30
4.2.4 Red hídrica.....	31
4.2.5 Fisiografía y Relieve.....	32

4.2.6 Pendientes	32
4.2.7 Climatología.....	33
4.2.8 Las zonas de vida.....	33
4.2.9 Precipitación Pluvial	34
4.2.10 Temperatura	34
4.2.11 Orografía.....	34
4.2.12 Suelos (pedología)	35
4.3 Universo, población y muestra	35
4. 4. Características de los puntos de muestreos	35
4.4.1. Identificación de los puntos de muestreos	35
4.4.2. Criterios para seleccionar y ubicar los puntos de muestreos	36
4.4.3. Descripción de los puntos seleccionados.....	36
4.5. Fase de recolección de datos.	38
4.5.1. Recopilación bibliográfica de información referente al tema.....	38
4.5.2. Preparación de material a utilizar en campo	38
4.5.3. Características biofísicas.....	39
4.5.4. Parámetros y procedimiento a seguir para el protocolo SVAP.....	39
4.5.5. Características físico-químicas	41
4.5.6. Muestreos y captura de insectos acuáticos	42
4.5.7. Aspectos a considerar previo a la aplicación de los métodos de captura...42	
4.5.8. Captura de insectos acuáticos mediante el método de la red D.	43
4.5.9. Captura de insectos mediante el método del colador plástico.....	44
4.5.10. Traslado de muestras al laboratorio.	44

4.5.11. Obtención de datos de Laboratorio.....	44
4.5.12. Descripción de las etapas de trabajo en el laboratorio.	44
4.5.13. Limpieza de muestras.....	45
4.5.14. Identificación de los organismos por órdenes.	46
4.5.15. Identificación de los organismos por familias.	46
4.6. Procesamiento y tabulación de datos.....	47
4.6.1. Procesamiento y tabulación de datos bio-físicos, según el protocolo SVAP.	47
4.6.2. Procesamiento y tabulación de datos obtenidos en el (IBF-SV 2010).	47
4.7. Análisis de los datos.	48
5. RESULTADOS.....	49
6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	54
7. CONCLUSIONES.	57
8. RECOMENDACIONES.....	58
9. LITERATURA CONSULTADA	59
10. ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS

Figura	Pág.
1. Tolerancia relativa a contaminación orgánica de algunos grupos clave de Macroinvertebrados acuáticos.....	22
2. Ubicación geográfica.....	30
3. Ubicación de los puntos y su clasificación por color.....	51
Gráfico	
1: Valores mostrados para cada punto con el método SVAP.....	52
2: Valores comparativos de temperatura ambiente y del agua.....	53
3. Valores de pH para cada punto de muestreo.....	53
Tabla	
1. Grupos de Macroinvertebrados y sus características ambientales.....	19
2. Puntajes o grados de sensibilidad de los invertebrados acuáticos.....	23
3. Índice Biológico o Biótico a nivel de Familias (IBF) (Hilsenhoff, 1988).....	26
4. Parámetros evaluados por el índice SVAP.....	28
5: Resultado obtenido para el punto 1.....	49
6: Resultado obtenido para el punto 2.....	49
7: Resultado obtenido para el punto 3.....	49
8: Resultado obtenido para el punto 4.....	50
9. Resultados obtenidos en base a los Valores IBF-SV-2010.....	51
10. Valores mostrados para cada punto muestreado según el SVAP.....	52

1. RESUMEN

La investigación se realizó para determinar el estado actual del recurso hídrico de la Microcuenca del Río Tepechapa, ubicado entre las coordenadas geográficas 13°44'22.68" N, 88°59'14.33" O, pertenece a la Subcuenca del RíoQuezalapa y a la cuenca alta del Río Lempa, se caracterizó cada punto de muestreo mediante la utilización de insectos acuáticos y el IBF-SV-2010, realizada la fase de campo durante la época seca-lluviosa, del 2014.

El trabajo se desarrolló en tres etapas: a) la de recopilación de información referente al tema, b) en campo con visitas a la microcuenca como un previo reconocimiento del área de estudio realizando la colecta de especímenes, utilizando el método de la red "D" y colador y toma de parámetros fisicoquímicos en cada uno de los puntos de muestreo, c) del laboratorio, se procedió a identificar los individuos encontrados mediante la utilización de claves taxonómicas, se elaboraron tablas, con la información obtenida en cada punto, para el análisis, se contrastaron factores biofísicos, con información obtenida a partir de los índices SVAP, IBF-SV 2010 e índices ecológicos de diversidad.

Se encontraron ocho órdenes y veinticuatro familias, registradas como identificadores de calidad de agua, dos órdenes y dos familias que no tienen su nivel de tolerancia clasificado para usarlos en el IBF-SV 2010, además se encontraron 5 individuos del orden Odonata familia Corduliidae, indicadores de excelente calidad de agua.

La caracterización del recurso agua de cada uno de los puntos fue de la siguiente manera: el punto 1, la calidad del agua fue regular pobre y contaminación sustancial probable; el punto 2, de calidad del agua muy pobre y contaminación orgánica severa probable; el punto 3, de calidad del agua regular y contaminación orgánica bastante sustancial probable; y el punto 4, de calidad del agua regular y contaminación orgánica bastante sustancial es probable.

2. INTRODUCCIÓN

Las aguas superficiales constituyen un elemento esencial para la vida del ser humano y de todas las formas de vida que se desarrollan y que dependen de ésta; sin embargo la disponibilidad de agua de calidad cada vez es menor, en las últimas décadas la población han crecido de manera exacerbada, generando así gran cantidad de todo tipo de desechos que tienen como destino final los ríos, lo cual genera efectos adversos sobre la salud de las personas, la vida animal, vegetal, entre otros.

Conocer la calidad del agua es muy importante y necesario, tradicionalmente se ha determinado mediante análisis físico-químicos; pero en la actualidad el uso de Macroinvertebrados está convirtiéndose en una útil alternativa, nuestro país no es la excepción en cuanto a su uso, ya que a partir del 2010 se cuenta con un protocolo de muestreo estandarizado para la evaluación y clasificación de la calidad ambiental de las aguas.

Los insectos acuáticos permiten determinar la calidad ambiental del agua a través del tiempo debido a que su periodo de vida es suficientemente largo para mostrar cómo son afectados por la presencia de agentes contaminantes, reflejan las condiciones a las cuales han sido expuestos, resultan económicos en comparación a los análisis físico-químicos y bacteriológicos que únicamente reflejan la calidad del agua en el momento en el que se toma la muestra.

El objetivo de la investigación fue determinar la calidad ambiental del agua del Río Tepechapa, mediante el uso de insectos acuáticos como bioindicadores, para lo cual se ejecutaron acciones como: la recolección de insectos a través de la implementación del muestreo multi-hábitat de macroinvertebrados acuáticos, la identificación de insectos representativos indicadores de la calidad del agua y la clasificación taxonómica de los organismos a nivel de familia para la posterior aplicación de (IBF-SV-2010), y el protocolo SVAP.

3. MARCO TEORICO

3.1. Antecedentes

El uso de Macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa, en los países latinoamericanos su utilización es reciente y al momento ha sido muy poco desarrollada en la mayoría de los países centroamericanos, ha sido más aplicado en países como Costa Rica y Panamá. (SciElo, s.a.).

En el caso de nuestro país su uso fue adaptado en el 2010 mediante un estudio realizado por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y financiado por el fondo FEMCIDI¹ de la OEA² del cual surgió como producto IBF-SV-2010³, que tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición propuestos por Hilsenhoff. (Hilsenhoff, 1988, *cit. Por.*, Sermeño Chicas *et. al.*, 2010).

Sermeño Chicas *et. al.*, (2010:15), exponen que entre los objetivos de desarrollo de El Salvador está la Gestión del Medio Ambiente, lo cual se encuentra estipulado en la Ley del Medio Ambiente, Capítulo I, referente a aguas y los ecosistemas acuáticos. En años anteriores al 2010, el MARN⁴ no contaba con protocolos de muestreo estandarizados para la evaluación y clasificación de la calidad de las aguas de los ríos de El Salvador utilizando invertebrados acuáticos, lo cual constituía una problemática nacional por lo cual la Universidad de El Salvador desarrolló un proyecto con el cual se desarrollaron dichos protocolos.

Sermeño Chicas *et. al.*, (2010:22), manifiestan que los productos del proyecto de investigación científica son innovadores con resultados que aportan conocimiento muy

1 FEMCIDI: Fondo Especial Multilateral del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral

2 OEA: Organización de los Estados Americanos

3 IBF-SV-2010: Índice Biológico de Familias modificado para El Salvador en 2010

4 MARN: Ministerio de medio ambiente y Recursos Naturales

necesario para que el país pueda abocarse de una forma apropiada y poco costosa a la evaluación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, para ayudar a los tomadores de decisiones a definir políticas acertadas de descontaminación o mitigación del problema de las aguas a nivel nacional y regional.

Sermeño Chicas *et. al.*, (2010: 22), explican que el uso de Macroinvertebrados es muy útil e importante; sin embargo hasta la fecha el único país en Centroamérica que establece el uso de bioindicadores acuáticos por ley es Costa Rica, su uso también se ha implementado en los estudios de impacto ambiental en varios países de Centroamérica, como lo son Panamá, Costa Rica y Guatemala. En Costa Rica, el estudio de la fauna acuática y en muchos casos también el biomonitoreo es requerido en todos los proyectos que afectan directa o indirectamente a los recursos hídricos.

Cairns&Pratt(1993) *cit. Por.*,Sermeño Chicas, *et. al.*, (2010: 45), manifiestan 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.

El grado de deterioro de las zonas de recarga de las cuencas hidrográficas de la región centroamericana es muy notorio y deplorable, así también la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, el alto grado de erosión de los suelos, la compactación y la deforestación, sobre todo en zonas de pendientes muy inclinadas. Esta situación está siendo causada por la intervención del hombre para desarrollar actividades agrícolas, extracción de leña y de construcción de viviendas, en sitios no apropiados esto abona a que aunque la cantidad de agua es constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente. (Faustino, 1997 *cit. Por.*, CATIE & MARN 2014).

Con el aumento de la población va implícito la cantidad de desechos generados, en el que los vertederos de basura son focos posibles de contaminación, al arrastrar la lluvia en forma superficial o filtrando sea a través del suelo, ciertos elementos solubles que se

incorporan a los recursos de agua existentes y aun en mayor grado si entran directamente en contacto con aguas superficiales o subterráneas (Arce Moncada & Leiva Calderón, 2009, *cit. Por.*, Estrada, 2011: 21).

3.2. Algunos estudios recientes sobre insectos acuáticos realizados en El Salvador.

MARN (2010: 3), manifiesta que las aguas superficiales del país muestran la presencia de altas concentraciones de contaminantes procedentes de fuentes puntuales y no puntuales de contaminación los cuales reducen la capacidad de autodepuración de nuestros ríos; lo anterior, rompe el equilibrio de los sistemas y da lugar a la degradación de la calidad de las aguas superficiales limitando sus usos posteriores.

Desde el año 2006, el MARN realiza monitoreo permanente de la calidad y cantidad de agua, mediante la recolección de muestras y análisis de parámetros de calidad de agua en 124 sitios de muestreo en 55 ríos distribuidos en el territorio nacional, los resultados del muestreo más reciente, realizado entre abril y julio del año 2010, muestran que de los 124 sitios evaluados, ninguno presenta calidad de agua “EXCELENTE”, teniendo la mayoría de sitios agua de calidad “REGULAR” desde el punto de vista de su calidad ambiental, utilizando la metodología IBF-SV 2010.

3.3. Ecosistemas acuáticos

Se entiende por ecosistemas acuáticos a todos aquellos ecosistemas que tienen por biotopo algún cuerpo de agua, como pueden ser: mares, océanos, lagos, pantanos, ríos y demás fuentes, los dos tipos más destacados son: los ecosistemas marinos y los ecosistemas de agua dulce, entre estos se entiende por quebradas, ríos, lagunas y lagos. Los seres vivos que habitan en este medio dependen de las condiciones del ambiente, tales como temperatura, iluminación, movimientos de las aguas y disponibilidad de alimentos. (Estrada, 2011: 21).

3.3.1. Hábitat de los insectos acuáticos indicadores de calidad del agua

Los insectos acuáticos pueden ser encontrados en muchos tipos de hábitats acuáticos, como cañones (en donde las aguas poco profundas corren rápidamente sobre las rocas), grupos de hojas, raíces colgando dentro del agua, madera o troncos viejos, o en el lecho del arroyo. Además son parte importante en la alimentación de los peces. La mayoría son estadios larvales de muchos animales que al salir del agua se convierten en adultos. (Faustino, 1997 cit. Por., CATIE & MARN 2014). Tabla 1.

Tabla 1. Grupos de Macroinvertebrados y sus características ambientales

Grandes grupos de Macroinvertebrados	Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional
Insecta–Ephemeroptera	Son excelentes indicadores de aguas claras y limpias, aunque hay especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica. Por lo regular sus poblaciones son más abundantes en aguas frías que en aguas cálidas y la mayor diversidad se encuentra en aguas con corriente. Los adultos son de vida terrestre y viven pocas horas, suficiente solo para reproducirse.
Insecta – Odonata	Sus adultos terrestres comúnmente se les conocen como “caballitos del diablo” o “libélulas”. Sus larvas se encuentran en charcos o lagos, con abundante vegetación en las orillas. Se les considera indicadores de aguas entre limpias y medianamente contaminadas con materia orgánica. Algunas especies pueden soportar altos niveles de contaminación.
Insecta – Hemiptera	En este grupo están las “chinchas de agua”, los cuales se encuentran tanto en aguas estancadas como aguas de corriente. Su hábitat es similar al de los odonatos; por lo que se les considera como indicadores en general del mismo tipo de agua.
Insecta – Coleoptera	Este es un grupo muy diverso y abundante. En su mayoría son indicadores de aguas limpias, aunque hay especies que pueden soportar ciertos niveles de contaminación orgánica. Se les encuentra en una gran diversidad de hábitats, tanto en la corriente como en zonas de remansos con vegetación y en aguas estancadas.
Insecta – Trichoptera	Este grupo se caracteriza porque las larvas construyen refugios o casitas, a partir de piedritas, arena y hojas de árboles. Las larvas viven largos períodos de tiempo en tales refugios, y por ello, con frecuencia pasan inadvertidas por las personas inexpertos en este grupo. Se

Grandes grupos de Macroinvertebrados	Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional
	les considera excelentes indicadores de aguas limpias y frías, aunque hay algunas especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica y altas temperaturas. Junto a los efemerópteros y plecópteros son los mejores indicadores de aguas claras y limpias. Los adultos son terrestres.
Insecta - Megaloptera	Son poco diversos y sus larvas viven asociadas a piedras en la zona de corriente de ríos y quebradas. Depredan las larvas de otros insectos acuáticos y pueden tolerar niveles intermedios de contaminación orgánica. Su desarrollo puede durar hasta varios años y los adultos terrestres son de vida relativamente corta.
Insecta – Diptera	Es un grupo extremadamente diverso. Sus larvas se caracterizan por no poseer patas. Una gran mayoría son indicadoras de aguas contaminadas, siendo las más conocidas las especies pertenecientes a la familia Chironomidae. En algunas familias (Psychodidae, Syrphidae, Ephydriidae) hay especies que soportan los más altos niveles de contaminación. Otras, como la familia Blephariceridae son indicadores de aguas claras y limpias. Este orden también tiene importancia médica, ya que muchas especies transmiten enfermedades venéreas (en especial la familia Culicidae).
Insecta – Plecoptera	Es un grupo de poca diversidad en Centroamérica, que vive en aguas muy limpias y claras; preferiblemente frías y bien oxigenadas. En general, son excelentes indicadores de buena.
Turbellaria - Tricladida	A este grupo pertenecen las planarias que pueden llegar a ser abundantes. Viven en aguas estancadas o de poca corriente; con la contaminación orgánica aumenta su número considerablemente. Fundamentalmente viven adheridos a troncos y piedras.
Annelida - Oligochaeta	Son lombrices de agua y a este grupo pertenece el género <i>Tubifex</i> ; el cual es un indicador de máxima contaminación acuática.
Annelida–Hirudinea	Son las “sanguijuelas”, y su presencia se interpreta como indicadoras de aguas contaminadas con materia orgánica, sus poblaciones son típicas de aguas con reciente contaminación o en vías de recuperación.
Mollusca - Gastropoda	A este grupo pertenecen los caracoles de agua que en general son indicadores de aguas contaminadas con abundante materia orgánica. Es frecuentemente un grupo poco conocido.

Fuente: Estudio de calidad de agua del área protegida Trinacional Montecristo (aptm) CATIE 2011.

Los hábitats pueden dividirse en terrestres y acuáticos, y en cada uno de ellos se pueden establecer una multitud de subdivisiones. Así, en el hábitat acuático se puede distinguir 28 entre hábitat dulceacuícolas y hábitat marinos. Sin importar su extensión, el hábitat es un área o región bien delimitada. Físicamente donde viven varios organismos.

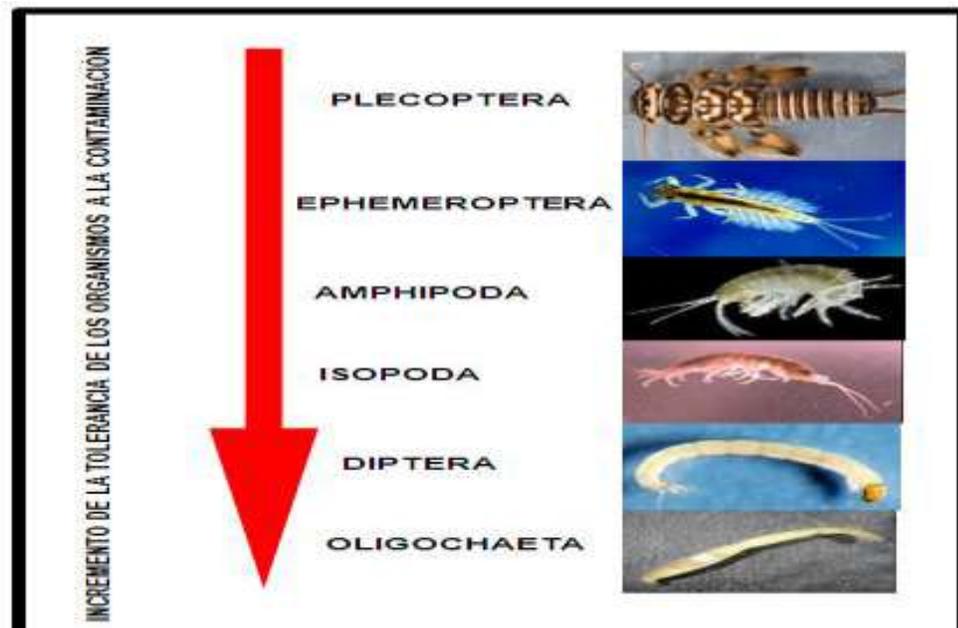
La tradicional división de los cuerpos de agua dulce entre pantanos, estanques, lagunas y lagos (lénticos) y arroyos, quebradas y ríos es útil para organizar la discusión de los principales atributos del hábitat que influye en los modelos espaciales de la diversidad de insectos acuáticos presentes en dichos sistemas (Merritt *et. al.*, 2008)

Según Martínez & Cano (2008:30) los sitios más propicios para encontrar los macro invertebrados son las hojas flotantes y sus restos en troncos que estén dentro del agua y en estado de descomposición, en el lodo o en la arena del fondo del río, sobre o debajo de las piedras. También hay que tener en cuenta que se pueden encontrar en los rápidos, remansos y a las orillas entre las raíces de las plantas. Además son parte importante en la alimentación de los peces. La mayoría son estadios larvales de muchos animales que al salir del agua se convierten en adultos.

Merritt (2008), manifiesta que muchas taxas de insectos acuáticos tienden a estar restringidas a algunos hábitats lénticos o lóticos, debido a la heterogeneidad física de ambos tipos de ecosistema, sin embargo es difícil generalizar acerca de adaptaciones específicas de los insectos requeridas para cada uno.

3.4. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua

Los insectos acuáticos son considerados indicadores de calidad debido a que algunos organismos pueden sobrevivir en un rango variante de condiciones ambientales (Figura1), unos son más “tolerantes” a la contaminación, otros más sensibles al cambio e “intolerantes” a la contaminación (Murphy y Giller, *cit.Por.*, Adalberto, Salazar, 2009).



Fuente: Atlas geográfico de los insectos acuáticos indicadores de calidad ambiental de aguas de los ríos de El Salvador. UES 2010.

Figura 1. Tolerancia relativa a contaminación orgánica de algunos grupos clave de Macroinvertebrados acuáticos.

3.5. Determinación de la calidad del agua utilizando el IBF

El Índice Biológico o Biótico de Familias (IBF), reconoce taxonómicamente a los organismos acuáticos a nivel de familia, se contabilizan los individuos de las diferentes familias recolectadas en cada punto de muestreo. A pesar que se hizo pensando en las condiciones de los ríos de El Salvador este índice es adaptable para muchos países ya que (Hilsenhoff, 1988, *cit. Por.*, Sermeño Chicas *et. al.*, 2010), lo describe como un índice de medida de la contaminación orgánica porque debido a la presencia de nutrientes, se origina un descenso en las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua.

El Índice tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición propuestos por el autor antes mencionado. Esencialmente, consiste en el promedio de los puntajes de los grupos taxonómicos encontrados en cada punto o 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.

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, 1988, *cit. Por., Sermeño Chicas et. al., 2010*, según el cual los valores cercanos a “0” indican baja tolerancia y los cercanos a “10” alta tolerancia a la contaminación del agua Tabla 2.

En el proceso de muestreo es importante tomar en cuenta el entorno en donde se encuentran los diferentes tipos de familia determinados por el hábitat donde puedan encontrarse, dependiendo del lugar que habitan, y así se debe indicar si existe un balance en la estructura de sus comunidades o alguna alteración que genere un cambio en la calidad del agua. A continuación se presenta un resumen, el cual se muestra la asociación de los grupos de macro invertebrados con las características ambientales y su hábitat:

3.6. Asignación de puntajes para aplicar el Índice Biológico.

Se utiliza para asignar los puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos presentes en el Río Tepechapa.

Tabla 2. Puntajes o grados de sensibilidad de los invertebrados acuáticos

Puntajes o Grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas	Invertebrado acuático en los ríos de El Salvador	
	Orden	Familia
0	Diptera	Blephariceridae
1	Odonata	Corduliidae Platystictidae
	Trichoptera	Glossosomatidae
2	Odonata	Cordulegasteridae

Puntajes o Grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas	Invertebrado acuático en los ríos de El Salvador	
	Orden	Familia
	Plecoptera	Perlidae
	Trichoptera	Calamoceratidae
		Lepidostomatidae
		Odontoceridae
Xiphocentronidae		
3	Blattodea	
	Coleoptera	Gyrinidae
		Lampyridae
		Ptilodactylidae
Ephemeroptera	Heptageniidae	
Trichoptera	Polycentropodidae	
4	Bivalvia	
	Gastropoda	Hydrobiidae
	Coleoptera	Dryopidae
		Elmidae
		Hydrosaphidae
Noteridae		
Psephenidae		
5	Acarina	
	Nematoda	
	Planaria	
	Amphipoda	
	Coleoptera	Hydraenidae
		Limnichidae
		Lutrochidae
	Collembola	
	Diptera	Dixidae
		Tipulidae
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae
Hemiptera	Corixidae	
	Gelastocoridae	
	Mesoveliidae	

Puntajes o Grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas	Invertebrado acuático en los ríos de El Salvador	
	Orden	Familia
6		Nepidae
		Notonectidae
		Saldidae
		Veliidae
	Lepidoptera	Crambidae
	Trichoptera	Helicopsychidae
		Hydropsychidae
Philopotamidae		
Coleoptera	Curculionidae	
	Scirtidae	
	Staphylinidae	
	Dolichopodidae	
	Empididae	
Diptera	Simuliidae	
	Stratiomyidae	
	Tabanidae	
	Baetidae	
Ephemeroptera	Leptohyphidae	
	Gerridae	
Hemiptera	Hebridae	
	Naucoridae	
Odonata	Lestidae	
7	Hirudinea	
	Gastropoda	Planorbidae
	Coleoptera	Dytiscidae
		Hydrophilidae
	Diptera	Psychodidae
	Ephemeroptera	Caenidae
		Belostomatidae
	Hemiptera	Ochteridae
	Megaloptera	Corydalidae
		Calopterygidae
Odonata	Gomphidae	
	Libellulidae	
	Ceratopogonidae	
8	Diptera	Chironomidae
9	Gastropoda	Physidae
	Diptera	Ephydriidae
		Muscidae
	Odonata	Coenagrionidae

Puntajes o Grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas	Invertebrado acuático en los ríos de El Salvador	
	Orden	Familia
10	Oligochaeta	
	Diptera	Culicidae
		Syrphidae

Fuente: Atlas geográfico de los insectos acuáticos indicadores de calidad ambiental de aguas de los ríos de El Salvador. UES 2010.

3.7. Procedimiento para calcular el Índice Biótico de Familias

El IBF se calcula multiplicando el número de artrópodos en cada familia por el valor de tolerancia de dicha familia, sumando los productos, y dividiendo por total de artrópodos en la muestra según la siguiente ecuación:

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

El resultado luego es comparado con los valores de la Tabla de (Hilsenhoff, 1988, *cit. Por.*, Sermeño Chicas *et. al.*, 2010), y así se obtiene la calidad del agua y el grado de contaminación orgánica.

Tabla3. Índice Biológico o Biótico a nivel de Familias (IBF)

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA
0.00 – 3.75	1	Excelente	Contaminación orgánica improbable
3.76 – 4.25	2	Muy buena	Contaminación orgánica leve posible

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

Fuente: Atlas geográfico de los insectos acuáticos indicadores de calidad ambiental de aguas de los ríos de el salvador. UES 2010. Creado por Hilsenhoff, 1988.

3.8. Evaluación visual de ríos y quebradas “SVAP”

El protocolo SVAP⁵ evalúa el hábitat físico de un río mediante la asignación de puntajes entre 1 y 10 a quince diferentes métricos. En ciertos casos, se puede excluir uno o más de los métricos, cuando no se aplica a un sitio. Al final del proceso se asignan puntajes y se calcula el promedio de los 15 métricos. Tabla 4. Ésta es una manera de evaluar un río (mediano a pequeño) o quebrada aplicando altos puntajes (6, 9 a 10) para ríos o

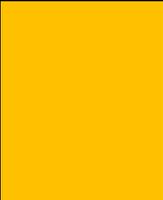
⁵SVAP: Stream Visual Assessment Protocol (Español Protocolo de Evaluación Visual de Ríos y Quebradas)

quebradas que tienen 5 condiciones sanas, y bajos puntajes (de 2, 2 a 1) para ríos o quebradas en mal estado. (Mafla, 2005, *cit. Por.*, Adalberto, Salazar, 2009: 54).

Ventajas

- No necesita que alguien sea experto en ciencias acuáticas, y puede ser usado con éxito después de pocas clases.
- No necesita más equipo que el protocolo y un lápiz.
- Está diseñado para grupos y sería perfecto para desarrollar con estudiantes.
- Es un sistema de evaluación de quebradas que puede ser usado a través de los años para un monitoreo continuo de calidad.

Tabla 4: Parámetros evaluados por el índice SVAP, con sus respectivos valores de calidad del agua, determinados por la calificación y color asignado

Parámetros evaluados	Calidad del ambiente según SVAP	Calificación y color asignado
1. Apariencia del agua 2. Sedimentos 3. Zona ribereña 4. Sombra 5. Pozas	Excelente	9-10 
6. Condición del cauce 7. Alteración hidrológica (desbordes) 8. Refugio (hábitat) para peces 9. Refugio (hábitat) para macro invertebrados	Buena	7-8 
10. Estabilidad de las orillas 11. Barrera al movimiento de las Especies	Regular	5-6 

Parámetros evaluados	Calidad del ambiente según SVAP	Calificación y color asignado	
12. Presión de pesca 13. Presencia de desechos sólidos 14. Presencia de estiércol 15. Aumento de nutrientes de origen Orgánico.	Pobre	3-4	
	Muy pobre	1-2	

Fuente: Atlas geográfico de los insectos acuáticos indicadores de calidad ambiental de aguas de los ríos de el salvador. UES 2010.

4. DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo descriptiva debido a que ésta permitió conocer las condiciones en las que se encuentra el fenómeno investigado, se especifica las propiedades que presentaron algunos grupos o comunidades, se obtuvo la información necesaria y así se pudo predecir lo que con el fenómeno ocurre a mediano o a largo plazo. Fue una investigación de tipo cuantitativa debido a que permitió recopilar información para contar o medir, proporcionando datos numéricos que fueron sistematizados y cuantificados para dar juicio de ellos.

Así también fue un diseño no experimental esto debido a que no se manipularon variables que tuvieran influencia sobre dicho fenómeno, además estacionaria porque solo fue en una época del año (transición seca-lluviosa).

4.2. Descripción del área de estudio

4.2.1. Dimensiones de la Microcuenca

Se elaboró utilizando el concepto hidrográfico e hidrológico de Microcuenca como un territorio delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las zonas

de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen mediante una red de corrientes hacia un mismo cauce(Subcuenca) y así está a un cauce que desemboca directamente al mar(cuenca), la Microcuenca del río conocido como Tepechapa o Michapa pertenece al departamento de Cuscatlán, comprende parte de los municipios de San Pedro Perulapán, Santa Cruz Michapa y Tenancingo con una superficie de 2,510.26 ha (CATIE & MARN, 2013:38).

4.2.2. Ubicación geográfica

CATIE & MARN (2013:40), determinan que la microcuenca del Río Tepechapa se ubica entre las coordenadas $13^{\circ}44'22.68''$ N, $88^{\circ}59'14.33''$ O, en la margen sur y $13^{\circ}49'02.30''$ N, $88^{\circ}58'34.15''$ O, en la margen norte. Esta microcuenca pertenece a la subcuenca del Río Quezalapa y ésta, pertenece a la cuenca alta del Río Lempa. Anexo 1.



Fuente: Google Earth 2013.

Figura 2. Ubicación geográfica de la microcuenca del Río Tepechapa (utilizando software en línea, Google Earth 2013 y el uso de coordenadas tipo Geográficas).

4.2.3. Ubicación geopolítica

La Microcuenca del Río Tepechapa limita al Norte con parte de los cantones Hacienda Nueva, Jiñuco y Rosario Tablón de Tenancingo; al sur con el cantón Las Delicias del municipio de Santa Cruz Michapa, parte de los cantones El Limón y El Espino de San

Pedro Perulapán; al este con los cantones Las Animas de Santa Cruz Michapa y parte de los cantones Corral Viejo y Rosario Tablón del municipio de Tenancingo; al Oeste con parte de los cantones El Espino, Miraflores y Huiziltepeque del municipio de San Pedro Perulapán y con parte del cantón Hacienda Nueva del municipio de Tenancingo (CATIE & MARN, 2013: 40).

Según el VI censo de población y vivienda (2007), la población total de los tres municipios, San Pedro Perulapán, son 44,730 habitantes, del cual se estima que el 20% de la población vive en el área de influencia de la Microcuenca, en el municipio de Santa Cruz Michapa se estima una población total de 11,790 habitantes, y se estima que un 60% reside en el área de influencia de la Microcuenca, estimándose un total de 10,241 habitantes y en el municipio de Tenancingo, se estimó un total de 6,782, de esta población se estima que un 30% reside dentro de la Microcuenca, la población total de los tres municipios dentro de la Microcuencase estima en 21,075 habitantes.

4.2.4 Red hídrica

CATIE & MARN (2013: 40), manifiestan que el Río Tepechapa es conocido por diferentes nombres en su recorrido, se le conoce como Río Michapa a partir de su nacimiento, de la convergencia de dos quebradas que provienen de los cerros El Mango y El Chino ubicados al norte de la cabecera municipal de Santa Cruz Michapa; el cual es alimentado por el Río El Limón a la altura del cantón Miraflores de San Pedro Perulapán. El Río El Limón es alimentado por las siguientes quebradas: La Pilona, Las Pilitas y el Callejón que nacen en cantón El Limón de San Pedro Perulapán.

Se le denomina RíoTepechapa, a partir del punto donde se unen el Río Michapa y el Río Los Negritos que nace a la altura del cantón Huiziltepeque y Corral Viejo de Tenancingo. Aguas abajo a la altura de Chipilte es alimentado por quebrada El Jutal; por el lado del cantón Corral Viejo es alimentado por la quebrada Grande. Quebrada el Arenal que recorre el cantón Rosario Tablón, quebrada El Masacuayo que nace en

caserío denominado con el mismo nombre. Y otra quebrada sin nombre que nace y recorre al norte del Llano de Jiñuco. Anexo 2.

4.2.5 Fisiografía y Relieve

La fisiografía y relieve en la Microcuencadel Río Tepechapa, presenta una forma alargada, en donde en los parte aguas está rodeada por los cerros, la loma El Mango, el Chino y cerro El Espino en la cabecera de la Microcuencay al norte en la parte más estrecha de la Microcuenca, formando una garganta se encuentran al oriente los cerros Corral viejo y Quiliquimite, conectados por el valle de Rosario Tablón y al poniente la loma del Pico de la Peña. El drenaje interno es moderado, el externo es algo rápido.

La erosión es de moderada a alta y en su mayoría, están formados por acuíferos porosos de gran extensión y producción media. Además presentan suelos desde textura arenosa, franca arenosa y arcillosa. Las elevaciones de la Microcuencavaría desde los 530 msnm que es en la parte más baja y donde se encuentra la salida del cauce en el límite del área en estudio y 740 msnm en la cabecera donde se encuentra el cerro el Mango. (CATIE & MARN,2013: 40-41).

4.2.6 Pendientes

CATIE & MARN (2013: 45), manifiestan que la Microcuencadel Río Tepechapa presenta un 31.18% de pendiente muy plana, es decir, pendientes menores a 1.00%, mostrando un mosaico más evidente en la zona sur, en los municipios de San Pedro Perulapán y Santa Cruz Michapa. El 14.37% de pendiente se encuentra en el rango de 1 a 15.00%, la que se encuentra distribuida a lo largo y ancho, predominando este en la parte central de la Microcuenca.

Las pendientes que se encuentran en el rango de 30 a 50%, se encuentran distribuidos en forma de mosaicos a lo largo y ancho, mostrándose más evidente en la formación de cerros y en las riberas de ríos y quebradas. Pendientes arriba del 50%, estas se

encuentran distribuidas en las riberas de ríos y quebradas que se encuentran en toda la Microcuenca, esto representa el 9.56% del área total de la Microcuenca. Anexo 3.

4.2.7 Climatología

En correspondencia con la configuración del paisaje natural, la elevación sobre el nivel del mar, magnitud de las variables atmosféricas y su interacción con las características geológicas y de suelo; en la Microcuenca del Río Tepechapa, se han identificado (según la clasificación de Köppen, Sapper y Lauer) una zona climática; Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente. Compreendida entre las elevaciones de 515 a 790 msnm. (Metros sobre el nivel del mar). Con temperatura media anual de 20 a 27° C, predominan los pastizales, con una precipitación anual de 1,700 mm (MARN & CATIE, 2013: 43).

4.2.8 Las zonas de vida

Considerando la zona climática propuesta por Holdridge *cit. Por.*, CATIE (2013), las zonas de vida presentes al interior de la Microcuenca del Río Tepechapa son: Bosque húmedo subtropical, transición a tropical característica de vaguadas y pequeños valles de baja altura. En El Salvador existen dos áreas con ésta zona de vida: una entre Sonsonate y La Libertad; y otra al Norte de San Francisco Gotera en la subcuenca del Río Torola. Zonas con pendientes pronunciadas. Las especies vegetales características de ésta zona de vida se encuentran: “caoba” *Swietenia sp.*, “cedro” *Cedrela odorata*, “ceiba” *Ceiba pentandra*, “bálsamo” *Myroxylon balsamum*, “copinol” *Hymenaea courbaril*, “guayacán” *Tabebuia guayacán*, entre otros.

Para el diagnóstico de CATIE, este tipo de vegetación representa el 16.43% de toda el área de la Microcuenca. Vegetación predominantes es: “maquilishuat” *Tabebuia rosea*, “cedro” *Cedrela odorata*, “salamo” *Calycophyllum candidissimum*, “laurel” *Cordia alliodora*, “chilamate” *Sapium macrocarpum*, “caulote” *Guazuma ulmifolia*, “caoba” *Swietenia humilis*, “madrecacao” *Gliricidia sepium*, “aceituno” *Simarouba glauca*, “morro” *Crescentia alata*, “ceiba” *Ceiba pentandra*, “cedro colorado” *Cedrela fissilis*, “Chaperno” *Lonchocarpus rugosus*, “Irayol” *Genipa caruto*, “Pacún”

Sapindussaponaria, “Conacaste negro” *Enterolobiumnyclocarpum*, “Guarumo” *Cecropiapeltata*, “Almendra de Río” *Andirainermis*, entre otras. (MARN & CATIE, 2013: 44). Anexo 4.

4.2.9 Precipitación Pluvial

SNET⁶ *etal.* (2013: 44), manifiestan que los promedios anuales del historial de régimen de lluvias reportadas, datos tomados de la estación meteorológica de Cojutepeque, fue de 1724.6 milímetros por año, entre el período 1997 a 2012. El valor mínimo reportado para el año de 2001 es de 1164 milímetros y el valor máximo reportado es de 2533.8 milímetros en el año 2010. Anexo 5.

4.2.10 Temperatura

SNET *etal.* (2013: 44), indican que la estación climatológica de Cojutepeque reporta una temperatura media anual de 22.6°C. Entre los años 1997 a 2012, la temperatura media máxima reportada es de 22.9°C y corresponde al año 2002; la temperatura promedio mínima fue 21.9°C reportada en el año 2008. Se consideran los meses de noviembre, diciembre y enero como los más fríos y los meses marzo y abril como los meses más calurosos.

4.2.11 Orografía

La Microcuenca del Río Tepechapa presenta las siguientes elevaciones: los cerros El Chino, El Espino y Corral Viejo. También las siguientes lomas, El Mango, y El Pico de la Peña (ING⁷ cit. Por CATIE & MARN 2013: 45).

6 SNET: Servicio Nacional de Estudios Territoriales

7 ING: Instituto Geográfico Nacional

4.2.12 Suelos (pedología)

CATIE & MARN (2013: 50), manifiesta que toda la Microcuencapertenece al tipo de suelo llamado andisoles o andosoles que son suelos formados a partir de cenizas volcánicas. Estos suelos por su alto contenido de compuestos órgano minerales, son suelos muy bien estructurados que propician el buen drenaje pero a su vez presentan buena retención de humedad.

Estos suelos presentan texturas que van desde las franco arenosas, franco limosas, y textura arcillosa, particularmente en el horizonte B. Es de destacar que estas cenizas volcánicas son bastante susceptibles a la erosión hídrica y si se agrega a las fuertes pendientes donde se pueden presentar y al uso intensivo a que son sometidos, se corre el riesgo de erosionarlos muy rápidamente, lo cual a pesar de su buena profundidad efectiva, puede causar problemas de pérdida de potencial y el azolvamiento de las represas.

4.3 Universo, población y muestra

Universo: Los insectos acuáticos presentes en la cuenca alta del Río Lempa, zona central de El Salvador.

Población: Los insectos acuáticos presentes en la subcuenca del RíoQuezalapa en el departamento de Cuscatlán.

Muestra: Los insectos acuáticos presentes en la Microcuencadel RíoTepechapa perteneciente a los municipios de San Pedro Perulapán, Santa Cruz Michapa y Tenancingo.

4. 4. Características de los puntos de muestreos

4.4.1. Identificación de los puntos de muestreos

Para el desarrollo de la investigación se procedió a la identificación del área de estudio para determinar la ubicación de los puntos de muestreo, dicha identificación se realizó

en compañía del encargado de las acciones de manejo de la microcuenca, a quien se le consulto los lugares que tienen algún tipo de impacto, al igual que aquellas que son consideradas como zonas de importancia, debido al uso que se le da al recurso, de estos lugares visitados a lo largo de la microcuencase seleccionaron los que a consideración del equipo de trabajo fueron los más idóneos de acuerdo a los criterios que se describen a continuación.

4.4.2. Criterios para seleccionar y ubicar los puntos de muestreos

Como primera consideración se determinó seleccionar los puntos de muestreo en un orden que correspondió ala siguiente: parte alta, media y baja, de lamicrocuenca.

- En la parte alta cercana al nacimiento del río, en donde la incidencia antrópica es menor (en teoría).
- Que los puntos se encontraran cercanos a sitios con diferentes usos de suelo por ejemplo bosques marginales, zonas de cultivo, zonas de pastoreo, zona de extracción de material pétreo (arena), asentamientos humanos, extracción de recurso hídrico.
- Que el lugar escogido mantenga su caudal permanentemente en época seca.
- Que exista la presencia de microcuencaen donde pudieran encontrarse los insectos.
- La accesibilidad al lugar de muestreo (en este caso en todos los lugares se dificultaba).

4.4.3.Descripción de los puntos seleccionados

Punto 1: En las cercanías al nacimiento del río, entre los caseríos El Arenal y San Pedro del cantón El Limón,las coordenadas geográficas (grados y minutos): 13°44.592 N y : 88°59.028 O, a una de 650msnm, en el lugar del muestreo se observaron taludes con pendientes de hasta 90°, donde son comunes los desprendimientos de material pétreo (arena), entre otras características de zona, el tipo de suelo es arenoso, con más del 60% de suelo desnudo poca vegetación marginal.

Se determinó seleccionar este punto para tenerlo como un referente de la cual podría presentar la mejor calidad de agua, ya que el lugar se plantea que la intervención antropogénica se considera menor, con respecto al recorrido del río durante todo su trayecto pero al momento de tomar las muestras se observó que en la corona de la microcuenca se ubicaba un antiguo basurero a cielo abierto el cual se cree que todavía genere lixiviados que generen reacciones químicas alterando la calidad del río. Anexo 6, foto 1.

Punto 2: Este fue aproximadamente 500 m. (metros), aguas abajo del primer punto, en las cercanías a las comunidades conocidas como Michapitay El Arenal dos, este punto se ubica en las coordenadas geográficas (grados y minutos): 13° 45.152 N y 88° 58. 868 O, a una altura de 625 msnm, para la toma del punto se tuvo el acompañamiento de las autoridades de Santa Cruz Michapa.

Se seleccionó con la intención de observar si existe algún cambio debido a que en este lugar desemboca un afluente conocido como Río El Limón, en donde se conoce de parte de las autoridades de la zona que muchas granjas avícolas de lugar vierten sus aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento a esta quebrada además la extracción de material pétreo lo cual genera un alto grado de turbidez en el agua. Anexo 6, foto 2.

Punto 3: En este punto existen parcelas agrícolas, ubicado en la parte media de la microcuenca, con las coordenadas geográficas (grados y minutos): 13°48.297N y 88°58.541O, a una altura de 519 msnm, en la zona conocida como hacienda nueva, este se tomó aguas abajo de donde desemboca otro afluente del río el cual se conoce como Río Los Negritos esto con la intención de verificar si existe aumento o disminución de organismos a causa de este afluente. Anexo 6, foto 3.

El sitio presentaba características de suelo medianamente desnudo, muy arenoso y con presencia de posas con gran cantidad de azolve con una profundidad media de 50 cm, además la presencia de ganado es evidente en la zona.

Punto 4: Ubicado exactamente donde termina el río principal de la Microcuenca, en la zona conocida como encuentro del Río Cuchata, con las coordenadas geográficas (grados y minutos): 13°49.313 N y 88°59.246 O, con una altura de 463 msnm, en el lugar existe una deforestación de aproximadamente 15.0 m desde la orilla del río, a causa de esto no hay espacio para bosque marginal.

Dados los impactos a los cuales está expuesto éste punto es necesario que se conozca cuál es su calidad, por ser el punto donde llega todo el arrastre del río, así también la cercanía al Municipio de Tenancingo. En este sitio desemboca a la subcuenca del Río Quezalapa, el cual posteriormente se incorpora a la cuenca del Río Lempa. Anexo 6, foto 5.

4.5. Fase de recolección de datos.

4.5.1. Recopilación bibliográfica de información referente al tema.

Para la elaboración de la investigación se procedió inicialmente a realizar una revisión de documentos para obtener información referida sobre el tema y poder tener una mejor orientación sobre el trabajo tanto en campo como en laboratorio, entre los documentos revisados se encuentran, tesis, libros, documentos de la Web, entre otros.

4.5.2. Preparación de material a utilizar en campo

Visitas a los sitios de muestreo

Un día anterior a los muestreos, se prepararon los materiales a utilizar en campo, entre los cuales se encuentran, pinzas flexibles, pinceles, trajes de vadeo, lentes guantes, botas, hielera, viñetas, frascos plásticos de aproximadamente 50-100cc, bolsas plásticas Ziploc que se colocaron una dentro de otra para mayor seguridad ya que en ellas se colocaron ± 150ml de alcohol etílico al 70%, en total fueron 3 pares de bolsas por sitio de muestreo, de igual manera se alistaron los formularios que se utilizaron para recolectar la información de cada punto de muestreo.

La fase de campo consistió en 2 visitas a cada municipio en un solo día, comenzando las actividades a partir de las 8:00 a.m. y tomando un descanso 12:00 m, en la jornada de la tarde se retomaron las actividades a la 01:00 p.m. para concluir a las 04:00 p.m., sumando un total de 8 horas de muestreo por Municipio.

En total los puntos de muestreo fueron 4, de los cuales 2 se tomaron dos durante la mañana del muestreo, y los 2 puntos de muestreo restantes fueron realizados en la tarde, ambas visitas de campo se realizaron en época lluviosa.

En cada punto de muestreo se procedió a tomar la ubicación geo-referencial, mediante coordenadas geográficas (grados y minutos) con la ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de marca Garmin Gecko de 27 satélites que tiene un margen de error de 3m, además se realizó un levantamiento de información sobre la caracterización biofísica y fisicoquímica de cada punto de interés.

4.5.3. Características biofísicas

La caracterización biofísica de los cuatro puntos de muestreo, se realizaron mediante la metodología conocida por sus siglas como SVAP que corresponden a su nombre en inglés (Stream Visual Assessment Protocol, que en español significa Protocolo de Evaluación Visual de Ríos y Quebradas), con éste protocolo se evaluaron 15 parámetros de los cuatro lugares (en ciertos casos podrían ser menos, cuando alguno de estos no se aplique a un sitio). (Torestgrim, 2008 cit. Por Salazar Colocho; 2009).

Se observó con especial atención cada uno de los parámetros, al que se le asignó una calificación de 1 a 10, ésta calificación fue dada de acuerdo al criterio del grupo de trabajo, los puntajes fueron anotados en un formulario. Anexo 7.

4.5.4. Parámetros y procedimiento a seguir para el protocolo SVAP.

- Apariencia del agua: En cada punto de muestreo se observa de manera directa la apariencia del agua para determinar su grado de transparencia, de acuerdo a esto se determina su calificación y se anota en el respectivo formulario.

- Sedimentos: Para detectar sedimentos, se observa de manera cuidadosa el fondo del cuerpo de agua, luego se introduce una regla graduada de 30 cm para medir la altura de la capa de sedimento.
- Zona ribereña (ancho y calidad de la misma): Se observa el segmento de vegetación que ocurre desde el margen del cauce hasta los tres metros fuera de este, identificando los estratos vegetativos (así como el tipo de vegetación al cual pertenecen).
- Sombra: Se determina de forma visual, observando la presencia de claros en el lugar y de acuerdo a ello, se hace una apreciación de la cantidad de luz que entra hasta el cuerpo de agua.
- Pozas: Se mide la profundidad de las pozas con ayuda de un plomo sujetado a un cordel de nylon, éste se toma de un extremo del nylon y se introduce la parte del plomo dentro de la poza hasta alcanzar el fondo, luego se saca la plomada y se toma la medición con una cinta métrica de 5 metros de largo, hasta la marca del nylon que se encuentre humedecida, esto permite medir la profundidad de pozas.
- Condiciones del cauce: Se identifica si el cauce es altamente curvado o no en su recorrido específicamente en los puntos de muestreo.
- Alteraciones hidrológicas: en este criterio es importante mencionar que los puntajes van dados en base a las condiciones que permitan o no un desborde del cauce de los ríos.
- Estabilidad de las orillas: en esta ocasión vale mencionar que influye mucho el tipo de suelo y la vegetación marginal de cada punto de muestreo.
- Barreras al movimiento: Se observa si existe la presencia de barreras que afecten el desplazamiento de los organismos en el interior del cauce, como lo son las represas provocadas por sucesos naturales (caída de árboles, desbordes, etc.) o por intervención directa del ser humano.
- Refugio para peces: Se identifican los nichos o refugios que sean idóneos para que los peces realicen madrigueras o espacio con movimiento de agua donde pueda aparearse.

- Refugio para insectos: Se identifican hábitat ideales como troncos, hojarascas, materia orgánica, el fondo del Río con sedimentos, entre otros.
- Presencia de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos: Se observa la presencia y abundancia de desechos orgánicos como restos de plantas que incluyan hojas, ramas, cáscaras, frutos en descomposición, restos de frutas o verduras, huesos, restos de heces fecales de animales, de igual forma la presencia y abundancia de desechos sólidos como envases y bolsas plásticos, latas de aluminio, baterías, etc.
- Presión de pesca: Se identifica la frecuencia con la que se pesca en la zona pero se evita incorporarlo en la toma de datos si en el río no existen peces.
- Aumento de nutrientes de origen orgánico. Para éste se observa si en las rocas del interior y en los márgenes del cauce hay presencia de musgos que formen placas verdosas y lisas al tacto, así como plantas acuáticas superiores, mediante la visualización.
- Presencia de estiércol: Se observa si hay tuberías que tengan orígenes de granjas (aves, porcinos, ganado entre otros.) o si la población cercana al río tiene cantidades considerables de ganado.

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados con una sencilla media aritmética.

4.5.5. Características físico-químicas

Las características físico-químicas que se tomaron fueron: Temperatura, pH⁸.

- Temperatura: En cada punto de muestreo, se tomó la temperatura del ambiente y del agua, en ambos casos se realizó con un termómetro de mercurio graduado.

Para la toma de la temperatura del ambiente se buscó los sitios en donde los rayos del sol no fuera tan incidente, para evitar errores de lectura, éste se sujetó teniendo

⁸pH Potencial de Hidrógeno

cuidado de que el calor de la mano no incidiera también produciendo sesgo, esto se hizo por un tiempo de 2 min (minutos) para cada toma, el resultado se anotó al igual que la hora en la que se realizó la medición.

En el caso de la medición de la temperatura del agua, de igual manera se sujetó el termómetro con la mano, teniendo también cuidado de que no interfiriera el calor de la mano, se sumergirá por un tiempo de 2 min, el resultado y la hora de la medición fueron anotados en la respectiva boleta.

- **Potencial de Hidrógeno (pH):** Fue tomado en cada punto de muestreo, con ayuda de papel pH, se sumergió una porción de éste en el cuerpo de agua por 1 min, y luego se comparó con la tabla de los colores impresos en la caja de empaque del mismo, este dato fue anotado en las respectivas boletas para el posterior análisis.

4.5.6. Muestreos y captura de insectos acuáticos

Los puntos de muestreo fueron 4, en cada uno de ellos la captura de los organismos se llevó a cabo mediante dos métodos diferentes, estos fueron de acuerdo al micro-hábitat a muestrear y las características del cauce, los métodos que se utilizaran fueron con la red D, y colador plástico (métodos adecuados para la colecta en Ríos y Quebradas).

4.5.7. Aspectos a considerar previo a la aplicación de los métodos de captura.

Antes de introducirse al agua se tomó medidas de protección, tales como la colocación de traje de vadeo o botas, guantes, y en los casos de que el flujo de agua sería muy fuerte se sujetarán con un lazo para evitar problemas al momento de la colecta.

Se procedió a verificar que donde se tomara el muestreo existan algunos de los siguientes sustratos o micro-hábitat:

- 1) Plantas flotantes, sumergidas o emergentes al interior del cuerpo de agua.
- 2) Troncos podridos al interior del agua.
- 3) Rocas incrustadas en el fondo del agua.
- 4) Rocas, raíces y objetos sumergidos en el margen del cauce.

- 5) Paquetes de hojas en remansos, rápidos y márgenes del cauce.
- 6) Sedimentos al interior del cauce y en las márgenes.
- 7) Vegetación presente en los primeros 30 cm de las riberas.

Una vez identificados los sustratos, se realizó la colecta o captura de individuos.

4.5.8. Captura de insectos acuáticos mediante el método de la red D.

En cada punto de muestreo, el proceso de colecta con la Red “D” se realizó en los diferentes micro-hábitats identificados en tres partes los más cercanos posibles, en cada una de estas partes se muestreó intensivamente durante un período de 5 min por sub-muestra, para un total de 15 min para las tres sub-muestras, las cuales se colocaron cada una por separado.

Para los micro-hábitats de corriente fuerte o lenta y sustrato duro o blando, se removió con la mano o con los pies el sustrato, procurando que el residuo removido quedara atrapado dentro de la Red “D”, cambiándola constantemente de ubicación y colocándola de tal manera que el material removido quedara atrapado dentro ella, en los micro-hábitats correspondientes a vegetación acuática emergida de los márgenes del río, se pasó la red por entre la vegetación y las raíces sumergidas.

Después de completar los 5 min. en cada uno del micro hábitats, se lanzó agua a las paredes de la red para que el material adherido se depositara en el fondo de la misma. Luego se colocó el material recolectado en bolsas plásticas Ziploc (doble bolsa, 26.8 cm x 27.3 cm, conteniendo 350 ml de alcohol etílico al 70% previamente colocado dentro de la bolsa interna, para la preservación del material biológico, agregando dos etiquetas de colecta en papel vegetal (una dentro de la bolsa interna y otra en la externa), rotuladas con tinta indeleble con la siguiente información: fecha de muestreo, nombre del río, número del punto muestreado, tipo de muestreo y nombre del recolector.

4.5.9. Captura de insectos mediante el método del colador plástico.

Este método se realizó durante 30 min consecutivos, dentro de los que se incluyó el depósito de varias muestras en bandejas para extraer los organismos capturados en los sitios donde la red D no pueda entrar tanto en el interior, como en los márgenes del río, en éste caso se procedió a sumergir y deslizar un colador plástico, removiendo los diferentes sustratos, lo colectado fue depositado en bandejas plásticas de 35cm de ancho por 50cm de longitud y 5cm de profundidad de colores claros, se sacaron los organismos encontrados y se procedió a la preservación de los individuos en una solución de alcohol etílico al 70% la cual fue colocada dentro de frascos plásticos con una capacidad de 100 ml, luego se etiquetaron con una ficha que contiene los datos respectivos del lugar y la fecha del muestreo.

4.5.10. Traslado de muestras al laboratorio.

Las bolsas Ziploc de 27cm x 28cm que contienen las muestras fueron colocadas dentro de una hielera plástica de aproximadamente 64 cm de largo por 42cm de ancho y 35cm de profundidad para así, facilitar el transporte de estas evitando la salida del alcohol por cualquier daño en la bolsa, se procedió a colocar la hielera en la cama del pick up para que se trasladen del territorio de la Microcuenca las instalaciones de la UESFMOcc⁹ a los laboratorios de Biología.

4.5.11. Obtención de datos de Laboratorio.

4.5.12. Descripción de las etapas de trabajo en el laboratorio.

El proceso se desarrolló principalmente en el laboratorio 1 y 2 de Biología, y consistió básicamente en la actividad de limpieza de las muestras, identificación de los organismos por órdenes y luego por familia.

⁹UESFMOcc: Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Estas 3 actividades fueron llevadas a cabo haciendo uso de un estéreo microscopio marca *Leica Zoom 2000*, con una capacidad de aumento de 45 X, utilizando tanto luz reflejada, como luz transmitida para poder observar con detalle los rasgos anatómicos de los especímenes para su correcta identificación.

Para realizar el proceso de identificación de los individuos colectados se utilizaron guías y claves taxonómicas, así como también se consultó a personas conocedoras de la clasificación de estos organismos. Para la identificación fueron colocados al interior de cajas de Petri plásticas o de cristal de 10cm de diámetro, para ser observados bajo la lente del Estéreo microscopio.

4.5.13. Limpieza de muestras.

Las muestras colectadas y preservadas en alcohol, fueron distribuidas en cajas de Petri plásticas o de cristal de 10cm de diámetro para ser observadas al estéreo microscopio, principalmente con luz reflejada para la observación, y para separar los especímenes de restos vegetales, arena u otros objetos contenidos en la muestras se utilizaron agujas de disección, pinzas entomológicas y pinceles plásticos pequeños. Los especímenes encontrados se depositaron en otra caja que contenía aproximadamente 10 ml de solución de alcohol al 70% con el fin de conservarlos en perfecto estado.

Luego al finalizar el proceso de limpieza, los insectos se depositaron en frascos plásticos que contenían 15 ml de la solución de alcohol al 70% y se les colocaron viñetas que contenían información para identificar el lugar de donde fueron colectados, estos fue: Punto de muestreo, sub muestreo, equipo utilizado y la fecha de la colecta. Estos frascos fueron almacenados para la posterior separación e identificación de los ejemplares en órdenes y luego en familias.

4.5.14. Identificación de los organismos por órdenes.

Se procedió a la separación de los insectos en sus respectivos órdenes, para ello se rotuló un promedio de 12 cajas de petri con el nombre de los posibles ordenes que se podrán encontrar, esto a fin de llevar un mejor control de los organismos.

Los organismos almacenados, resultantes del proceso de limpieza fueron vaciados en una caja de petri ya sea de vidrio o de plástico y fueron observados en el estéreo microscopio. Una vez enfocados en éste, se observaron cuidadosamente y para la identificación del orden al cual pertenecen se utilizaron guías y claves taxonómicas, así como también se consultará a personas conocedoras de la clasificación de estos organismos.

Los insectos identificados, se separaron con la ayuda de pinzas entomológicas y se colocarán en la caja de petri de acuerdo a la categoría taxonómica a la cual pertenecían para ser preservadas.

Una vez distribuidos estos se colocaron en viales plásticos, y fueron depositados con la ayuda de pinzas, pinceles, y se le adicionará una solución de alcohol al 70% o agua destilada con un la ayuda de un gotero plástico con capacidad de 3 ml, rotulando cada vial con los datos respectivos de la sub muestra a la cual pertenezcan y luego fueron almacenados para la identificación a nivel de familias, en boletas de laboratorio. Anexo 8.

4.5.15. Identificación de los organismos por familias.

Para la identificación de los insectos por familia, se utilizaron guías y claves taxonómicas ilustradas. Cada vial que contenía las muestras fuer observadas depositando los insectos en cajas de petri únicamente con agua, y se montaron al estéreo microscopio, para identificarlos en base a sus características morfológicas.

Una vez identificados en sus respectivas familias se procedió al conteo de individuos con la ayuda de pinzas entomológicas, agujas de disección y pinceles plásticos para

luego ser anotados en las boletas de laboratorio Anexo 8, luego estos fueron procesados y analizados.

Los organismos fueron fotografiados, y preservados en tubos viales, además se rotularon, con los datos respectivos del lugar y fecha de colecta, así como la familia a la cual pertenezcan.

Con la finalidad de crear una base de datos los cuales sirvan como línea de partida de nuevos estudios, y con estos datos se procedió a la tabulación de los datos.

4.6. Procesamiento y tabulación de datos.

4.6.1. Procesamiento y tabulación de datos bio-físicos, según el protocolo SVAP.

Para procesar los puntajes obtenidos en campo sobre los datos biofísicos de cada uno de los 4 puntos de muestreo, se emplearon medidas de tendencia central, en específico la media aritmética para resumir en un solo valor el conjunto de los valores dados a cada parámetro.

Al valor de la media obtenido, se le aplicará el protocolo SVAP para determinar la calidad del entorno, y luego los valores de la calidad del agua de cada punto. Estos valores fueron comparados para identificar la relación que tienen los parámetros biofísicos tanto del medio acuático como terrestre comparándolos con la Tabla 4.

4.6.2. Procesamiento y tabulación de datos obtenidos en el (IBF-SV 2010).

La totalidad del número de familias y órdenes obtenidos en el laboratorio como resultado del proceso de identificación fueron procesados según el Índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV 2010). Para cada punto de muestreo, se multiplica la abundancia de cada grupo taxonómico por el puntaje asignado para dicho grupo taxonómico, el resultado se divide entre el número total de individuos recolectados en el punto de muestreo, luego se realiza la sumatoria de los valores obtenidos anteriormente, y se compararon con los rangos de las categorías del índice tabla 3 (Hilsenhoff, 1988, *cit. Por., Sermeño Chicas et. al., 2010*), y así se obtiene la

calidad del agua y el grado de contaminación orgánica. Estos datos son procesados de manera electrónica y tabulados para cada uno de los 4 puntos.

4.7. Análisis de los datos.

Para analizar los datos obtenidos tanto en campo como en laboratorio se hizo uso de estadística descriptiva y se usó gráficos para la presentación de los mismos. De igual forma se elaboró tablas para que el análisis de la información fuera más sencilla, contrastando factores biofísicos de los sitios de muestreo con información obtenida a partir del protocolo SVAP y el índice modificado para El Salvador IBF-SV 2010.

El IBF se calculó multiplicando el número de insectos en cada familia por el valor de tolerancia de dicha familia, sumando los productos, y dividiendo por total de insectos en la muestra según la siguiente ecuación:

$$\mathbf{IBF = 1/ N \Sigma ni ti}$$

Dónde:

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

ni= número de individuos en una Familia

ti= puntaje de tolerancia de cada Familia.

5. RESULTADOS

Resultados obtenidos de los diferentes grupos taxonómicos en los cuatro puntos muestreados.

Tabla 5: Número de insectos acuáticos encontrados en el punto1

ORDENES	FAMILIA	N° DE INDIVIDUOS
Diptera	Tipulidae	4
	Muscidae	11
	Chironomidae	11
Coleoptera	Hydrophilidae	12
	Elmidae	13
Hemiptera	Naucoridae	8
Megaloptera	Corydalidae	2
Odonata	Corduliidae	2
Total de individuos		63

Tabla 6: Número de insectos acuáticos encontrados en el punto2

ORDEN	FAMILIA	N° DE INDIVIDUOS
Diptera	Psychodidae	11
	Chironomidae	8
Hemiptera	Naucoridae	6
Coleoptera	Hydrophilidae	3
Total de individuos		28

Tabla 7: Número de insectos acuáticos encontrados en el punto3

ORDEN	FAMILIA	N° DE INDIVIDUOS
Coleoptera	Hydrophilidae	14
	Elmidae	6
	Staphilinidae,	7
Hemiptera	Belastomidae	1
	Veliidae	34
	Naucoridae	58
Odonata	Gomphidae	4

ORDEN	FAMILIA	N° DE INDIVIDUOS
	Libellulidae	6
	Corduliidae	3
Díptera	Simuliidae	13
	Tipulidae	4
Ephemeroptera	Leptohyphidae	3
	Baetidae	2
Total de individuos		155

Tabla 8: Número de insectos acuáticos encontrados en el punto4

ORDEN	FAMILIA	N° DE INDIVIDUOS
Díptera	Tabanidae	1
	Simulidae	4
	Chironomidae	14
	Ceratopogonidae	1
Hemiptera	Naucoridae	10
	Veliidae	15
	Hydrometridae	5
	Mesoveliidae	1
Ephemeroptera	Leptohyphidae	2
	Leptophlebiidae	6
	Baetidae	1
Coleoptera	Elmidae	15
	Staphylinidae	2
Odonata	Coenagrionidae	1
	Gomphidae	3
Trichoptera	Hydropsychidae	2
Megaloptera	Corydalidae	5
Total de individuos		88

Tabla9. Resultados obtenidos en base a los Valores IBF-SV-2010 para cada uno de los puntos y sus categorización.

RESULTADOS POR PUNTO	VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA
Punto 1= 6.46	5.76 – 6.50	5	Regular pobre	Contaminación sustancial probable
Punto 2= 7.14	7.26 – 10.00	7	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable
Punto 3= 5.69	5.01 – 5.75	4	Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
Punto 4= 5.60	5.01 – 5.75	4	Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable



Fuente: Google Earth 2013.

Figura 3. Ubicación geográfica de los puntos en la Microcuenca del Río Tepechapa, y su clasificación por color.

Tabla10. Valores mostrados para cada punto muestreado según el SVAP.

RESULTADOS OBTENIDOS	CALIDAD DEL AMBIENTE SEGÚN SVAP	CALIFICACIÓN Y COLOR ASIGNADO	
Punto 1= 4.46	Pobre	3-4	
Punto 2= 4.66	Pobre	3-4	
Punto 3= 5.86	Regular	5-6	
Punto 4= 4.06	Pobre	3-4	

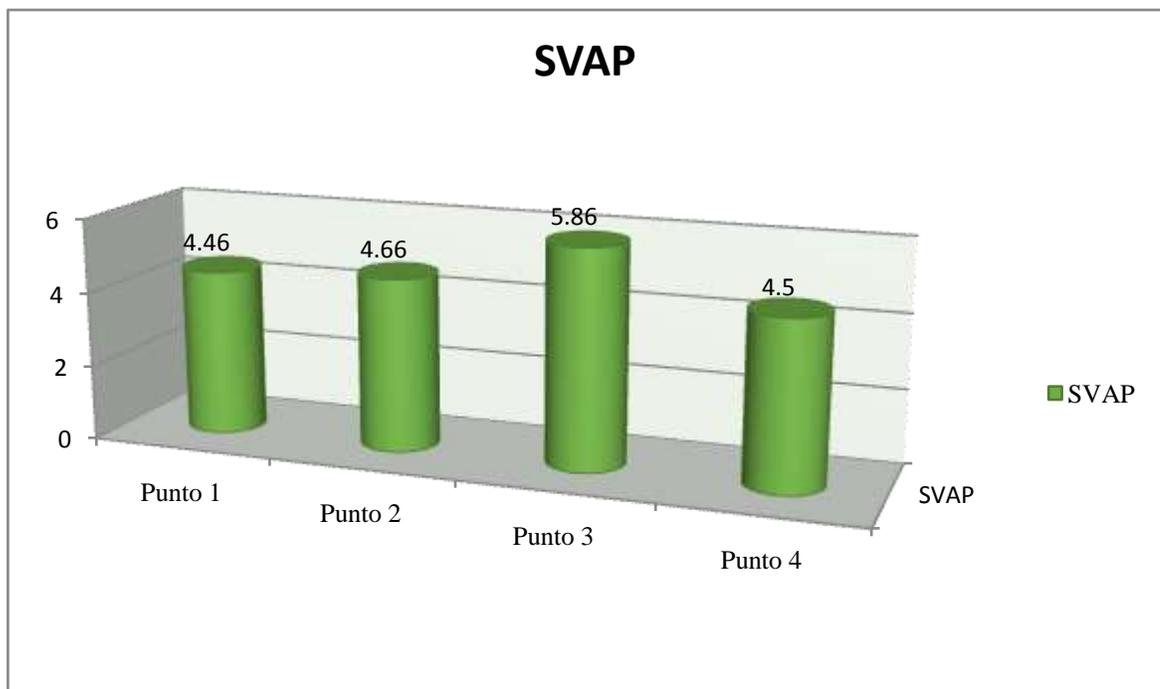


Grafico 1: Valores mostrados para cada punto con el método SVAP.

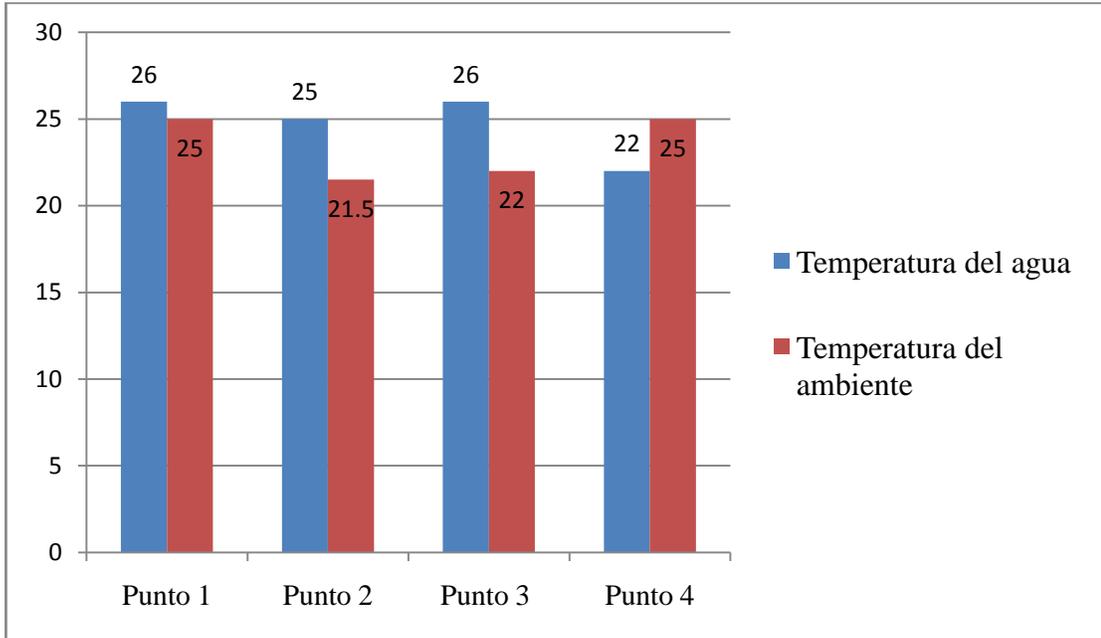


Grafico 2: Valores comparativos de temperatura ambiente y del agua, para cada punto de muestreo.

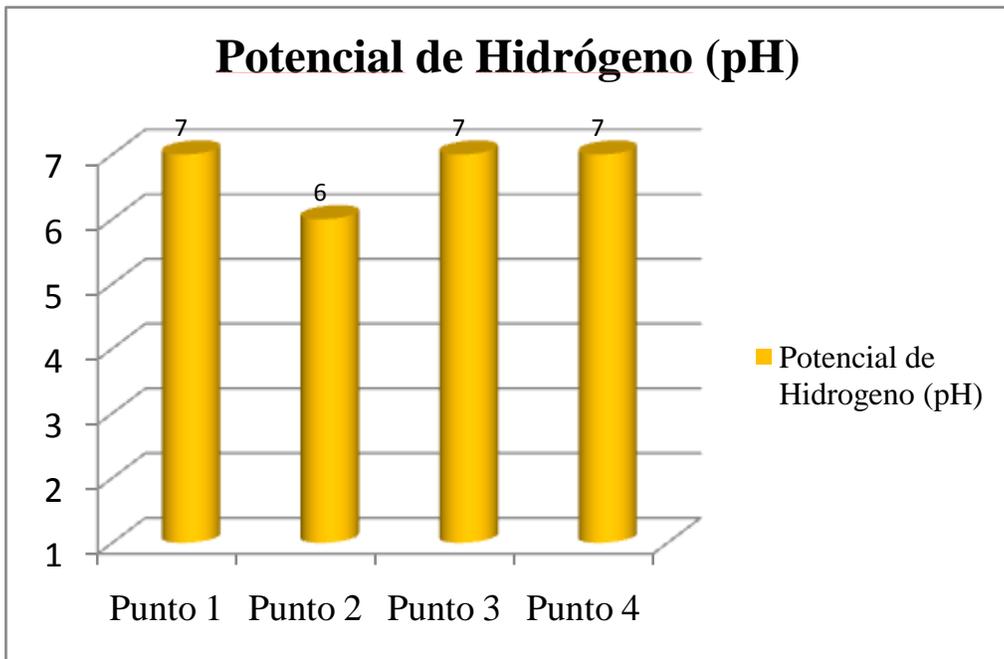


Grafico 3: Valores de pH para cada punto de muestreo.

6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

- En el primer punto, los resultados comparados con la tabla 3 y 9 de IBF queda en la calidad de agua regular pobre y con contaminación sustancial probable, lo cual es reflejo los grupos taxonómicos encontrados (tabla 5), sobresaliendo de estos los individuos pertenecientes a las familias Elmidae, Muscidae y Chironomidae indicadores de mala calidad del agua. Esto concuerda con Sermeño Chicas *et.al.*, (2010), los cuales mencionan que, la mayoría de especies de estas familias son indicadoras de aguas contaminadas, viven en zonas donde existe impacto generado, de carácter antropogénico, sobre todo donde hay grandes asentamientos humanos.
- Para el punto 2, el valor obtenido por el IBF (tabla 3 y 9) fue el de mayor grado de contaminación en comparación a los otros tres puntos colocándose en una categoría de 7.26 a 10, calidad del agua muy pobre y contaminación orgánica probable, contaminación generada de parte de las granjas avícolas que vierten sus aguas, directamente al cauce de la microcuenca, principalmente donde se tomó dicho punto, así mismo es reflejo de los 4 grupos taxonómicos encontrados, con un puntaje de tolerancia que va de 6 a 8 (tabla 1). Esto concuerda con Sermeño Chicas *et. al.*, (2010), los cuales aclaran que, algunas familias como *Psychodidae* (tabla 6), hay especies que soportan altos niveles de contaminación. En la investigación este punto 2 fue el único donde se encontró dicha familia.
- En el punto 3, la calidad del agua resultante en base a la tabla 3 y 9 de IBF fue el de calidad más alta en comparación a los primeros dos puntos realizados, variando poco respecto al punto 4, así mismo, en el punto 3 se encontró un individuo de la familia Leptohyphidae del orden Ephemeroptera, (tabla 7) familia que se encuentra en niveles de tolerancia bajos. Esto concuerda con Sermeño Chicas *et. al.*, (2010), los cuales afirman que, especies de esta familia, son indicadores de agua limpia, aunque hay especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica, y su mayor diversidad se encuentra en agua corrida. Como es el caso del Río Tepechapa.

- En el punto 4, fue donde se encontró la mayor cantidad de individuos, registrando un total de 7 órdenes y 17 familias (tabla 8), la cantidad de individuos puede ser causada por el arrastre del agua, principalmente porque en este río no existe interrupción en el trascurso, es decir, no presenta posas. Esto concuerda con Merritt *et. al.*, (2008), los cuales mencionan que, hay órdenes que su mayor diversidad la presentan en aguas con corriente y sus larvas viven asociadas a piedras de ríos y quebradas, como los órdenes encontrados en esta investigación Ephemeroptera y Megaloptera.

- Basándose en los resultados obtenidos por el protocolo SVAP (tabla 10, grafico 1), la calidad del ambiente de la mayoría de los puntos muestreados fue pobre, con un promedio de 4.76 reflejando las condiciones en las que se encuentra la microcuenca sobresaliendo en esta investigación el punto 3 que está en un rango de 5-6 con la calidad del ambiente regular, esto evidencia la interacción entre el ecosistema acuático y terrestre. Esto respaldado por CATIE & MARN, (2013), los cuales sostienen que, la protección del recurso agua y suelo tiene que ser de manera integral.

- Para los 4 puntos los resultados obtenidos del análisis de la temperatura del ambiente y del agua (grafico 2), se mantuvieron constantes en tres puntos, esto puede estar influenciado por los procesos de fermentación que generan las aguas vertidas de las granjas avícolas y la cercanía al casco urbano del municipio de Santa Cruz Michapa; la mínima variación es en el punto 4, el cual fue el único punto donde la temperatura del agua fue menor que la del ambiente, estas temperaturas se mantuvieron en un promedio del agua y ambiente de 23.43°C. esto concuerda con Merritt *et. al.*, (2008), los cuales afirman que, la temperatura óptima para la entomofauna acuática varía de 20°C a 28°C.

- En cuanto al potencial de Hidrógeno (grafico 3), en tres puntos de muestreo, se mantuvo en un promedio de 7 un pH neutro, en el punto 2 se encontró de nivel 6, este fue tomado en las cercanías de la quebrada donde las granjas avícolas vierten sus aguas residuales, generando una leve acidificación, por procesos de fermentación. Esto concuerda con Sermeño Chicas *et. al.*, (2010), los cuales afirman que, el pH de algunos ríos de El Salvador son muy impactados por los desechos vertidos por asentamientos humanos y procesos agropecuarios. Lo cual es el caso de esta microcuenca.

- Con respecto al potencial de hidrógeno (grafico 3), en el punto 2 presenta un pH ligeramente ácido de 6 lo que concuerda con Matthias (1982) *cit. Por.*, Wolf E., *et. al.*, (1988) los cuales encontraron que, las aguas con pH neutro presentan una mayor diversidad y riqueza de especies, en contraste con aquellas aguas con niveles de pH es ligeramente ácidos donde la diversidad específica es muy pequeña debido a los efectos tóxicos de las altas concentraciones de hidrogeniones.

7. CONCLUSIONES.

Basándose en los resultados se concluye que:

- Al aplicar el IBF-SV-2010, señala que el punto 1, se clasifica dentro de la categoría 5 de calidad del agua regular pobre y contaminación sustancial probable.
- El segundo punto, posee el grado más alto de contaminación, en los parámetros del IBF-SV-2010, colocándose en una categoría 7 de calidad del agua muy pobre y contaminación orgánica severa probable.
- Los puntos 3 y 4 del IBF-SV-2010, quedan en una categoría 4 de regular y contaminación orgánica, bastante sustancial es probable.
- El punto 4 fue el de mayor diversidad registrando 7 órdenes, 17 familias con un total de 88 individuos, encontrados en esta investigación.
- Los datos obtenidos con el protocolo SVAP de los puntos 1, 2 y 4 calidad ambiental pobre y el punto número 3, de calidad ambiental regular.
- El punto que posee la mejor calidad, tomando de base los resultados de bioindicadores, SVAP y parámetros fisicoquímicos, es el punto 3.
- La calidad del ambiente de los 4 puntos muestreados, según los resultados del SVAP se mantuvo en rango de regular a pobre.
- Los parámetros fisicoquímicos muestreados en esta investigación, reflejan condiciones similares, con variaciones insignificantes entre los diferentes puntos, estos a su vez poseen condiciones adecuadas para el desarrollo de la entomofauna acuática.
- El potencial de hidrógeno en tres puntos de muestreo se mantuvo en un valor neutro
- Los grupos taxonómicos encontrados con mayor relevancia, son familias representativas de calidad del agua, de regular a muy pobre para los cuatro puntos de muestreo.
- Se encontraron un total de ocho órdenes y veinticuatro familias, registradas como identificadores de calidad de agua, dos órdenes y dos familias que no tienen su nivel

de tolerancia clasificado para usarlos en el IBF-SV 2010 (Orden Coleoptera Familia Haliplidae y Orden Hemiptera Familia Napidae).

8.RECOMENDACIONES.

- Compartir los resultados obtenidos en esta investigación a los actores locales entre estos: gobiernos, entidades de cooperación y organizaciones comunitarias, como base en la sensibilización y gestión de recursos que contribuyan a la conservación de la entomofauna del Río Tepechapa.
- Capacitar a técnicos de las Unidades Ambientales de los municipios de Santa Cruz Michapa, San Pedro Perulapán y Tenancingo para implementar el Biomonitorio, como una alternativa de seguimiento y evaluación del estado del recurso agua de la Microcuenca del Río Tepechapa.
- Compartir los resultados obtenidos, a las propietarios de las granjas avícolas, a través de las UAM (Unidad Ambiental Municipal), para que puedan conocer los impactos que generan al verter sus aguas residuales en las quebradas que desembocan directamente en el río principal, con la finalidad de que adquieran responsabilidad para el cuidado del recurso agua, del Río Tepechapa.
- En el análisis de la calidad del agua el IBF-SV 2010, puede utilizarse como una herramienta metodológica complementaria a los parámetros fisicoquímico y microbiológico, para obtener resultados con mayor soporte técnico y científico, para recomendar el tipo de uso que se le puede dar al recurso.
- Compartir este documento con los habitantes cercanos a la Microcuenca para que ellos tengan el conocimiento del impacto que sus acciones tienen sobre la calidad de los recursos y adquieran conciencia con la cual puedan tomar medidas para disminuir las actividades que tengan efectos negativos, sobre el recurso agua.

- Realizar evaluaciones en las diferentes épocas del año que permitan comparar los cambios en el tiempo, así también se propone realizar una evaluación a mediano plazo, que permita identificar si el manejo de la microcuenca, de parte de CATIE, han contribuido al mejoramiento de las condiciones del recurso hídrico.

9. LITERATURA CONSULTADA

Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del aguadisponible en <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n60ne/Bio-agua.pdf> consultado el 4/2/2014.

Bonilla de Torres, B.L., Carranza Estrada, F.A., Flores Tensos, J.M., Gonzáles C.dIA., Arias de Linares, A.Y. & J.M. Chávez Sifontes. 2010. Metodología analítica para la determinación del índice de calidad del agua (ICA). *En*: 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). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 19 pág.

CATIE (2011) Estudio de Calidad de Agua del Área Protegida Trinacional Montecristo (Aptm), Comisión Trinacional del Plan Trifinio (CTPT), BID. Municipio de Metapán, departamento de Santa Ana, El Salvador. 178 págs.

Determinación de calidad del agua mediante indicadores biológicos en Colombia, disponible en http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012330682009000200007&lng=es&nrm= consultado el 5/2/2014.

Estrada Hernández, R.M., Hidalgo Aguilar, B.M., Quintanilla Carrillo, L.E. 2011. Determinación de la Calidad Ambiental del Agua en los Ríos San José y El Rosario, A través del Uso de Insectos Acuáticos como Bioindicadores, Durante El Año 2011 [Tesis]: Santa Ana, Universidad de el Salvador. 90 pág.

Gutiérrez Fonseca, P. E. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador. *En*: 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). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 64 pág.

_____, Sermeño Chicas, J.M. & J.M. Chávez Sifontes. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Plecoptera en El Salvador. *En*: Springer, M. (ed.). 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

Hernández Martínez, M.A., Pérez, D., Serrano Cervantes, L., Sermeño Chicas, J.M., Paniagua Cienfuegos, M.R., Springer, M. & A.J. Monterrosa Urias. 2010. Atlas geográfico de los insectos acuáticos indicadores de calidad ambiental de aguas de los ríos de El Salvador. *En*: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) -Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 104 pág.

Informe de calidad del agua de los ríos de El Salvador, año 2010, disponible en http://www.marn.gob.sv/phocadownload/informe_calidad_agua_2010.pdf, consultado el 4/2/2014.

Insectos indicadores de la calidad del agua de los ríos de El Salvador disponible en <http://portal.oas.org/LinkClick.aspx?fileticket=Y%2FELKCMvvYM%3D&tabid=1572> consultada el 10/2/2014.

- López Sorto, R.E., Sermeño Chicas, J.M. & D. Pérez. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros de los órdenes Megaloptera y Neuroptera en El Salvador. *En*: Springer, M. (ed.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 17 pág.
- MARN (2012) Elaboración de Planes de Microuencas y la Ejecución de obras de conservación de suelos y agua, Región hidrográfica San Vicente, Cuscatlán y Cabañas. BID, AECID, CATIE. Departamentos de San Vicente, Cuscatlán y Cabañas. El Salvador. 105 págs.
- Menjivar Rosa, R.A. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Diptera en El Salvador. *En*: 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). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 50 pág.
- Merrit, H. Cummins, K. & M. Berg (2008). An introduction to the aquatic insects of North America. 4^a ed, Ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1,558 págs.
- Pacheco-Chaves, B. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador. *En*: 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). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 49 pág.

Pérez, D.2010. Clasificación de la calidad del agua de los principales ríos de El Salvador y su relación con las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos. *En*: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 84 pág.

Rivas Flores, A.W., Gómez Orellana, R. E. & A.J. Monterrosa Urías. 2010. Consideraciones generales para el estudio y monitoreo de diatomeas en los principales ríos de El Salvador. *En*: Sermeño Chicas, J.M. & M. Springer (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). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 48 pág.

Salazar Colucho A.E. 2010. Determinación de Insectos Acuáticos Bioindicadores de Calidad Ambiental en los ríos del Área Natural Protegida La Magdalena, Municipio de Chalchuapa, Santa Ana, El Salvador 2009[tesis]: Santa Ana, Universidad de El Salvador. 135 pág.

Sermeño Chicas J. M., 2010. Proyecto de Formulación de Una Guía Metodológica Estandarizada para Determinar la Calidad Ambiental de las Aguas de los ríos de El Salvador Utilizando Insectos Acuáticos. *En*: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 53 p.

_____, Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010). *En*: Formulación de una guía

metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 43 pág.

_____, Pérez D. & P.E. Gutiérrez Fonseca. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Odonata en El Salvador. *En*: Springer, M. (ed.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 38 pág.

_____, _____, Muños Aguillón, S.M., Serrano Cervantes, L., Rivas Flores, A. W. & A.J. Monterrosa Urias. 2010. Metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macro invertebrados acuático 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. 26 pág.

_____, _____, Serrano Cervantes, L. M. Springer, M. R. Paniagua Cienfuegos, D. Pérez, A. W. Rivas Flores, R. A. Menjívar Rosa, D. L. Bonilla de Torres, F. A. Carranza Estrada, J.M. Flores Tensos, C. Gonzales, P. E. Gutiérrez Fonseca, M. A. Hernández Martínez, A. J. Monterrosa Urías & A. Y. Arias de Linares, 2010. Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF- SV-2010). *En*: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)- Organización de los Estados Americanos (OEA). SINAI Editores e Impresores, S.A de C.V. San Salvador, El Salvador. 43p.

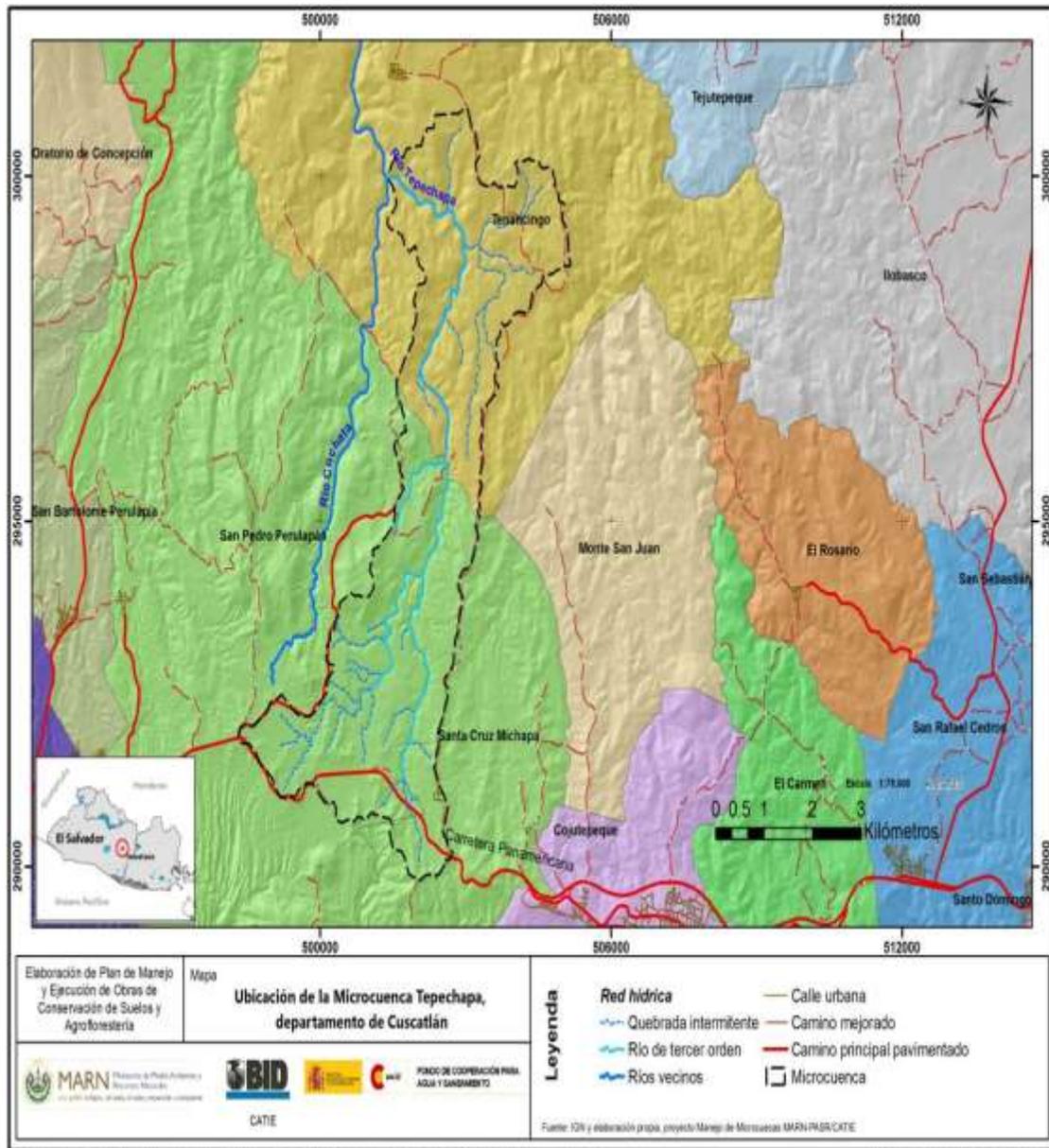
Serrano Cervantes, L. M& A. Zepeda Aguilar. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador. *En*: Springer, M., Sermeño Chicas, J.M. & D. Vásquez Acosta (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para 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). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 29 pág.

_____, _____, Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Lepidoptera en El Salvador. *En*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos en El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador. 16 pág.

Springer, M. Serrano Cervantes, L. M& A. Zepeda Aguilar. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Trichoptera. *En*: Sermeño Chicas, J. M. (ed.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 47 pág.

ANEXOS

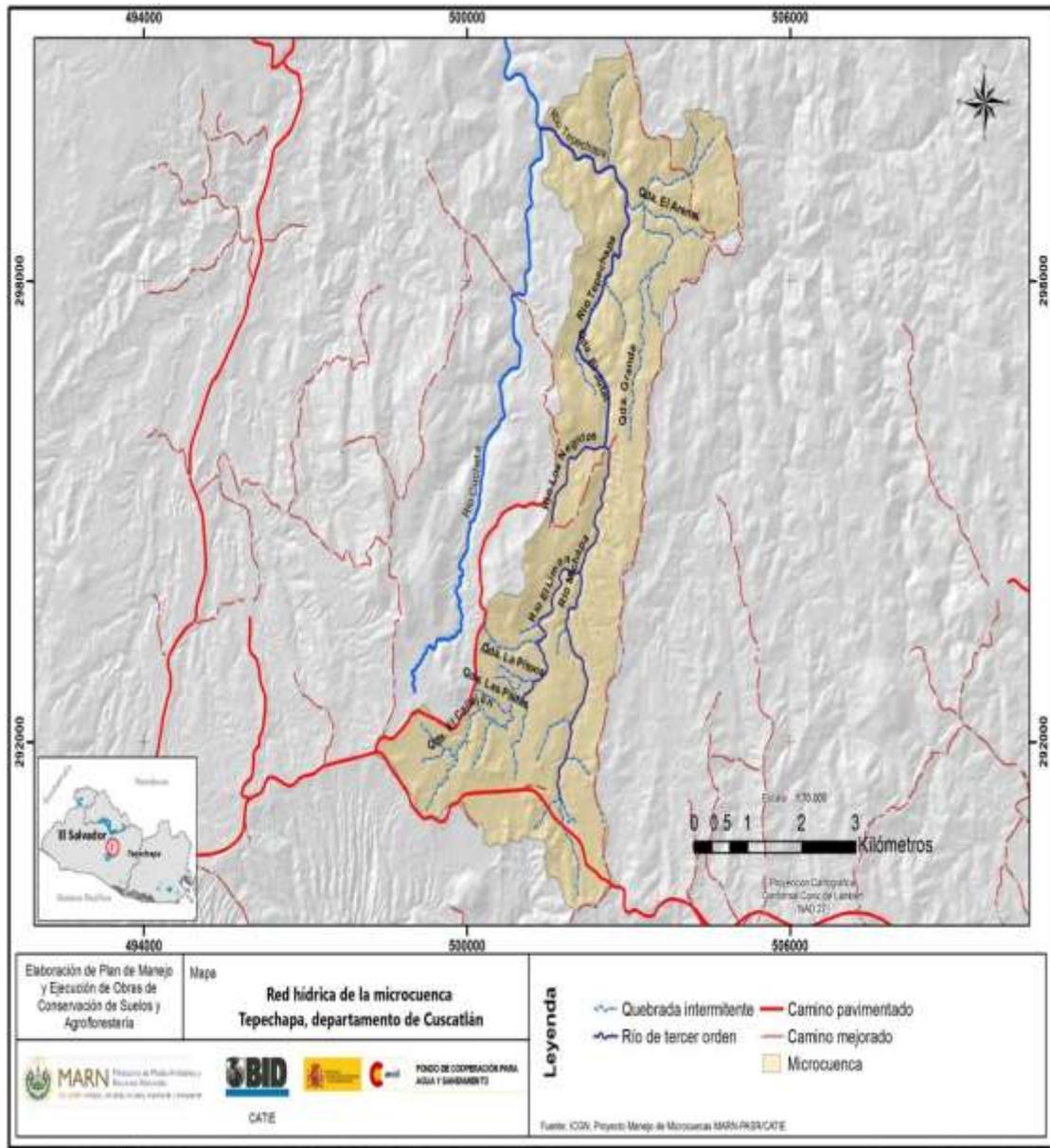
Anexo 1: Mapa base: Microcuenca del Río Tepechapa.



Fuente: CATIE-MARN 2010.

Municipios de Tenancingo, San Pedro Perulapán y Santa Cruz Michapa del departamento de Cuscatlán, entre las coordenadas 13°44'22.68" N, 88°59'14.33" O, en la margen sur y 13°49'02.30" N, 88°58'34.15" O, en la margen norte.

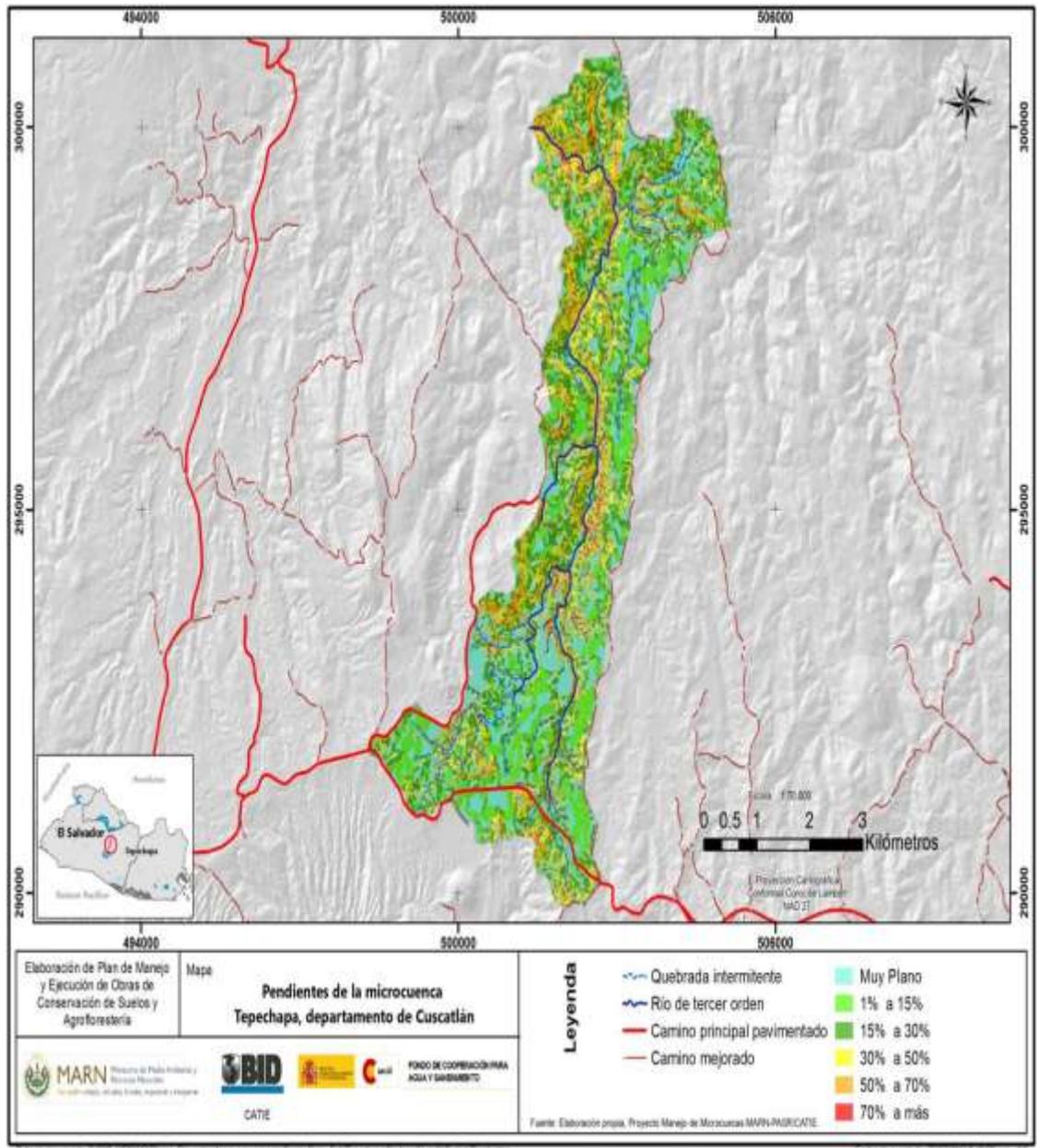
Anexo 2: Mapa red hídrica.



Fuente: CATIE-MARN 2010.

Municipios de Tenancingo, San Pedro Perulapán y Santa Cruz Michapa del departamento de Cuscatlán, entre las coordenadas 13°44'22.68" N, 88°59'14.33" O, en la margen sur y 13°49'02.30" N, 88°58'34.15" O, en la margen norte.

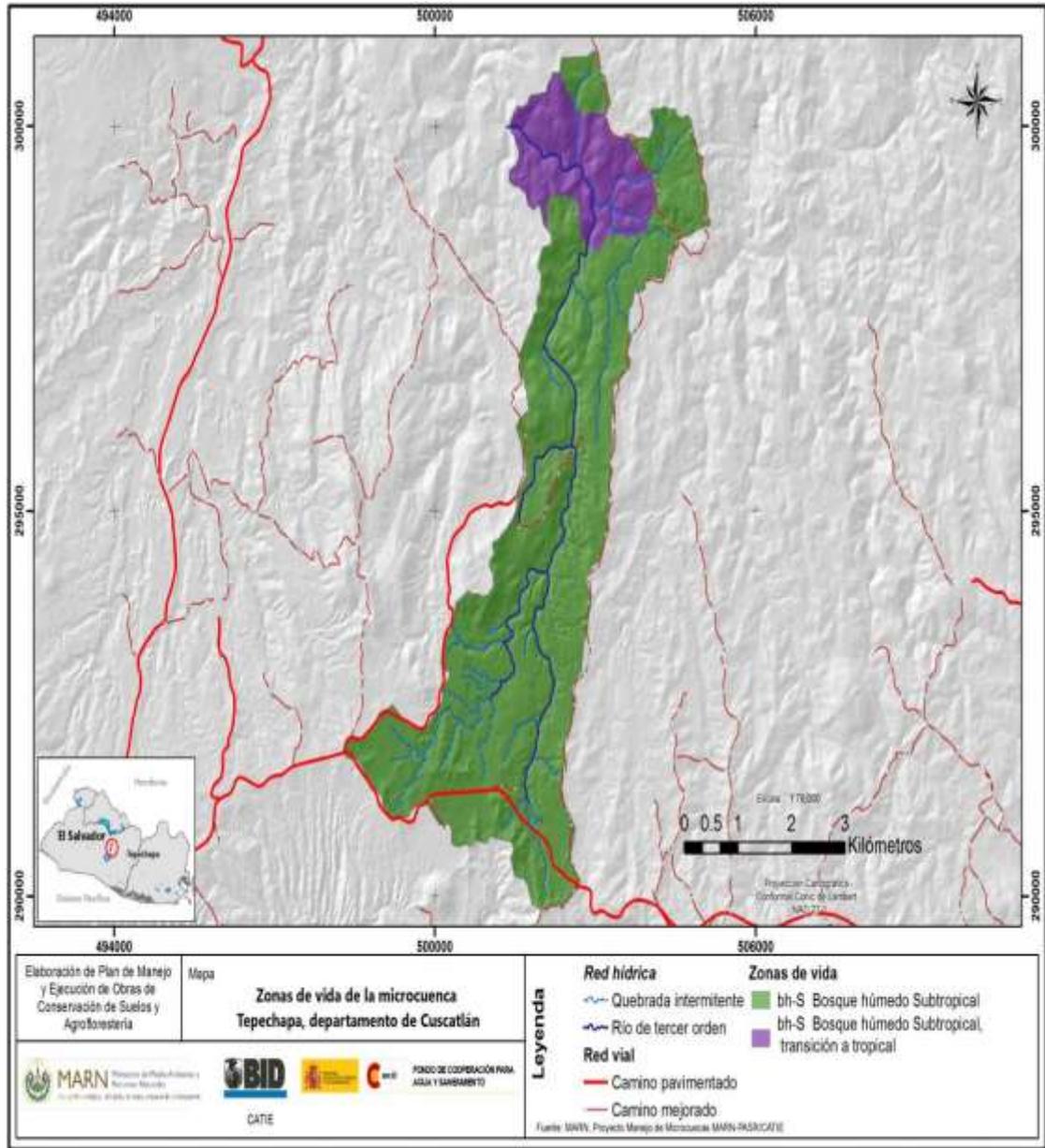
ANEXO 3: Pendientes de la Microcuenca Tepechapa.



Fuente: CATIE-MARN 2010.

Municipios de Tenancingo, San Pedro Perulapán y Santa Cruz Michapa del departamento de Cuscatlán, entre las coordenadas 13°44'22.68" N, 88°59'14.33" O, en la margen sur y 13°49'02.30" N, 88°58'34.15" O, en la margen norte.

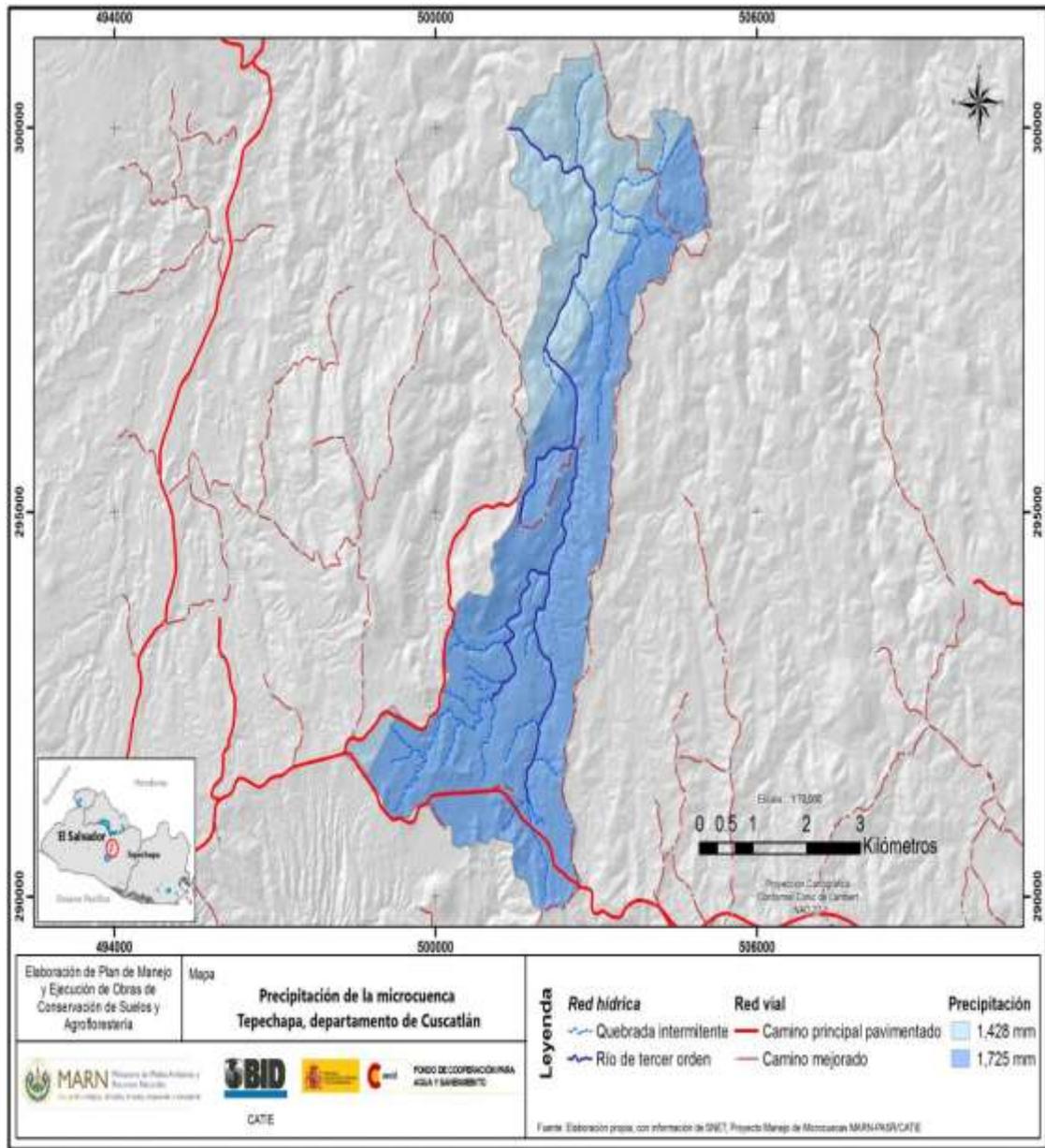
Anexo 4: Zonas de vida.



Fuente: CATIE-MARN 2010.

Municipios de Tenancingo, San Pedro Perulapán y Santa Cruz Michapa del departamento de Cuscatlán, entre las coordenadas 13°44'22.68" N, 88°59'14.33" O, en la margen sur y 13°49'02.30" N, 88°58'34.15" O, en la margen norte.

Anexo5: Mapa de precipitación.



Fuente: CATIE-MARN 2010.

Municipios de Tenancingo, San Pedro Perulapán y Santa Cruz Michapa del departamento de Cuscatlán, entre las coordenadas 13°44'22.68" N, 88°59'14.33" O, en la margen sur y 13°49'02.30" N, 88°58'34.15" O, en la margen norte.

Anexo 6.Boleta de campo a utilizar en la colecta de datos ambientales en los puntos de muestreo.

Boleta de campo N°___

Datos de evaluación visual y parámetros fisicoquímicos.

Punto de muestreo N°___

Sitio específico de muestreo: _____

Fecha: _____ **Hora:** _____

Investigador: _____

Personal de apoyo:

Generalidades del sitio.

Coordenadas geográficas	Latitud:		Longitud:		
	(N)		(O)		
Altitud msnm					
Tipo de suelo	Arcilloso	Arenoso	Limoso	Limo-arcilloso	Limo-arenoso
Rociedad	Mas de 50%	50%-30%	30%-10%	10%-2%	Menos de 2%
Suelo desnudo	80-70	60-50	40-30	20-10	10-2
Presencia de claros	Alta		Media		Baja

Parámetros físico-químicos del cuerpo de agua.

Color del agua			
Temperatura	T° ambiente °C		T° al interior del agua°C
Turbidez	Alta	Media	Baja
pH			

Observaciones:

Anexo 7:Características del cauce con protocolo SVAP puntajes 1 al 10.

Apariencia del Agua		
Sedimentos		
Zona Ribereña	Ancho	Calidad
Sombra		
Pozas		
Condición del cauce		
Alteración hidrológica (desborde)		
Refugio (hábitat) para peces		
Refugio (hábitat) para macro invertebrados		
Estabilidad de las orillas		
Barrera al movimiento de peces		
Presión de pesca		
Presencia de desechos sólidos		
-presencia de estiércol		
Aumento de nutrientes de origen orgánico		

Anexo 8: Boleta de laboratorio utilizada en la identificación de órdenes y familias de insectos acuáticos colectados en cada punto de muestreo.

Boleta de laboratorio N° ____

Datos de especímenes.

Punto de muestreo N° ____

Sitio específico de muestreo: _____

Fecha: _____ **Hora:** _____

Investigador: _____

Personal _____ **de** _____ **apoyo:** _____

Datos de colecta.

Órdenes y familias	Familias	Submuestra 1	Submuestra 2	Submuestra 3	Colador	Número de individuos	Calificación
O. Coleóptera							
O. Díptera							
O. Hemíptera							
O. Trichoptera							

O. Odonata							
O. Ephemeroptera							
O. Plecóptera							
O. Megaloptera							
O. Lepidóptera							
O. Ortóptera							
O. Blattodea							
O. Collembola							

Observaciones _____

Anexo 9: Fotografías de los puntos de muestreo.



Foto 1: Punto de muestreo número uno ubicado aguas abajo del nacimiento y antes de una perturbación de extracción de arena.



Foto 2: Punto de muestreo numero dos ubicado unos metros aguas abajo de la extracción de arena.



Foto 3: Punto de muestreo tres ubicado en una propiedad con parcelas diversificadas.



Foto 4: Punto de muestreo número cuatro ubicado en la bomba de agua.

Anexo 10: Fotografías en la fase de campo y laboratorio.



Foto 5: Colecta de datos para el protocolo SVAP.



Foto 6: Colecta de insectos utilizando el método del colador.



Foto 7: Colecta de insectos utilizando el método de la red "D".



Foto 8: Colecta de insectos utilizando el método del colador.



Foto 9: Tabulación de datos de forma digital de individuos por familias.



Foto 10: Limpieza y clasificación

Anexo 11: Familias del Orden Coleoptera encontradas en el Río Tepechapa.



Foto11:Larva de Hydrophilidae**Foto12:**Individuo de la familia Hydroscaphidae



Foto13: Individuo de la familia Ptilodactylidae**Foto 14:** Individuo de la familia Elmidae



Foto 15: Individuo de la Familia Curculionidae **Foto 16:** Adulto de la familia Staphylinidae.

Anexo 12: Familias del Orden Hemiptera encontradas en el Río Tepechapa.



Foto 17: Individuo de la familia Belastomatidae **Foto 18:** Adulto de la familia Hydrometridae



Foto 19: Ejemplar de la familia Naucoridae **Foto 20:** Individuo de la familia Mesoveliidae



Foto 21: Individuo de la familia Veliidae **Foto 22:** Pelos en uno de los segmentos de las patas medias que les sirven para nadar

Anexo 13: Familias del orden Díptera y Odonata encontradas en el Río Tepechapa.



Foto23: Larva de la familia Chironomidae. **Foto24:** Ejemplar de la familia simuliidae



Foto25: Larva de la familia Dolichopodidae **Foto 26:** Larva de la familia Ceratopogonidae



Foto27: Individuo de la familia Coenagrionidae **Foto28:** Náyade de la familia Gomphidae.

Anexo 14: Familias del orden Ephemeroptera, Megaloptera y Trichoptera encontradas en el Río Tepechapa.



Foto29:Ejemplar de la familia Leptohiphidae**Foto30:**Ejemplar de la familia Leptophlebiidae.



Foto 31:Individuo de la familia Corydalidae del orden Megaloptera.



Foto 32: Larva de familia Hydropsychidae del orden Trichoptera