



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica del Ecuador

MODALIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL

Tema de tesis

**Propuesta de una Red de Monitoreo para determinar la calidad del agua del río
Guayabal, en su paso por el poblado de Catamayo**

**Trabajo de fin de carrera
previa a la obtención del
título de Ingeniero en
Gestión Ambiental**

Autor: Víctor Vinicio Guerrero Cueva

DIRECTOR: Ing. Diego Stalin Marín Armijos

LOJA-ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Loja, 11 de abril de 2012

Ingeniero

Diego Stalin Marín Armijos

DOCENTE INVESTIGADOR DE LA UTPL

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis denominado: Propuesta de una Red de Monitoreo para determinar la calidad del agua del Río Guayabal, en su paso por el poblado de Catamayo, presentado por el estudiante Víctor Vinicio Guerrero Cueva, ha sido dirigido, revisado y discutido en todas sus partes; por lo cual autorizo la presentación, sustentación y defensa del mismo.

Ing. Diego Stalin Marín Armijos

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Las ideas, opiniones, criterios y recomendaciones escritas en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad del autor.

Víctor Vinicio Guerrero Cueva

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Víctor Vinicio Guerrero Cueva, con cédula de identidad No. 1100755089, declaro ser autor del presente trabajo, y eximo a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes de posibles reclamos y acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

Víctor Vinicio Guerrero Cueva

Ing. Diego Stalin Marín Armijos

DEDICATORIA

La dedicatoria de este trabajo está dirigida a las personas que más amo en este mundo... a Vinicio Andrés por ser mi hijo y la razón de mi vida; a mi esposa Ivonne por ser mi soporte y por estar siempre a mi lado dándome el aliento necesario para seguir adelante; a mis padres Olga y Virgilio por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida y a mis hermanas y hermanos por su cariño y valiosos consejos para alcanzar el éxito profesional.

Vinicio

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento sincero para la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial al Ing. Ramiro Morocho, Director de la Carrera de Gestión Ambiental por impulsar el presente trabajo de investigación.

Así mismo, mi más profundo reconocimiento y gratitud a mi Director de Tesis, Ing. Diego Marín, por haberme brindado su apoyo durante todo el desarrollo y ejecución del trabajo de investigación.

Y por último, mi agradecimiento a todas las personas de la Universidad Técnica Particular de Loja, que aportaron y apoyaron de una u otra manera en el desarrollo de la investigación.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACION DEL DIRECTOR DE TESIS	i
AUTORIA	ii
CESION DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
INDICE DE ANEXOS	viii
INDICE DE MAPAS	viii
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FOTOS	ix
RESUMEN	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos Específicos	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. Caracterización del Área de Estudio	3
3.2. Indicadores biológicos	3
3.3. Los macroinvertebrados bentónicos	4
3.3.1. Índices biológicos	4
a) Apariencia del agua	6
b) Sedimentos	6
c) Zona ribereña	7
d) Sombra (cobertura boscosa)	7
e) Pozas	8
f) Condición del cauce	8
g) Alteración hidrológica (desbordes)	8
h) Estabilidad de la orilla	9
i) Barreras al movimiento de peces	9

j)	Presión de pesca	10
k)	Presencia de desechos sólidos	10
l)	Refugio para peces dentro de la quebrada o río	10
m)	Refugio para macroinvertebrados dentro de la quebrada o río	11
n)	Presencia de estiércol	11
o)	Aumento de nutrientes de origen orgánico	11
3.4.	Contaminación del Agua	12
a)	Compuestos minerales	12
b)	Compuestos orgánicos	12
c)	Aguas residuales urbanas	12
d)	Aguas residuales industriales	12
e)	Aguas residuales ganaderas	12
f)	Aguas residuales agrícolas	12
3.5.	Sistemas de Información Geográfica	12
4.	METODOLOGÍA	14
4.1.	Descripción del Área de Estudio	14
4.2.	Selección de estaciones de Muestreo para el monitoreo de la calidad de agua	16
4.3.	Validación de las estaciones de muestreo	17
4.3.1.	Recolección de macroinvertebrados bénticos	17
4.3.2.	Identificación de Macroinvertebrados	18
4.3.3.	Análisis de datos	18
4.4.	Análisis físico químico y microbiológico del agua	22
4.3.4.	Recolección de muestras de agua	22
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	23
5.1.	Estaciones de Muestreo	23
5.2.	Evaluación de la Calidad de Agua	25
5.2.1.	Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)	26
5.2.2.	Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)	30
5.2.3.	Evaluación visual SVAP (Stream Visual Assessment Protocol)	33
5.2.4.	Evaluación física, química y microbiológica del agua	36

6. CONCLUSIONES	38
7. RECOMENDACIONES	40
8. BIBLIOGRAFÍA	41
9. ANEXOS	45

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Macroinvertebrados encontrados en las diferentes estaciones	45
Anexo 2: Fuentes contaminantes del río Guayabal	46
Anexo 3: Datos del primer muestreo	50
Anexo 4: Datos del segundo muestreo	51

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación del área de estudio	15
Mapa 2: Ubicación de puntos de muestreo	24

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Estaciones de muestreo	17
Cuadro 2: Calidad de agua de acuerdo al índice de EPT	19
Cuadro 3: Puntuación y descripción de grupos de macroinvertebrados	19
Cuadro 4: Nivel de calidad de las aguas	21
Cuadro 5: Ítems evaluados según el protocolo SVAP	21
Cuadro 6: Resultados EPT, estación 1, primer y segundo muestreo	26
Cuadro 7: Resultados EPT, estación 2, primer y segundo muestreo	27
Cuadro 8: Resultados EPT, estación 3, primer y segundo muestreo	28
Cuadro 9: Resultados EPT, estación 4, primer y segundo muestreo	29
Cuadro 10: Resultados BMWP, estación 1, primer y segundo muestreo	30
Cuadro 11: Resultados BMWP, estación 2, primer y segundo muestreo	31
Cuadro 12: Resultados BMWP, estación 3, primer y segundo muestreo	32
Cuadro 13: Resultados BMWP, estación 4, primer y segundo muestreo	33
Cuadro 14: Evaluación de las estaciones de muestreo en el río Guayabal por el método de SVAP	34

Cuadro 15:	Índices biológicos	35
Cuadro 16:	Resumen del análisis físico-químico y microbiológico de las 4 estaciones en los 2 muestreos realizados	36

INDICE DE FOTOS

Foto 1:	Recolección de muestras de macroinvertebrados	18
Foto 2:	Macroinvertebrado estación 1	45
Foto 3:	Macroinvertebrado estación 2	45
Foto 4:	Macroinvertebrado estación 3	45
Foto 5:	Macroinvertebrado estación 4	45
Foto 6:	Explotación de materiales pétreos en el río Guayabal	46
Foto 7:	Cultivos de caña de azúcar en el valle de Catamayo	46
Foto 8:	Lavado de vehículos en el río Guayabal	47
Foto 9:	Lavado de ropa en el río Guayabal	47
Foto 10:	Bañistas de fin de semana en el río Guayabal	48
Foto 11:	Descarga de aguas negras en el río Guayabal	48
Foto 12:	Descarga de aguas no tratadas industriales en el río Guayabal	49
Foto 13:	Desechos inorgánicos en el río Guayabal	49

RESUMEN

El presente estudio es una propuesta de red de monitoreo para evaluar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bénticos como indicadores de la salud del ecosistema. Este trabajo de investigación, por un lado evalúa la calidad del agua del río utilizando macroinvertebrados bénticos; y, por otro se conoce las fuentes de contaminación y su afectación a la fauna bentónica. Las muestras fueron recolectadas en 4 estaciones ubicadas en el paso del río Guayabal por la ciudad de Catamayo, Provincia de Loja. Para la evaluación de macroinvertebrados bénticos se aplicó el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), descrito en Roldán (1999); mientras que para evaluar el hábitat circundante se aplicó el protocolo SVAP (Stream Visual Assessment Protocol), descrito en Mafla (2005). Los resultados de calidad de agua levantados a través de índices biológicos se corroboran con el análisis físico – químico - bacteriológico complementario. Se recalca que este trabajo ofrece principalmente para el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Catamayo, una alternativa sencilla y económica de valoración periódica.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la supervivencia y el bienestar de los seres humanos, e importante para muchos sectores de la economía. Lamentablemente los recursos hídricos se encuentran repartidos de manera desigual en el espacio y el tiempo, por lo que son sometidos a fuertes presiones, principalmente antrópicas (CIEUA, 1998; Green Facts, 2008; Sánchez, 2008).

Alrededor del mundo, actividades humanas como la agricultura desmedida, deforestación, explotación maderera, canales de riego, explotación minera, descargas humanas están reduciendo la disponibilidad del recurso agua (CIEUA, Mafla, 2005).

En el Ecuador los estudios sobre calidad de agua e interacciones biológicas son escasos, lo que provoca un desconocimiento de la situación actual de los recursos hídricos. Además, los pocos estudios que se han realizado coinciden en que existe una fuerte contaminación del agua por desechos orgánicos. Por lo que es inminente emprender planes de conservación, manejo adecuado y sustentable de este recurso (Galárraga, 2001).

En la actualidad, para determinar la calidad y el grado de contaminación de las aguas, existen varios métodos de estudio tanto de carácter químico como físico, pero uno de los métodos quizá más confiable e interesante es el monitoreo biológico, el mismo que como su nombre lo indica considera los seres vivos habitantes del ecosistema acuático como indicadores e informadores de calidad del agua es decir del buen o mal estado de la misma (Maldonado, 1998; Roldán, 1999; Cisneros & Espinosa, 2002; Mafla, 2005).

Una manera de interpretar esta calidad del agua es a través de índices basados en la mayoría de los organismos que habitan los ríos, aunque los organismos más utilizados en estos sin duda alguna son los macroinvertebrados, debido a su tamaño relativamente grande y fácil de manejar, a su sencillez de recolección y a su sensibilidad frente a los distintos grados de contaminación (De Jalón, *et al.* 1980; Figueroa, *et al.* 1998; Cisneros & Espinosa, 2002).

El valle de Catamayo es un cantón agrícola principalmente de cultivos de ciclo corto, además de la caña de azúcar, café y guineo. Razón por la cual demanda una gran cantidad de agua para riego y consumo humano. Sus principales fuentes son los ríos Catamayo, Guayabal y Yaguachi los cuales riegan todo el valle (Guzmán, *et al.* 2008). Estas actividades: agrícolas y de consumo generan una presión significativa sobre el recurso hídrico.

Por lo cual se ha planteado este trabajo como un aporte al conocimiento y como una alternativa de evaluación de la calidad del agua del cantón Catamayo, el mismo se ha planteado a través de un trabajo de fin de carrera con la finalidad de establecer una red de monitoreo que facilite la evaluación y el seguimiento de la misma a través del tiempo en primera instancia en el río Guayabal. Para ello se han planteado los siguientes objetivos: (1) Evaluar la calidad del agua del río Guayabal, utilizando macroinvertebrados bénticos; para comprobar la idoneidad de los puntos de muestreo y (2) Conocer cuáles serían las fuentes de contaminación del río Guayabal y cómo éstas estarían afectando a la fauna bentónica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Proponer una red de monitoreo para evaluar la calidad del agua del río Guayabal en su paso por la ciudad de Catamayo, utilizando macroinvertebrados bénticos como indicadores de la salud del ecosistema, con el fin de ofrecer a la municipalidad del cantón una alternativa sencilla y económica para valorar periódicamente este recurso.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad del agua del río Guayabal, utilizando macroinvertebrados bénticos; para comprobar la idoneidad de los puntos de muestreo.
- Conocer cuáles serían las fuentes de contaminación del río Guayabal y cómo estas estarían afectando la fauna bentónica.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Caracterización del área de estudio

El Valle de Catamayo ubicado en el noroccidente de la provincia de Loja. Su clima es subtropical con una temperatura media anual de 24,1 °C y un promedio anual de lluvias de 381 mm. La temporada invernal generalmente es de tres meses Febrero, Marzo y Abril; y la época de lluvia de Mayo a Enero. Su principal afluente el río Guayabal atraviesa de Norte – Sur el valle, en su recorrido recibe el aporte de varias quebradas: de la Viña, Trapichillo, los Tejares, los Cuyes e Indiucho. La vegetación se distingue por la presencia de: guayaba (*Psidium guajaba*), faique (*Acacia macracantha*) y matico (*Piper aduncum*). Los principales cultivos agrícolas son: caña de azúcar, tomate de riñón, pimiento, yuca, maíz, camote, fréjol, hortalizas y frutales como, papaya, mango, limones y naranjas. La fauna en su mayoría son aves y mamíferos como: zorrillo, armadillo, conejo, guanchaca, añango y ardilla. De acuerdo al INEC 2001, Catamayo cuenta con 27.000 habitantes que corresponde al 63,5% de la población del cantón (Figueroa, 2008).

3.2. Indicadores biológicos

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales (Herbas, *et al.* 2006). Para estimarlo se podría considerarse como una medida genética, una especie o un gremio de especies, una medida de la estructura de un hábitat o algún hecho que provee una estimación relativa de la biodiversidad o un hecho en particular (Speight, 1999).

En términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita (Gutiérrez, *et al.* 2004; Medianero & Samaniego 2004; Oscoz, *et al.* 2006).

Esta evaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes. Por lo cual es posible usar varias características o propiedades estructurales y funcionales

de los diferentes niveles de organización biológica para evaluar en forma corporativa el estado de la biota acuática (Segnini, 2003).

3.3. Los macroinvertebrados bénticos

Los macroinvertebrados comprenden a los animales que en sus últimos estadios larvarios alcanzan un tamaño igual o mayor a 1mm. Pertenecen a los siguientes taxa: Insecta, mollusca, oligochaeta, hirudinae y crustácea principalmente. Algunas desarrollan toda su vida en el medio acuático (oligochaeta y mollusca), otros, por el contrario, tienen una fase de su ciclo aéreo. Puede vivir en hábitats o sustratos compuestos de grava, piedra, arena, fango, detritus, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos, etc. (Herbas, *et al.*2006).

Por su sensibilidad y alta diversidad responden a cualquier tipo de contaminación de manera efectiva (Carrera & Fierro, 2001; Mafla, 2005). Esta evaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes.

Según Reece y Richardson (1999) los macroinvertebrados bénticos cumplen con cinco características importantes: 1) son relativamente sedentarios y por lo tanto representativos del área donde son colectados; 2) tienen ciclos de vida relativamente cortos comparado con los peces y reflejan con mayor rapidez las alteraciones del medio ambiente mediante cambios en la estructura de sus poblaciones y comunidades; 3) viven y se alimentan en o sobre los sedimentos donde tienden a acumularse las toxinas, las cuales se incorporan a la cadena trófica a través de ellos; 4) su sensibilidad a los factores de perturbación y responden a las sustancias contaminantes presentes tanto en el agua como en los sedimentos, y 5) son fuente primaria como alimento de muchos peces y participan de manera importante en la degradación de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes.

3.3.1. Índices biológicos

Estos pueden dividirse en: índices de contaminación, que examinan la disminución de las poblaciones resultante de la progresiva degradación del medio; e índices relacionados con la estructura de la comunidad como tróficos, taxonómicos de diversidad y comparativos (Leiva, 2003).

Dentro de los índices más aplicados se pueden mencionar los siguientes:

- BMWP (Biological Monitoring Working Party), se originó en Gran Bretaña y consiste en ordenar las familias de macroinvertebrados acuáticos en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia le corresponde una puntuación entre 10 y 1 (Alba-Tercedor, 1996).
- El EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), considera únicamente a los órdenes de insectos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera como indicadores de buena calidad de agua, basados en la abundancia relativa de estos grupos en una muestra determinada (Calles, 2007).
- El IBF (Índice Biótico de Familias), calcula como el promedio ponderado de la abundancia de diferentes especies o géneros invertebrados de la comunidad béntica. Los valores de tolerancia oscilan entre 0 y 10. En 1988 se le hizo una modificación a través del investigador Hilsenhoff, lo cual comprende en una identificación de los macroinvertebrados bénticos hasta el nivel de familia, lo que reduce el tiempo de análisis de la calidad del agua (Correa, 2000).

Las ventajas de la mayoría de estos índices, es que para su utilización sólo se necesita conocer a nivel de familia cada uno de los grupos presentes en el sistema acuático (Figueroa, 1999), lo que soluciona el gran problema de nuestro país respecto a la falta de especialistas, taxónomos de los estados inmaduros de insectos acuáticos.

Existe también la posibilidad de evaluar el hábitat, el protocolo SVAP (Stream Visual Assessment Protocol) evalúa el hábitat físico de un río mediante la asignación de puntajes entre 1 y 10 a quince diferentes ítems. En ciertos casos, se puede excluir uno o más de los ítems, cuando no se aplica a un sitio.

Al final del proceso se asignan puntajes y se calcula el promedio de los 15 ítems. Ésta es una manera de evaluar un río (mediano a pequeño) o quebrada aplicando altos puntajes (9, 6 a 10) para ríos o quebradas que tienen condiciones sanas, y bajos puntajes (de 2,2 a 1) para ríos o quebradas en mal estado (Mafla, 2005).

La evaluación se implementa con las siguientes medidas:

a) Apariencia del agua

En la naturaleza, el agua de un río o quebrada tiene diferentes aspectos y es muy difícil contar la cantidad de colores que se han visto. Un río en buen estado debe tener el agua transparente, que se pueda ver el fondo (en la pozas por la profundidad algunas veces es difícil de observar); en color se puede distinguir desde verdes, azules hasta rojos. Cuando un río o quebrada presenta colores turbios (achocolatados) es porque la escorrentía del agua está transportando sedimentos de las riberas; esta turbidez se puede dar después de una gran lluvia, pero cuando persiste por varios días después de pasada la lluvia esto nos indica que la zona ribereña de las partes altas está siendo afectada por deforestación o malas prácticas de agricultura o que hay “fuertes puntos” de contaminación. Las peores condiciones las enseñaran las aguas que se muestren turbias todo el tiempo o las que tiene fuertes olores a químicos, aguas negras o residuos de aceite en la superficie.

b) Sedimentos

Un incremento en la sedimentación en un río se debe al arrastre de sólidos generados por erosiones, que a la vez son efecto de deforestación o tala inmoderada, cambios en el uso del suelo (como por ejemplo construcción de caminos), sobrepastoreo, etc. Esta sedimentación, que también puede ser causada por cambios en el cauce del río, es decir por canalizaciones y bordeo de los cauces, lleva a una pérdida en la profundidad de dichos sistemas acuáticos. Esto origina eliminación de pozas profundas o, en casos extremos, pérdida total de pozas. Un aumento en la sedimentación de un río se refleja también por la apariencia del agua, ya que con un aumento de partículas de tierra se torna turbia. El sedimento que un río transporta es parte de la función natural y la fuerza de los rápidos tiene que empujar las partículas hacia las pozas o remansos. Un río con la salud alterada tiene exceso de sedimentos en los rápidos, porque es demasiada la cantidad para ser arrastrada.

c) Zona ribereña

Es el segmento de vegetación alrededor del río en ambas orillas. Puede estar compuesta por árboles, arbustos y hierbas. La destrucción de las plantas en los márgenes de los ríos aumenta la posibilidad de desbordes destructivos ya que la vegetación representa una barrera natural que reduce el peligro de inundaciones, dándole una cierta estabilidad a las orillas que están protegidas por las raíces de las plantas y, por lo tanto, brinda cierta estabilidad al cauce del río y proporciona hábitat para peces y macroinvertebrados. Por otro lado, la disminución extrema o desaparición de desbordes son efecto de la canalización hecha por el ser humano que tiene como consecuencia la destrucción total de la vegetación ribereña y la eliminación de una fuente importante de nutrientes para los ecosistemas aledaños a los ríos. Esta zona es una fuente de alimentación (hojas, frutas, insectos) y también proporciona hábitat (raíces, ramas que caen) a los animales que viven en el agua. En el momento de las lluvias, esta zona actúa como el filtro del cauce, atrapa el sedimento y las partículas de contaminantes que son arrastrados por la escorrentía. Debido a la intervención humana son muchas las características que cada río o quebrada poseen. Por ejemplo, la mayoría de los ríos de la región en las partes altas cuentan con una zona ribereña compuesta de bosque primario, y siguiendo el cauce hacia la desembocadura van bajando de categoría, como los bosques intervenidos, charrales, llanuras de inundación y plantaciones (monocultivo) hasta terminar con las zonas de pastoreo donde se han cortado todos los árboles.

d) Sombra (cobertura boscosa)

Los ríos no alterados presentan en sus orillas una vegetación natural con diferentes funciones dentro de los sistemas acuáticos. Siempre que el agua no esté muy sucia, los ríos ofrecen a los organismos, sobre todo en la parte superior de la corriente donde la temperatura es más fría, un contenido de oxígeno, ya que el agua al correr se mezcla constantemente con aire e impide que se forme una capa anóxica alrededor de los organismos que gastan el oxígeno con su respiración. Además, la corriente impide que se forme una capa térmica pero, por lo general, se aumenta en el gradiente de temperatura desde la cabecera de los ríos hasta su desembocadura. La falta de sombra sobre los ríos (insolación intensa), por desaparición de esta vegetación, lleva a una elevación de la temperatura en el agua que ocasiona una

reducción del oxígeno sobre todo en lugares donde no hay corriente. Este efecto tiene relación directa con los organismos que viven en los ríos. Los árboles también aportan comida, mediante los insectos que viven en él y sus hojas, flores, etc. Un río angosto completamente en sombra y un río ancho que está parcialmente en sombra reciben en el índice un puntaje alto. Para esto se tienen criterios diferentes, en tamaños de cuencas.

e) Pozas

Las pozas son las partes donde el río es más hondo y la circulación del agua es más lenta. Este es un buen lugar para que muchos peces puedan descansar, esconderse y alimentarse. Las pozas de un río nos pueden mostrar lo que está pasando en las partes altas de la cuenca. Por ejemplo, la deforestación se ve reflejada en la continua acumulación de sedimentos en las pozas que poco a poco van desapareciendo o haciéndose inestables. Cuando el cauce es inestable el río no va a tener pozas bien formadas.

f) Condición del cauce

La condición natural de un cauce está regida por las curvas y meandros que se van formando con el paso del agua. Estas dos características ayudan a disipar energía al agua y crear hábitats propicios para peces y macroinvertebrados. Uno de los mayores daños que se le puede causar a un río es realizar una canalización porque pierde su estructura.

g) Alteración hidrológica(desbordes)

Las inundaciones (desbordes), a pesar que pueden traer efectos negativos para el ser humano, son buenas para el ecosistema porque traen nutrientes a la zona de inundación. Estos abonos naturales al bajar las aguas se van quedando entre los árboles y nutriendo la tierra, y muchos organismos tienen ciclos de vida que dependen de un ciclo de inundación natural.

Para que un río sea saludable no sólo es necesario que el agua corriendo por su cauce esté en perfectas condiciones, también debe tener todas las condiciones para

albergar a los peces y macro invertebrados, los cuales cumplen funciones vitales en el equilibrio del ecosistema.

Los cambios al cauce del río y las cuencas afectan la frecuencia en que ocurren las inundaciones y su magnitud. Puede ser que haya inundaciones frecuentes, cuando el cauce es más ancho de lo necesario, asintiendo que las inundaciones frecuentes hacen que el cauce se haga más ancho. Para saber si en un lugar se han dado inundaciones recientes, debemos observar las hojas o ramas que se ha llevado el río y están guindadas en la vegetación alrededor del río.

h) Estabilidad de la orilla

La inestabilidad de las orillas en un río se debe a efectos directos producidos por el ser humano; al cortar la zona ribereña, la orilla del río se ve desprotegida y las escorrentías arrastran las orillas socavándolas y haciendo cada vez más grande el cauce. Algunas actividades en el cauce pueden socavar los bancos, como la extracción de arena y piedra.

¿Cómo darse cuenta de que las orillas son inestables?, cuando veamos pedazos de tierra de las orillas cayendo en el agua, se observen raíces de los árboles sin suelo, o muchos árboles cayendo en el río.

i) Barreras al movimiento de peces

Los ríos sirven de camino para la migración de algunos seres vivos desde el mar hacia el agua dulce o viceversa. Es por eso que la construcción de represas y alcantarillados, entre otros, pueden tener un efecto negativo en la composición de los organismos acuáticos ya que la migración natural de estos organismos se obstruye. Las obstrucciones ocasionadas por el ser humano, como por ejemplo la formación de diques provisionales con piedras y las presas pequeñas o grandes, inhiben temporalmente el movimiento de organismos que generalmente son arrastrados después de lluvias fuertes. Otras barreras que se pueden encontrar son las áreas con bajo nivel o sin ella o un estrecho muy contaminado, por esto algunas especies no se atreven a pasar.

j) Presión de pesca

Un río alberga una población de animales que su hábitat pueden soportar. Cuando se hace frecuente la pesca, altera la composición de las poblaciones acuáticas, porque al darse pesca selecta por los individuos más grande, eventualmente se puede alterar la composición genética y así cada vez las especies se ven obligadas a reproducirse más jóvenes provocando una disminución en la cantidad y el tamaño de los peces más apetecidos. Dependiendo de la forma e intensidad de pesca, se eliminan las poblaciones que tal vez son parte de la alimentación de los peces más grandes; por ejemplo, la pesca con veneno no es selectiva, afecta a todos los organismos presentes en el agua. Muchas veces al ir al campo no se encuentra gente pescando, por eso es importante hablar con los vecinos sobre la cantidad de gente que pesca y la metodología que usan para ajustar los puntajes y no cometer errores.

k) Presencia de desechos sólidos

En algunos ríos y quebradas hay mucha basura que arroja la población en la cercanía de la ribera. El tipo de basura va desde latas, cartón, pañales desechables hasta ropa. Contaminando así los cauces de las quebradas tanto visual como químicamente.

l) Refugio para peces dentro de la quebrada o río

Un río en buen estado debe tener variedad de hábitats disponibles o estar listo para servir de refugio a los peces. Muchas sustancias orgánicas (hojas, ramas, polen, frutos, etc.) llegan de la zona ribereña a los ríos y en muchos casos pueden llegar a representar la principal fuente de alimentación y refugio. Esta relación lleva a una alta dependencia de los organismos presentes en los ríos. Otro factor, es la eliminación de pozas profundas que cambian la estructura del hábitat, lo que ocasiona un cambio en la diversidad de especies acuáticas o del sustrato natural, que al ser aterrado origina un estrés en los animales que habitan en el lugar.

Al hacer la evaluación en este punto, hay que tener cuidado ya que si no hay mucho de un tipo de refugio (por ejemplo, solo una piedra grande), no hay que contarlos. Si un tipo de cobertura es "ocasional", puede darle medio punto.

m) Refugio para macroinvertebrados dentro de la quebrada o río

La descomposición de detrito, incluso la de madera, es más rápida en el agua, pero antes de servir de alimento a los macroinvertebrados el detrito sirve también como refugio para los insectos. Aquí deben considerarse los hábitat usados por los insectos acuáticos y camarones, fuente importante de comida para los peces.

Hay que tomar en cuenta que algunos tipos de hábitat son llevados con la corriente después de una tormenta. Si ha llovido recientemente, hay que fijarse si hay hojas pegadas a palos o piedras. Aún si no hay muchos paquetes de hojas presentes en el agua, la presencia de hojas significa que en un futuro será hábitat propicio para insectos, esto significa que los hábitats deben estar listos para la colonización de insectos.

n) Presencia de estiércol

Los animales domésticos que tienen acceso al río sin ningún control, perjudican el ecosistema por dos razones principales. La primera es que la materia fecal que depositan contamina el agua, haciendo que los peces y macroinvertebrados sean atacados por los parásitos. La segunda razón es el maltrato de las orillas mientras caminan. Aún cuando no se encuentren ganado o estiércol, las huellas de animales pueden indicar que sí son un problema en esta área. Fíjese en áreas donde el agua corre muy lento y donde hay animales domésticos. ¿Hay muchas algas creciendo allí? Si hay muchas algas, indica que tal vez el estiércol es un problema.

o) Aumento de nutrientes de origen orgánico

En muchos ríos y riachuelos se observan algas que cubren casi todas las piedras con una capa verde. Pero también hay otras algas, musgo y plantas superiores, que tapizan las piedras; por eso, hay que tener en cuenta que las algas filamentosas son las que se parecen a cabellos y las que debemos buscar. Un aumento de nutrientes en los ríos que puede tener sus orígenes en la presencia de ganado en la zona ribereña, por desechos humanos o por efecto de químicos y fertilizantes inorgánicos que llegan a los ríos por escorrentía de las lluvias, conduce a un aumento de organismos, como algas y peces (tolerantes), y esto a una disminución del oxígeno en el agua. Por otro lado, este aumento de nutrientes puede ocasionar

enfermedades o ciertas formas de parasitismo en peces y en humanos. ¿Cómo darse cuenta de un aumento de nutrientes?, al pasar por encima de las piedras éstas son resbalosas.

3.4. Contaminantes del Agua

Según Jiménez (2001) la contaminación del agua puede estar producida por:

- a. **Compuestos minerales:** pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, mercurio, etc.), nitratos, nitritos. Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de O₂ disuelto en el agua) como el fósforo.
- b. **Compuestos orgánicos:** (fenoles, hidrocarburos, detergentes, etc.) producen también eutrofización del agua debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de los seres vivos y éstos consumen O₂. La contaminación microbiológica se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares.
- c. **Aguas residuales urbanas:** aguas fecales, aguas de fregado, agua de cocina. Los principales contaminantes de éstas son la materia orgánica y microorganismos.
- d. **Aguas residuales industriales:** contienen casi todos los tipos de contaminantes (minerales, orgánicas, térmicos por las aguas de refrigeración). Estas aguas se vierten a ríos o mares tras una depuración parcial.
- e. **Aguas residuales ganaderas:** el tipo de contaminantes va a ser materia orgánica y microorganismos. Pueden contaminar pozos y aguas subterráneas cercanas.
- f. **Aguas residuales agrícolas:** los contaminantes que contienen son materia orgánica (fertilizantes, pesticidas). Pueden contaminar aguas subterráneas, ríos, mares, embalses, etc.

3.5. Sistemas de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica SIG, es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar,

manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. Un SIG incluye procedimientos, datos, programas, hardware y gente. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permite por un lado representar al Mundo en estratos, y por otro, permite a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones. Un mapa es una información gráfica con localización geográfica de la descripción de un fenómeno. (Calvo, 1992).

4. METODOLOGÍA

4.1. Descripción del área de estudio

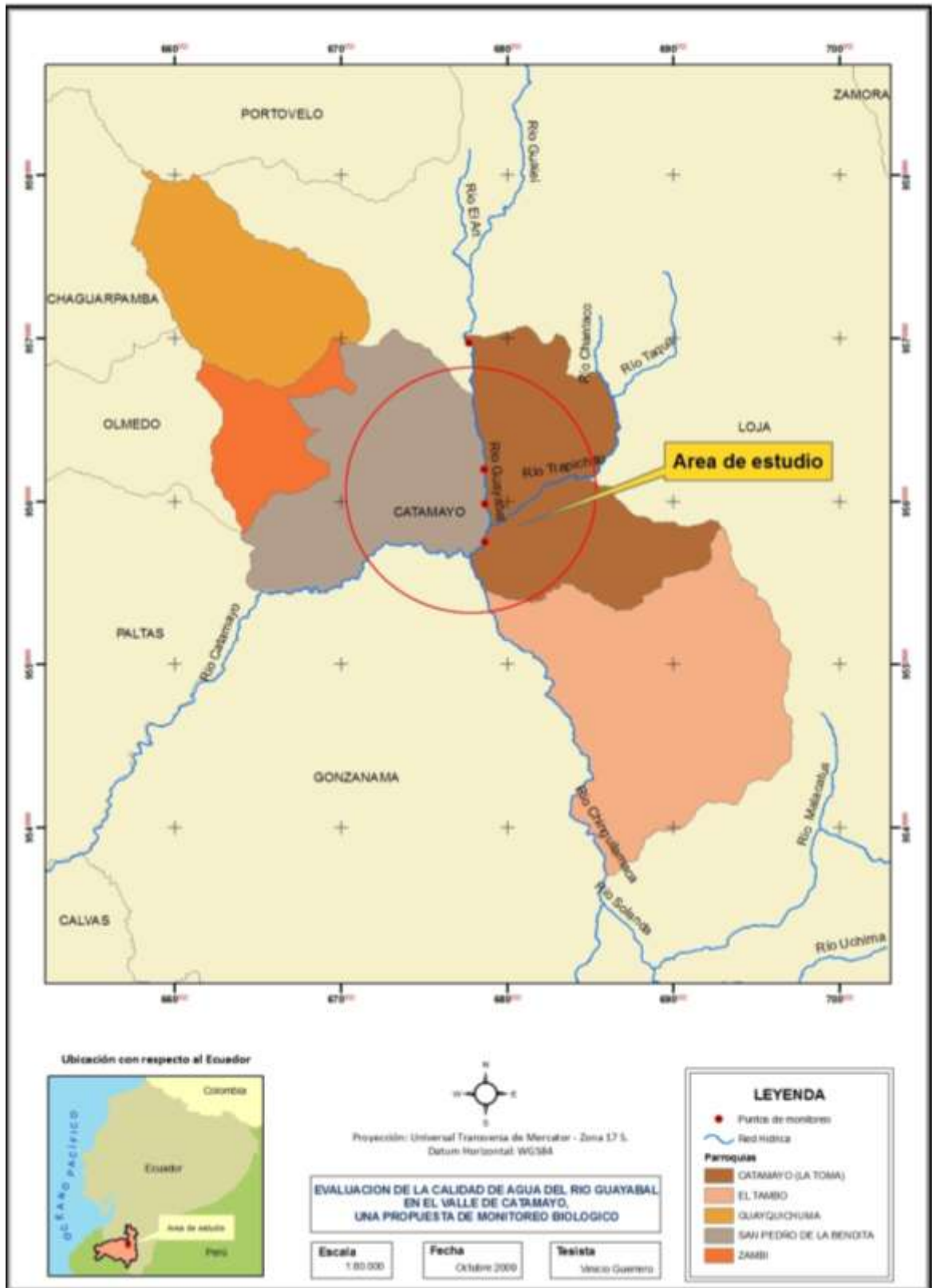
El cantón Catamayo pertenece a la provincia de Loja, tiene una extensión territorial de 648 km², se ubica entre las siguientes coordenadas planas:

Coordenadas N: 9536800 9581800

Coordenadas E: 655200 700900

Altitud 720 a 3 000 m s.n.m.

Los límites geográficos de Catamayo son: al norte con el cantón Loja, Olmedo y parte de la provincia de El Oro; al sur con el cantón Gonzanamá; al este con el cantón Loja; y al oeste con los cantones Chaguarpamba, Olmedo y Paltas. Las parroquias rurales que conforman el cantón son: El Tambo, Guayquichuma, Zambí y San Pedro de la Bendita.



Mapa1: Ubicación del área de estudio

4.2. Selección de estaciones de muestreo para el monitoreo de la calidad del agua.

- Recorrido de campo.

Se definió el Valle de Catamayo ubicado entre las cotas 1160 y 1600 m s. n. m., ya que en esta altitud es donde se depositan la mayoría de los residuos líquidos producto de las actividades productivas, recreación, industrial y descargas de aguas servidas de la población de Catamayo. En todo el trayecto del río Guayabal en el Valle de Catamayo y tomando en cuenta criterios primarios como: accesibilidad, puntos de confluencia de descarga, cercanía de puntos temporales de contaminación, representatividad del punto con respecto al área de muestreo y que preste las condiciones y características técnicas para realizar el muestreo de macro invertebrados; y criterios secundarios como: disponibilidad económica, disponibilidad de tiempo, costos de movilización y pertinencia de tiempo para el análisis de muestra para el laboratorio certificado.

En una visita de campo se determinan las estaciones, tomando en cuenta fuentes fijas y temporales de contaminación.

- Levantamiento de puntos, digitalización, generación y estructuración de la base de datos

Se realizó una visita de campo para la observación directa en el sector y a través del levantamiento de puntos mediante el GPS, se constató la ubicación de los mismos en el lugar, estos datos servirán para la edición del mapa de investigación.

Una vez conocida y validada la información, se realizó una edición y corrección de la información digitalizada obtenida en el primer punto y en base a ello se pudieron realizar las correcciones necesarias. La corrección topología, considera la depuración de las relaciones o a la conectividad generadas entre los objetos espaciales (duplicación de polígonos, líneas dobles, intersecciones, vacíos, etc.) esta se realizó con ayuda del software Arc gis 9.2.. En el caso de la presente investigación se utilizó información cartográfica secundaria y se colocó los puntos de muestreo levantados con el GPS.

- Edición de mapas

Una vez georeferenciada la información se procedió a la edición de mapas, lo que comprende leyenda, ubicación territorial, dirección norte, título, incorporación de tarjeta de presentación y ubicación de malla de coordenadas UTM. Se editarán dos mapas: (1) Ubicación del área de estudio a nivel de país, provincia y cantón; y (2) Ubicación de puntos de muestreo para el monitoreo.

4.3. Validación de las estaciones de muestreo

4.3.1. Recolección de macroinvertebrados bénticos

En cada una de las cuatro estaciones seleccionadas (Cuadro 1), se marcó en contra corriente un transecto de 100 metros y cada 10 metros se tomó una muestra de macro invertebrados durante 1 minuto de lavado del sustrato (piedras, ramas, hojas) a través de la Red de Surber la cual tiene un área de muestreo determinada por un cuadro de 0.096 m² y un ojo de malla de 0,4 mm (Carrera & Fierro, 2001). Los muestreos fueron realizados en julio y agosto del 2009.

Cuadro 1: Estaciones de muestreo

Estación	Lugar	Coordenadas UTM	
		x	y
1	Zharquicuña	677963	9570086
2	Puente Guayabal	678918	9562314
3	Malca	678956	9560192
4	La Vega	678798	9557862

Fuente: El autor

Posteriormente las muestras fueron etiquetadas y transportadas en fundas Ziploc (Foto 1) hasta el Laboratorio de Entomología de la UTPL para su identificación.



Foto 1: Recolección de muestras de macroinvertebrados.

4.3.2. Identificación de macroinvertebrados

Para la identificación se realizó una comparación con las especies que se encuentran depositadas en el Laboratorio de Entomología de la UTPL y también se utilizaron laminas de identificación de Carrera & Fierro (2001) y claves taxonómicas de Borrer *et al.* (1981) y Fernández & Domínguez (2001).

4.3.3. Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizaron los índices EPT, el cual está basado en la observación de la mayoría de taxa de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera (Carrera & Fierro, 2001).

La fórmula del índice EPT es:
$$\frac{\text{EPT presentes}}{\text{Abundancia total}} \times 100\%$$

Los valores obtenidos con la aplicación del índice EPT se compararon con el Cuadro 2 según Carrera & Fierro (2001).

Cuadro 2: Calidad de Agua de acuerdo al índice de EPT

Intervalos %	Calidad
75-100	Muy buena
50-74	Buena
25-49	Regular
0-24	Mala

Fuente: Carrera & Fierro, 2001

El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), el cual toma en cuenta el grado de sensibilidad que tienen las diferentes familias de macroinvertebrados ante los contaminantes, cabe mencionar que este análisis se basa en el índice de BMWP descrito en Roldán (1999), el cual determina la presencia de los diferentes grupos de macroinvertebrados y no la abundancia.

Este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica, no suele superar 200 (Cuadro 3).

Cuadro 3: Puntuación y descripción de grupos de macroinvertebrados

Puntuación	Grupos de macroinvertebrados
Puntuación 10	<i>Odonata: Polythoridae</i>
	<i>Diptera: Blephariceridae; Athericidae</i>
	<i>Ephemeroptera: Heptageniidae</i>
	<i>Plecoptera: Perlidae</i>
	<i>Trichoptera: Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae</i>
Puntuación 8	<i>Ephemeroptera: Leptophlebiidae</i>
	<i>Odonata: Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perilestidae</i>
	<i>Trichoptera: Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; Glossosomatidae</i>
	<i>Blattodea: Blaberidae</i>
Puntuación 7	<i>Coleoptera: Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae</i>
	<i>Odonata: Gomphidae; Lestidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; Platystictidae</i>
	<i>Trichoptera: Philopotamidae</i>

	<i>Crustacea: Talitridae, Gammaridae</i>
Puntuación 6	<i>Odonata: Libellulidae</i>
	<i>Megaloptera: Corydalidae</i>
	<i>Trichoptera: Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae</i>
	<i>Ephemeroptera: Euthyplociidae; Isonychidae</i>
Puntuación 5	<i>Lepidoptera: Pyralidae</i>
	<i>Trichoptera: Hydropsychidae; Helicopsychidae</i>
	<i>Coleoptera: Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae</i>
	<i>Ephemeroptera: Leptohyphidae; Oligoneuriidae; Polymitarciidae; Baetidae</i>
	<i>Crustacea: Crustacea</i>
	<i>Tricladida: Turbellaria</i>
Puntuación 4	<i>Coleoptera: Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae; Staphylinidae; Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae</i>
	<i>Diptera: Dixidae; Simulidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; Muscidae; Sciomyzidae; Ceratopogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae</i>
	<i>Hemiptera: Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae; Notonectidae</i>
	<i>Odonata: Calopterygidae, Coenagrionidae</i>
	<i>Ephemeroptera: Caenidae</i>
	<i>Hidracarina</i>
Puntuación 3	<i>Coleoptera: Hydrophilidae</i>
	<i>Diptera: Psychodidae</i>
	<i>Molusca: Valvatidae; Hydrobiidae; Lymnaeidae; Physidae; Planorbidae; Bithyniidae; Bythinellidae; Sphaeridae</i>
	<i>Annelida: Hirudidae; Glossiphonidae, Erpobdellidae</i>
	<i>Crustacea: Asellidae</i>
Puntuación 2	<i>Diptera: Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae</i>
Puntuación 1	<i>Diptera: Syrphidae</i>
	<i>Oligochaeta: (todas las clases)</i>

Fuente: Roldán, 1999

Los valores obtenidos con el índice BMWP se comparan con el Cuadro 4 según Mafla (2005).

Cuadro 4: Nivel de calidad de las aguas

Nivel de calidad	BMWP'	Color
Aguas de calidad excelente	>120	Excelente
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible	101-120	Muy bueno
Aguas de calidad regular, eutrófia, contaminación moderada	61-100	Bueno
Aguas de calidad mala, contaminadas	36-60	Regular
Aguas de calidad mala, muy contaminadas	16-35	Pobre
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	<15	Muy pobre

Fuente: Mafla, 2005

Para evaluar el hábitat circundante se aplicó el protocolo SVAP (Stream Visual Assessment Protocol) que evalúa el hábitat físico de un río mediante la asignación de puntajes entre 1 y 10 a quince diferentes ítems. En ciertos casos, se puede excluir uno o más de los ítems, cuando no se aplica a un sitio. Al final del proceso se asignan puntajes y se calcula el promedio de los 15 ítems (Cuadro 5). Ésta es una manera de evaluar un río o quebrada aplicando altos puntajes (9, 6 a 10) para ríos o quebradas que tienen condiciones sanas; y, bajos puntajes (de 2,2 a 1) para ríos o quebradas en mal estado (Mafla, 2005).

Cuadro 5: Ítems evaluados según el protocolo SVAP

Nº	Ítems
1	Apariencia del agua
2	Sedimentos
3	Zona ribereña (ancho y calidad)
4	Sombra
5	Pozas
6	Condición del cauce
7	Alteración hidrológica (desbordes)

8	Refugio (hábitat) para peces
9	Refugio (hábitat) para macroinvertebrados
10	Estabilidad de las orillas
11	Barrera al movimiento de peces
12	Presión de pesca
13	Presencia de desechos sólidos
14	Presencia de estiércol
15	Aumento de nutrientes de origen orgánico

Fuente: Mafla, 2005

4.4. Análisis físico químico y microbiológico del agua

4.4.1. Recolección de muestras de agua

La recolección de muestras de agua se realizó en los meses de caudal bajo (Julio y Agosto del 2009). En cada una de las cuatro estaciones se tomó una muestra de agua, para garantizar que la misma sea homogénea, al momento de la recolección se consideraron los siguientes criterios: tomar en el centro del cauce, en zona de corriente máxima y evitar remover los sedimentos del fondo.

Según el TULAS el análisis físico químico comprende: color, turbiedad, dureza pH (potencial de hidrogeno), alcalinidad, DQO (Demanda Química de Oxígeno), OD (Oxígeno Disuelto), sólidos en suspensión y sólidos totales. En el análisis bacteriológico se cuantificaron las coliformes totales y coliformes fecales.

Para preservar y evitar contaminación durante la manipulación, las muestras de agua se recolectaron en envases de polietileno de alta densidad, esterilizados; se sellaron herméticamente los envases y se identificaron los mismos con los datos principales de cada estación y se envió las muestras para su análisis físico y químico a un laboratorio particular “Centro de Investigación, Estudios y Servicios de Aguas y Suelos” CIESSA Cia. Ltda. ONEA Test Lab.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Estaciones de Muestreo

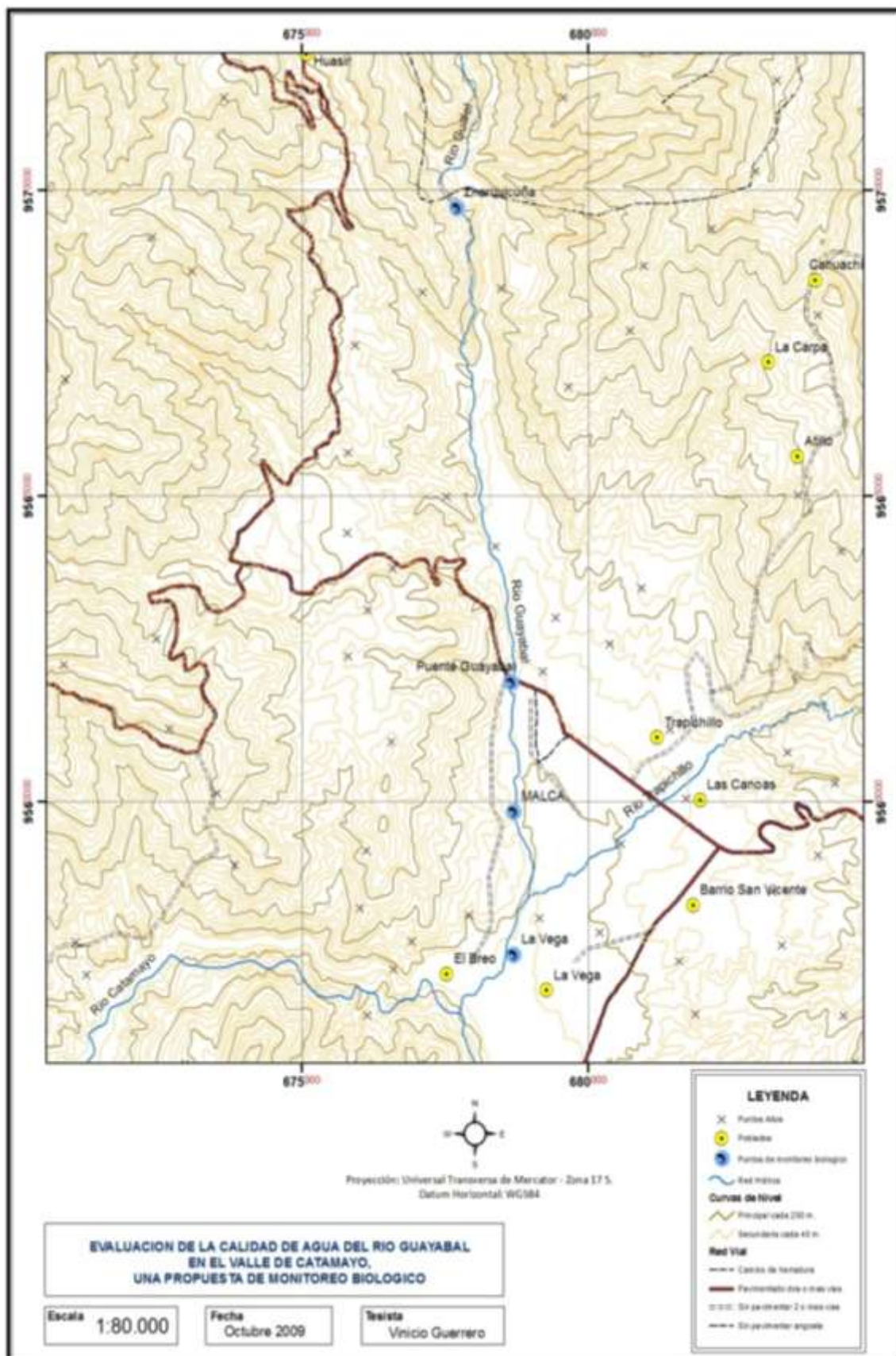
Tomando en cuenta los criterios primarios como: accesibilidad para la toma de muestras, puntos de confluencia de descarga, cercanía de puntos temporales de contaminación, representatividad del punto con respecto toda el área de muestreo y que preste las condiciones y características técnicas como disponibilidad de zonas pedregosas, ya que los macroinvertebrados se adhieren a estas y criterios secundarios como: disponibilidad económica para movilización, disponibilidad de tiempo, se determinaron cuatro estaciones de muestreo(Mapa 2).

Estación 1: ubicada en Zharquicuña, parte alta del río Guayabal, se tomó como estación blanco o testigo, ya que no se registran fuentes directas de contaminación.

Estación 2: ubicada en el puente Guayabal, donde se registra fuentes de contaminación por actividades como recreación, extracción de material pétreo, lavado de ropa y vehículos.

Estación 3: ubicada frente a la azucarera Malca, donde se registra descargas de las piscinas de tratamiento de aguas tratadas.

Estación 4: ubicada en La Vega, donde se descargan las aguas servidas de la población de Catamayo.



Mapa2: Ubicación de estaciones de muestreo

5.2. Evaluación de la calidad de agua

Para el análisis de la calidad de agua se utilizaron dos índices (EPT y BMWP) y un índice (SVAP) para la calidad del hábitat; a continuación se presentan los resultados y el análisis de las cuatro estaciones en las cuales se encontraron macroinvertebrados.

Durante la investigación se encontraron 669 individuos, pertenecientes a 25 familias de nueve órdenes.

5.2.1. Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)

□ ESTACIÓN Nº 1

Sitio: Zharquicuña.
 Nombre del Río: Guayabal
 Fecha de recolección: 23/07/09 1er muestreo y 22/08/09 2do muestreo
 Técnico: Egdo. Vinicio Guerrero

Cuadro 6: Resultados EPT, estación 1, primer y segundo muestreo

ESTACION 1 PRIMER MUESTREO		
Clasificación	Abundancia	EPT presentes
Elmidae	2	
Ptilodactylidae	4	
Biepharicesidae	2	
Chironomidae	2	
Baetidae	27	* 27
Euthyplocidae	1	* 1
Oligoneuridae	13	* 13
Leptophlebiidae	1	* 1
Corydalidae	5	
Perlidae	1	** 1
Hydrobiosidae	29	*** 29
Leptoceridae	1	*** 1
TOTAL	88	73

ESTACION 1 SEGUNDO MUESTREO		
Clasificación	Abundancia	EPT presentes
Elmidae	1	
Ptilodactylidae	3	
Baetidae	19	* 19
Leptophlebiidae	46	* 46
Corydalidae	17	
Perlidae	1	** 1
Hydrobiosidae	9	*** 9
Hydropsichidae	8	*** 8
Philopotamidae	3	*** 3
Annelidae	2	
TOTAL	109	86

EPT	83 %
MUY BUENA CALIDAD DE AGUA	

EPT	79 %
MUY BUENA CALIDAD DE AGUA	

- * ORDEN EPHEMEROPTERA
- ** ORDEN PLECOPTERA
- *** ORDEN TRICHOPTERA

Los resultados del índice de EPT de la estación 1, nos indican que existe muy buena calidad de agua, esto podría estar relacionado con la abundancia de la vegetación y la no presencia de fuentes de contaminación, es decir aún conserva características naturales.

□ ESTACIÓN Nº 2

Sitio: Puente Guayabal.
 Nombre del río: Guayabal
 Fecha de recolección: 23-07-09 1er muestreo y 22-08-09 2do muestreo
 Técnico: Egdo. Vinicio Guerrero

Cuadro 7: Resultados EPT, estación 2, primer y segundo muestreo

ESTACION 2 PRIMER MUESTREO		
Clasificación	Abundancia	EPT presentes
Staphylinidae	1	
Chironomidae	4	
Baetidae	26	* 26
Oligoneuridae	5	* 5
Leptophlebiidae	22	* 22
Corydalidae	1	
Perlidae	2	** 2
Hydrobiosidae	26	*** 26
Leptoceridae	1	*** 1
Philopotamidae	7	*** 7
Otros grupos	8	
Annelidae	1	
TOTAL	104	89

ESTACION 2 SEGUNDO MUESTREO		
Clasificación	Abundancia	EPT presentes
Hidroscaaphidae	1	
Ptilodactylidae	1	
Ceratopogonidae	11	
Chironomidae	2	
Baetidae	7	* 7
Leptophlebiidae	48	* 48
Nabidae	3	
Corydalidae	6	
Anisoptera	2	
Hydrobiosidae	33	*** 33
Glossosomatidae	5	*** 5
Hydropsichidae	74	*** 74
Philopotamidae	2	*** 2
Otros grupos	1	
TOTAL	196	169

EPT	86 %
MUY BUENA CALIDAD DE AGUA	

EPT	86 %
MUY BUENA CALIDA DE AGUA	

- * ORDEN EPHEMEROPTERA
- ** ORDEN PLECOPTERA
- *** ORDEN TRICHOPTERA

De igual forma que la estación 1, la estación 2 presenta una muy buena calidad de agua, esto podría atribuirse a que el cuerpo de agua todavía no está en contacto con las aguas servidas del casco urbano y al parecer las actividades de extracción de material pétreo, recreación y lavado de ropa y carros se está dando en un nivel bajo por lo que no estaría afectando considerablemente a los macroinvertebrados.

□ **ESTACIÓN N° 3**

Sitio: MALCA.
 Nombre del río: Guayabal
 Fecha de recolección: 23-07-09 1er muestreo y 22-08-09 2do muestreo
 Técnico: Egdo. Vinicio Guerrero

Cuadro 8: Resultados EPT, estación 3, primer y segundo muestreo

ESTACION 3 PRIMER MUESTREO		
Clasificación	Abundancia	EPT presentes
Chironomidae	7	
Oligoneuridae	1	* 1
Gordioidea	1	
Hydrobiosidae	1	*** 1
Philopotamidae	1	*** 1
Otro grupo	1	
Tupe	1	
TOTAL	13	3

ESTACION 3 SEGUNDO MUESTREO		
Clasificación	Abundancia	EPT presentes
Ceratopogonidae	1	
Chironomidae	33	
Hydropsichidae	1	*** 1
TOTAL	35	1

EPT	23 %
MALA CALIDAD DE AGUA	

EPT	3 %
MALA CALIDAD DE AGUA	

* ORDEN EPHEMEROPTERA

*** ORDEN TRICHOPTERA

La estación 3 presenta agua de mala calidad de acuerdo al índice EPT según la clasificación de Carrera & Fierro (2001), el tipo de contaminación que se puede evidenciar es orgánico por la presencia de chironómidos que es una familia tolerable a aguas con poca cantidad de oxígeno y turbias (Marchese & Paggi, 2004). Esta contaminación se puede atribuir a las descargas de materia orgánica debido a los procesos en el uso del suelo en agricultura.

□ **ESTACIÓN N° 4**

Sitio: La Vega.
 Nombre del río: Guayabal
 Fecha de recolección: 23-07-09 1er muestreo y 22-08-09 2do muestreo
 Técnico: Egdo. Vinicio Guerrero

Cuadro 9: Resultados EPT, estación 4, primer y segundo muestreo

ESTACION 4 PRIMER MUESTREO		
Clasificación	Abundancia	EPT presentes
Ceratopogonidae	18	
Syrphydae	2	
Psychodidae	4	
Chironomidae	30	
Gordioidea	1	
Hydrobiosidae	2	*** 2
TOTAL	57	2

ESTACION 4 SEGUNDO MUESTREO		
Clasificación	Abundancia	EPT presentes
Chironomidae	12	
TOTAL	12	0

EPT	4 %
MALA CALIDAD DE AGUA	

EPT	0 %
MALA CALIDAD DE AGUA	

*** ORDEN TRICHOPTERA

Al igual que la estación 3, el agua es de mala calidad. Con la diferencia que el porcentaje de contaminación es más severo. Esto se le podría atribuir al desfogue de las aguas servidas de las zonas pobladas cercanas, ya que en este cantón carecen de una planta de tratamiento de aguas residuales. Igualmente los chironómidos son el grupo dominante en este tipo de aguas.

5.2.2. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)

Este índice está basado en la sensibilidad que tienen los macroinvertebrados a determinada contaminación del agua donde viven.

□ ESTACIÓN Nº. 1

Sitio: Zharquicuña.
 Nombre del río: Guayabal
 Fecha de recolección: 23-07-09 1er muestreo y 22-08-09 2do muestreo
 Técnico: Egdo. Vinicio Guerrero

Cuadro10: Resultados BMWP, estación 1, primer y segundo muestreo

ESTACIÓN 1 PRIMER MUESTREO			ESTACIÓN 1 SEGUNDO MUESTREO		
Clasificación	Sensibilidad	Presencia	Clasificación	Sensibilidad	Presencia
Elmidae	6	6	Elmidae	6	
Ptilodactylidae	10	10	Ptilodactylidae	10	10
Ceratopogonidae	3		Ceratopogonidae	3	3
Chironomidae	2	2	Chironomidae	2	2
Baetidae	7	7	Baetidae	7	7
Euthyplocidae	9	9	Euthyplocidae	9	
Oligoneuriidae	10	10	Oligoneuriidae	10	
Leptophlebiidae	9	9	Leptophlebiidae	9	9
Gordioidea	3		Gordioidea	3	
Corydalidae	6	6	Corydalidae	6	6
Anisoptera	8		Anisoptera	8	8
Perlidae	10	10	Perlidae	10	
Hydrobiosidae	9	9	Hydrobiosidae	9	9
Glossosomatidae	7		Glossosomatidae	7	7
Hydropsichidae	5		Hydropsichidae	5	5
Leptoceridae	9	9	Leptoceridae	9	
Philopotamidae	8		Philopotamidae	8	8
Otros Grupos			Otros Grupos		
TOTAL		87	TOTAL		74
BUENA CALIDAD DE AGUA			BUENA CALIDAD DEL AGUA		

Al igual que en el índice EPT la calidad del agua es Buena. En esta estación se podría seleccionar a las familias más sensibles como Ptilodactylidae (Coleoptera) Oligoneuriidae (Ephemeroptera), Perlidae (Plecoptera) las cuales son buenas indicadoras de calidad de agua, y únicamente se pueden encontrar en zonas no perturbadas.

□ **ESTACIÓN No. 2**

Sitio: Puente Guayabal.
 Nombre del río: Guayabal
 Fecha de recolección: 23-07-09 1er muestreo y 22-08-09 2do muestreo
 Técnico: Egdo. Vinicio Guerrero

Cuadro11: Resultados BMWP, estación 2, primer y segundo muestreo

ESTACIÓN 2 PRIMER MUESTREO		
Clasificación	Sensibilidad	Presencia
Elmidae	6	
Ptilodactylidae	10	
Ceratopogonidae	3	
Chironomidae	2	2
Baetidae	7	7
Euthyplocidae	9	
Oligoneuridae	10	10
Leptophlebiidae	9	9
Gordioidea	3	
Corydalidae	6	6
Anisoptera	8	
Perlidae	10	10
Hydrobiosidae	9	9
Glossosomatidae	7	
Hydropsichidae	5	
Leptoceridae	9	9
Philopotamidae	8	8
Otros Grupos		
TOTAL		70
BUENA CALIDAD DE AGUA		

ESTACIÓN 2 SEGUNDO MUESTREO		
Clasificación	Sensibilidad	Presencia
Elmidae	6	
Ptilodactylidae	10	10
Ceratopogonidae	3	3
Chironomidae	2	2
Baetidae	7	7
Euthyplocidae	9	
Oligoneuridae	10	
Leptophlebiidae	9	9
Gordioidea	3	
Corydalidae	6	6
Anisoptera	8	8
Perlidae	10	
Hydrobiosidae	9	9
Glossosomatidae	7	7
Hydropsichidae	5	5
Leptoceridae	9	
Philopotamidae	8	8
Otros Grupos		
TOTAL		74
BUENA CALIDAD DEL AGUA		

Igualmente coincide la calidad buena calidad del agua con el índice EPT y las familias más sensibles a la contaminación.

□ **ESTACIÓN No. 3**

Sitio: MALCA.
 Nombre del río: Guayabal
 Fecha de recolección: 23-07-09 1er muestreo y 22-08-09 2do muestreo
 Técnico: Egdo. Vinicio Guerrero

Cuadro12: Resultados BMWP, estación 3, primer y segundo muestreo

ESTACIÓN 3 PRIMER MUESTREO		
Clasificación	Sensibilidad	Presencia
Elmidae	6	
Ptilodactylidae	10	
Ceratopogonidae	3	
Chironomidae	2	2
Baetidae	7	
Euthyplocidae	9	
Oligoneuridae	10	10
Leptophlebiidae	9	
Gordioidea	3	3
Corydalidae	6	
Anisoptera	8	
Perlidae	10	
Hydrobiosidae	9	9
Glossosomatidae	7	
Hydropsichidae	5	
Leptoceridae	9	
Philopotamidae	8	8
Otros Grupos		
TOTAL		32
MALA CALIDAD DE AGUA		

ESTACIÓN 3 SEGUNDO MUESTREO		
Clasificación	Sensibilidad	Presencia
Elmidae	6	
Ptilodactylidae	10	
Ceratopogonidae	3	3
Chironomidae	2	2
Baetidae	7	
Euthyplocidae	9	
Oligoneuridae	10	
Leptophlebiidae	9	
Gordioidea	3	
Corydalidae	6	
Anisoptera	8	
Perlidae	10	
Hydrobiosidae	9	
Glossosomatidae	7	
Hydropsichidae	5	
Leptoceridae	9	
Philopotamidae	8	
Otros Grupos		
TOTAL		10
MUY MALA CALIDAD DEL AGUA		

La calidad de agua en esta estación varía en de un mes a otro debido al ritmo de descargas de desechos al río, ya que estas no son constantes y estarían relacionadas con la producción del ingenio azucarero.

□ **ESTACIÓN No. 4**

Sitio: La Vega.
 Nombre del río: Guayabal
 Fecha de recolección: 23-07-09 1er muestreo y 22-08-09 2do muestreo
 Técnico: Egdo. Vinicio Guerrero

Cuadro 13: Resultados BMWP, estación 4, primer y segundo muestreo

ESTACIÓN 4 PRIMER MUESTREO		
Clasificación	Sensibilidad	Presencia
Elmidae	6	
Ptilodactylidae	10	
Ceratopogonidae	3	3
Chironomidae	2	2
Baetidae	7	
Euthyplocidae	9	
Oligoneuridae	10	
Leptophlebiidae	9	
Gordioidea	3	3
Corydalidae	6	
Anisoptera	8	
Perlidae	10	
Hydrobiosidae	9	9
Glossosomatidae	7	
Hydropsichidae	5	
Leptoceridae	9	
Philopotamidae	8	
Otros Grupos		
TOTAL		17
MALA CALIDAD DE AGUA		

ESTACIÓN 4 SEGUNDO MUESTREO		
Clasificación	Sensibilidad	Presencia
Elmidae	6	
Ptilodactylidae	10	
Ceratopogonidae	3	
Chironomidae	2	2
Baetidae	7	
Euthyplocidae	9	
Oligoneuridae	10	
Leptophlebiidae	9	
Gordioidea	3	
Corydalidae	6	
Anisoptera	8	
Perlidae	10	
Hydrobiosidae	9	
Glossosomatidae	7	
Hydropsichidae	5	
Leptoceridae	9	
Philopotamidae	8	
Otros Grupos		
TOTAL		2
MUY MALA CALIDAD DEL AGUA		

Igual que en la estación 3 la calidad del agua varía entre los meses de muestreo igualmente podría estar asociado a las descargas de aguas servidas y al ciclo hidrológico del río, la lluvia podría estar influyendo en dos vías: la primera al diluir la mayor cantidad de sólidos en suspensión y permitir la recuperación de la fauna béntica y la segunda al aumentar el caudal y llevar gran parte de los macroinvertebrados.

5.2.3. Evaluación visual SVAP (Stream Visual Assessment Protocol)

Según los parámetros medidos, indican que las estaciones 1 y 2 se encuentran en estado bueno, y las estaciones 3 y 4 en estado malo (Cuadro 14).

Cuadro 14: Evaluación de las estaciones de muestreo en el río Guayabal por el método de SVAP

Nº	Parámetros	Puntuación			
		E1	E2	E3	E4
1	Apariencia del agua	8	8	3	1
2	Sedimentos	8	8	6	4
3	Zona ribereña (ancho y calidad)	7	5	6	6
4	Sombra	7	4	5	6
5	Pozas	6	7	3	7
6	Condición del cauce	8	8	7	6
7	Alteración hidrológica (desbordes)	9	9	9	6
8	Refugio (hábitat) para peces	8	9	6	7
9	Refugio (hábitat) para macroinvertebrados	8	9	4	3
10	Estabilidad de las orillas	9	9	6	6
11	Barrera al movimiento de peces	9	7	8	8
12	Presión de pesca	9	7	6	5
13	Presencia de desechos sólidos	9	5	5	6
14	Presencia de estiércol	8	8	8	7
15	Aumento de nutrientes de origen orgánico	6	6	5	4
Promedio		7,93	7,27	5,80	5,47
Calificación		Buena	Buena	Mala	Mala

Según los resultados obtenidos las estaciones 3 y 4 siguen siendo las más afectadas antropogénicamente. Este resultado concuerda con los valores obtenidos en los índices biológicos.

Cuadro 15: Índices biológicos

Índice EPT			Índice BMWP-CR			Protocolo SVAP		
Zona	Valor Indicador	Calidad del Agua	Zona	Valor Indicador	Calidad del Agua	Zona	Valor Indicador	Calidad del Agua
E1	81	Muy Buena	E1	80.5	Buena	E1	7.93	Buena
E2	86	Muy Buena	E2	72	Buena	E2	7.27	Buena
E3	13	Mala	E3	21	Mala	E3	5.8	Mala
E4	2	Mala	E4	9.5	Mala	E4	5.47	Mala
Óptimo	75 - 100	MUY BUENA	Óptimo	> 120	EXCELENTE	Óptimo	9 - 10	BUENA

Haciendo un análisis general de los tres métodos de evaluación, se puede evidenciar que los dos índices y el protocolo SVAP coinciden en sus resultados, lo cual corrobora la validez de la metodología utilizada.

Sin embargo como se mencionaba anteriormente estos resultados podrían considerarse como preliminares, no son definitivos tomando en cuenta el número de muestras tomadas y las características estacionales de la zona de estudio.

5.2.4. Evaluación Física, Química y Microbiológica del Agua

Los resultados del Centro de Investigación, Estudios y Servicios de Aguas y Suelos CIESSA Cia. Ltda. ONEA Test Lab del análisis físico-químico-bacteriológico realizadas en las muestras de agua se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16: Resumen del análisis físico-químico y microbiológico de las 4 estaciones en los 2 muestreos realizados

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO								
Parámetros	Unidad	E1	E2	E3	E4	Límite Permissible	Método	Norma
Turbiedad	NTU	927.5	105.5	97	82.5	100 NTU	AWWA	TULAS
Dureza total	mg/L	59.5	87	185	203.5	500	AWWA-ETAS	TULAS
pH	pH	7.2	7.35	7.3	7.25	9	AOAC 973-41	TULAS
OD	mg/L	7.15	7.5	6.5	6.25	No <6	AOAC 973-45	TULAS
Sólidos totales	mg/L	2502.5	1785.5	2368	3154	500 mg/L	SM 2540 B	TULAS
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO								
Párametros	Unidad	E1	E2	E3	E4	Límite Permissible	Método	Norma
Coliformes totales	NPM/100ml	2.104	2357.5	3.225	3338.5	3.000	APHA 9221 B	TULAS
Coliformes fecales	NPM/100ml	62	62	125	152.5	200	INEN 1529-8	TULAS

Los resultados de las muestras de agua están regulados según los límites permisibles basados en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). La turbiedad sobrepasa el límite permisible en las estaciones 1 y 2, esto puede estar dado por la metodología aplicada en la toma de la muestras, por acción del caudal fuerte que remueve el fondo el río, por las precipitaciones altas o por actividades antropogénicas de extracción de material pétreo río arriba.

La dureza total está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos de calcio y magnesio. Las cuatro estaciones están dentro del límite permisible. Sin embargo, las estaciones 3 y 4 por sus valores individuales serían consideradas aguas duras no aptas para uso industrial. Lo que no ocurre con las estaciones 1 y 2 consideradas aguas suaves aptas para el uso industrial.

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua, ya que la mayoría de iones se disuelven en este medio. En cuanto al potencial de hidrógeno (pH)

todas las estaciones están dentro del límite permisible ubicándose en neutro igual a siete.

El oxígeno disuelto (OD) es un elemento crítico para la mayoría de plantas y animales acuáticos. Los valores comprendidos entre 5-6 ppm de OD es suficiente o aceptable para la mayor parte de especies, lo cual es se puede evidenciar en los valores obtenidos en las cuatro estaciones.

Los sólidos totales hacen referencia a la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. En las cuatro estaciones se sobrepasa considerablemente el límite permisible pero hay que considerar que este límite está basado para agua de consumo humano.

En cuanto al análisis microbiológico los coliformes son especies bacterianas importantes como indicadores de contaminación y se dividen en 1) coliformes totales que son las especies que no tienen origen fecal al contrario de los 2) coliformes fecales que se encuentran en el intestino de humanos y mamíferos en general. En las estaciones 3 y 4 se sobrepasa el límite permisible de coliformes totales. Y en cuanto a coliformes fecales de origen intestinal las cuatro estaciones están dentro del límite.

De manera general en el análisis físico – químico las cuatro estaciones presentan una cantidad considerable de sólidos en suspensión que está asociado a la turbidez del agua. Y en el análisis microbiológico las estaciones 3 y 4 presentan mayor cantidad de coliformes totales y fecales, aunque en esta última está dentro del límite permisible.

6. CONCLUSIONES

Las estaciones permanentes de monitoreo son una alternativa para el desarrollo de programas de control de calidad del agua a nivel institucional como Municipios, Consejos Provinciales, Colegios, Universidades, Institutos de Investigación. Esto permitirá verificar en el tiempo como se están manejando los desechos líquidos en la zona de influencia.

Los índices de calidad del agua y el protocolo SVAP coinciden en sus resultados pudiendo concluir que los organismos acuáticos podrían tener una relación estrecha con la calidad del hábitat circundante, es decir los macroinvertebrados bénticos son buenos indicadores de la calidad del agua.

Igualmente los parámetros físico – químicos medidos en el agua coinciden con los índices biológicos, por lo cual se podría concluir que resultaría más económico trabajar con los macroinvertebrados bénticos como indicadores de la calidad del agua.

El análisis físico – químico es un análisis complementario para corroborar los resultados de calidad de agua levantados a través de índices biológicos. Sin embargo no se debería realizar como único procedimiento para evaluar la calidad del agua, ya que la naturaleza de toma de la muestra no es la adecuada, para que este análisis sea representativo se debería tomar varias muestras durante el día. Pero lamentablemente aplicar este procedimiento es caro por el número de muestras a analizar y además se requiere de mayor recurso humano.

De las zonas tres y cuatro que exhiben baja calidad de agua, de manera especulativa se evidencia una recuperación lenta entre las dos fechas de muestreo, sin embargo habría que considerar el número bajo de muestreos que se realizaron en el tiempo.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente este trabajo ha generado información sobre la calidad de las aguas y ha identificado los factores que determinan esa calidad; toda la investigación puede ser utilizada como línea base o preliminar y metodológicamente como una herramienta de apoyo, lo cual permitirá verificar los cambios físicos que ocurren antropogénicamente. Este es el paso necesario para

proponer acciones acordadas entre los diferentes actores institucionales que participan en el manejo del agua.

La red de monitoreo para evaluar la calidad del agua del río Guayabal en su paso por la ciudad de Catamayo, propuesta en la presente investigación será útil para la municipalidad de Catamayo, ya que es la línea base para monitorear y asegurar la disponibilidad del recurso agua en la calidad requerida. La importancia de usar la metodología de monitorear macroinvertebrados bénticos como indicadores de la salud del ecosistema, radica en que es sencilla y económica para hacerlo en forma periódica. Mientras más seguido se aplique más pronto se tomaran medidas dirigidas al control y manejo de la contaminación.

A pesar de la concienciación de los países desarrollados en materia de medio ambiente, siguen siendo importantes los niveles de contaminación de las aguas próximas a los asentamientos humanos, industriales y turísticos; y siguen llegando a arroyos y ríos, los vertidos de aguas residuales con productos químicos, tóxicos y microorganismos patógenos, que luego desembocan a pantanos, lagos y finalmente al mar. Con esto se evidencia que la contaminación del agua es un problema local, regional y mundial y está relacionado con la contaminación del aire y con el modo en que usamos el recurso de la tierra.

7. RECOMENDACIONES

Establecer alianzas estratégicas con Municipios, Consejos Provinciales y Organizaciones interesadas en conocer el estado actual de sus ríos.

Proponer plantas de tratamiento económicas y eficientes, para industrias y centros poblados.

Determinar lineamientos para el cumplimiento de planes de manejo de aguas residuales para las principales industrias, fábricas y centros poblados del cantón. Estos planes de manejo podrían contemplar como sugerencia lo siguiente:

Programas de capacitación ambiental, brindados a las comunidades y centros poblados ubicados en el área de influencia del estudio, con el objeto de generar conciencia ambiental en los pobladores, esto permitirá y facilitará la adopción de cualquier medida de conservación, remediación y compensación ambiental.

Programas de recuperación, reforestación y estabilización de los márgenes de los cauces hídricos, así como de otras áreas afectadas, con especies nativas del lugar y de rápido crecimiento.

Programas de control y manejo de los desechos sólidos, a través de la implementación de un relleno sanitario local.

Programa de información y prevención a los pobladores que viven en las zonas de influencia directa del río Guayabal y aguas abajo de ella, acerca de la situación del río y los riesgos que representan, sobre todo a personas que pudieran estar usando el agua para riego, consumo animal o cualquier otro fin.

Finalmente para corroborar y afinar metodologías se sugiere realizar muestreos temporales largos que consideren la biología de las especies muestreadas y la estacionalidad de la zona (épocas seca y lluviosa). Esto tomando en cuenta que se están utilizando organismos vivos que están directamente influenciados por factores bióticos y abióticos de su entorno, es decir que reaccionan en forma diferente dependiendo de su ubicación latitudinal y altitudinal, lo que da paso al establecimiento de protocolos de muestreo e índices de acuerdo al entorno.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alba – Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía 2: 203 – 213.
- Borror, D.; De Long, D. & Triplehorn, C. 1981. An introduction to the study of insects. 5ta. Edition. USA. 928 pp.
- Calles, J. 2007. Bioindicadores terrestres y acuáticos para las microcuencas de los ríos Illangama y Alumbre, provincia de Bolivar. EcoCiencia. Ecuador. 29 pp.
- Calvo, M. 1992. Sistemas de Información Geográfica Digitales: Sistemas geomáticos. IVAP-EUSKOIKER, Ed. Oñati, 616 pp.
- Carrera, C. & Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Ecuador. 67 pp.
- Cisneros, R. & Espinosa, C. 2001. Evaluación de la calidad del agua en los ríos Zamora Huayco, Malacatos y Zamora Loja-Ecuador: Un modelo de biomonitoreo. Tesis BIgo. 43pp. Cuenca, Ecuador. Universidad del Azuay.
- Correa, I. 2000. Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua en los ríos de la cuenca alta del Río Chama, utilizando macroinvertebrados bénticos. Tesis de pregrado. Universidad de los Andes. Venezuela. 52 pp.
- Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (CIEUA), 1998. Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador. United States Southern Command. 49 pp.
- De Jalón, D., Del Tanago, M. & De Viedna, A. 1980. Importancia de los Insectos en los Métodos Biológicos Para el estudio de la Calidad del Agua; Necesidad de su Conocimiento Taxonómico. Graellcia. Revista de Entomólogos Ibéricos 35, 36: 143-148. Madrid, España

- Fernández, H. & Domínguez, E. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Editorial Universitaria de Tucumán. Tucumán-Argentina. 282pp.
- Figuroa, L. 2008. Actualización del Estudio de impacto ambiental y Plan de manejo Ambiental Monterrey Azucarera Lojana C.A: Malca, Catamayo Ecuador. 1 disco compacto 8mm.
- Figuroa, R.; Araya, O.; Parra, C. & Valdovinos, P. 1998. Macroinvertebrados Bentónicos como Indicadores de Calidad de Agua. Universidad de Concepción. Concepción. Chile.
- Figuroa, R. 1999. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de calidad de agua, Río Damas, Osorno, X Región de los Lagos, Chile. Tesis para optar al Magister en Ciencias mención en Zoología. 105 pp.
- Galárraga, R. 2001. Estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Hidrored. Ecuador.
- GreenFacts, 2008. Facts on water resources: A summary of the United Nations World Water Development Report 2 (WWDR). Confedazion Suisse.
- Gil Quilez, J.; Palau, A. & Fernández Manzanal, Ch. 2001. Calidad Biológica (BMWP') de las aguas del río Cinca (Huesca). *Limnetica* 20: 107 – 113.
- Gutiérrez, J.; Riss, W. & Ospina, R. 2004. Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. *Caldasia* 26: 151 – 160.
- Guzmán, R.; González, M.; Mejía, L. & Chalán, R. 2008. Producción agrícola y construcción de indicadores de sostenibilidad en el cantón Catamayo de la provincia de Loja. Tesis de Pregrado. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador. 127 pp.
- Herbas, R.; Rivero, F. & Gonzáles, A. 2006. Indicadores biológicos de la calidad del agua. Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia. 21 pp.

- Jiménez, B. 2001. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiadas. Editorial Limusa. México. 926 pp.
- Leiva, M. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en la cuenca del estero Peu Peu comuna de Lautaro IX Región de la Araucanía. Tesis de Pregrado en Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco. Chile. 93 pp.
- Mafla, M. 2005. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica. Macroinvertebrados (BMWP - CR -Biological Monitoring Working Party) y Hábitat (SVAP -Stream Visual Assessment Protocol). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).Turrialba, Costa Rica.
- Maldonado, P. 1998. Evaluación De la Calidad del Agua del río Tomebamba utilizando los Macroinvertebrados como indicadores biológicos. Trabajo de tesis. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Marchese, M. & Paggi, A. 2004. Diversidad de Oligochaeta (Annelida) y Chironomidae (Diptera) del Litoral Fluvial Argentino. INSUGEO, Miscelania 12: 217-224.
- Medianero, E. & Samaniego, M. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. Folia Entomol. Mex 43: 279 – 294.
- Oscos, J.; Campos, F. & Escala, M. 2006. Variación de la comunidad de macroinvertebrados bénticos en relación con la calidad de las aguas. Limnetica 25: 683 – 692.
- Reece, P. & Richardson, J. 1999. Biomonitoring with reference condition approach for the detection of aquatic ecosystems at risk. Proc. Biology and management of species and habitats at risk. Kamloops. 549 – 552.
- Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23 (88): 375-387.

- Sánchez, M. 2005. El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party), modificado y adaptado al cause principal del río Pamplonita al norte de Santander. *Bistua* 2: 54 – 67.
- Sánchez, D. 2008. Uso de los coleópteros acuáticos ibéricos en la conservación de la biodiversidad. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. Departamento de Ecología e Hidrología. 178 pp.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos* 16 (2): 45 – 63.
- Speight, M.; Hunter, M. & Watt, A. 1999. *Ecology of insects concepts and applications*. Blackwell Science Ltd. USA. 350 pp.

9. ANEXOS

Anexo 1: Macroinvertebrados encontrados en las diferentes estaciones



Foto 2: Macroinvertebrado estación 1. Orden: Trichoptera, Familia: *Hydropsychidae*.



Foto 3: Macroinvertebrado estación 2. Orden: Plecoptera, Familia: *Perlidae*.



Foto 4: Macroinvertebrado estación 3. Orden: Díptera Familia: *Chironomidae*.



Foto 5: Macroinvertebrado estación 4. Orden: *Diptera* Familia: *Caratopogonidae*.

Anexo 2: Fuentes contaminantes del río Guayabal

Minería

La explotación libre de materiales pétreos, no existen investigaciones ni trabajos técnico-mineros para la exploración y explotación (Foto 6). Quienes poseen terrenos ribereños explotan el material pétreo en forma manual; construyen una fosa al costado del río y comienzan a extraer el material con ayuda de un pico o pala, luego lo acumulan en un lugar estable, para su comercialización; utiliza una malla para clasificar en arena fina y gruesa; y escogen la piedra en rangos de diámetros.



Foto 6: Explotación de materiales pétreos en el río Guayabal

Agricultura

Concentración de plaguicidas organoclorados y organofosforados medida en ppm, en suelos agrícolas con monocultivos de caña de azúcar (Foto 7), tomate de riñón y maíz.



Foto 7: Cultivos de caña de azúcar en el valle de Catamayo

Lavado de Vehículos

Lavado diario de vehículos desprendiendo contaminantes como grasas, aceites y combustibles (Foto 8).



Foto 8: Lavado de vehículos en el río Guayabal (estación 2)

Lavado de ropa

Esta actividad (Foto 9) desprenden contaminantes como detergentes grasas y jabones.



Foto 9: Lavado de ropa en el río Guayabal

Recreación

Los fines de semana y feriados, el río Guayabal recibe en mayor porcentaje desechos solidos (Foto 10).



Foto 10: Bañistas de fin de semana en el río Guayabal

Descarga de aguas servidas

Descargas de poblados de Chuquiribamba, Chantaco, Taquil, Trapichillo y toda población de Catamayo (Foto 11).



Foto 11: Descarga de aguas negras en el río Guayabal

Descarga de aguas no tratadas industriales

Por parte de la industria azucarera (Foto 12).



Foto 12: Descarga de aguas no tratadas industriales en el río Guayabal

Desechos sólidos e inorgánicos

El cantón Catamayo no cuenta con un programa de manejo de los desechos sólidos (Foto 13).



Foto 13: Desechos inorgánicos en el río Guayabal

Anexo 3: Datos del primer muestreo

Caracterización Física, química, Macro y Microbiológica del río Guayabal																																															
primer muestreo 23/07/2009																																															
Nº	Nº	Orden	Familia	Estacion 1								Estacion 2								Estacion 3							Estacion 4							TOTAL													
				M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30		M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38					
1	1	COLEOPTERA	Elmidae					1	1																																		2				
3	2	COLEOPTERA	Staphylinidae															1																								1					
4	3	COLEOPTERA	Hidroscaphidae																																							0					
5	5	COLEOPTERA	Ptilodactylidae					2	1				1																												4						
6	1	DIPTERA	Ceratopogonidae																												2	2	3	4	2	1	1		3	18							
7	2	DIPTERA	Biopharicesidae			1			1																																2						
9	3	DIPTERA	Syrphidae																																	1	1			2							
10	4	DIPTERA	Psychodidae																											1	3									4							
11	5	DIPTERA	Chironomidae			2							3	1								3	2	1					1	2	2	3	3	7	5	4	1		3	43							
12	1	EPHEMEROPTERA	Baetidae		4	12	1	2	3			2	3	2	9	7	3	3		1		1																			53						
13	2	EPHEMEROPTERA	Euthyplocidae		1																																				1						
15	3	EPHEMEROPTERA	Oligoneuridae		1			2	2			4	4	1			2				2	1																			19						
16	4	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	1									3	5		1	2				11																				23						
17	1	HEMIPTERA	Nabidae																																						0						
18	1	NEMATODA	Gordioidea																				1													1					2						
19	1	NEUROPTERA	Corydalidae	1	1					2	1				1																										6						
21	1	ODONATA	Anisoptera																																						0						
22	1	PLECOPTERA	Perlidae						1						1						1																				3						
23	1	TRICHOPTERA	Hydrobiosidae	2	1	2	1	9	7	5		1	1	1	13	5	4		2	1				1						1											1	58					
24	2	TRICHOPTERA	Glossosomatidae																																							0					
25	3	TRICHOPTERA	Hydropsichidae																																							0					
27	4	TRICHOPTERA	Leptoceridae				1															1																			2						
28	5	TRICHOPTERA	Philopotamidae											1							6	1																			8						
29	1	OTROS GRUPOS														8								1																	9						
30	2	OTROS GRUPOS	Annelidae																		1																				1						
31	3	OTROS GRUPOS	Tupe																																						1						
		TOTAL		4	9	16	3	16	16	7	1	7	9	3	23	13	14	6	8	11	4		22	3		3	4	1									2	6	7	7	7	10	7	5	1		7

Anexo 4: Datos del segundo muestreo

		Caracterización Física, química, Macro y Microbiológica del río Guayabal																																																	
		Segundo muestreo 22/08/2009																																																	
Nº	Orden	Familia	Estacion 1										Estacion 2										Estacion 3										Estacion 4										TOTAL								
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M	M10	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M	M10	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M	M10	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M	M10									
1	COLEOPTERA	Elmidae				1																																		1											
3	COLEOPTERA	Staphylinidae																																							0										
4	COLEOPTERA	Hidroscahidae																				1																		1											
5	COLEOPTERA	Ptilodactylidae							1	2											1																			4											
1	DIPTERA	Ceratopogonidae												1		4	2	1	2	1																				12											
2	DIPTERA	Biepharicesidae																																						0											
3	DIPTERA	Syrphidae																																						0											
4	DIPTERA	Psychodidae																																						0											
5	DIPTERA	Chironomidae														1	1															4	3	3	2	3	9	4	1	4	12	10	3	2	7	2	8	7	10	6	102
1	EPHEMEROPTERA	Baetidae	5	3	1	2	2	1	3		1	1	5								1	1																										26			
2	EPHEMEROPTERA	Euthyplocidae																																															0		
3	EPHEMEROPTERA	Oligoneuridae																																															0		
4	EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	7	12	3	4	6	4	6	2	2			2	12	12				7	10	5																										94			
1	HEMIPTERA	Nabidae														1					1																												3		
1	NEMATODA	Gordioidea																																															0		
1	NEUROPTERA	Corydalidae	2	2	2	1		1	3	2	2	2	1			1				2	1		1																										23		
1	ODONATA	Anisoptera														2																																	2		
1	PLECOPTERA	Perlidae							1																																								1		
1	TRICHOPTERA	Hydrobiosidae						1	3	2			3	18	6	9																																		42	
2	TRICHOPTERA	Glossosomatidae														1																																		5	
3	TRICHOPTERA	Hydropsichidae	2	1		1	1	2	1							24	13	12	8	7	10		1																											83	
4	TRICHOPTERA	Leptoceridae																																																0	
5	TRICHOPTERA	Philopotamidae							1	2																							2																	5	
1	OTROS GRUPOS															1																																	1		
2	OTROS GRUPOS	Annelidae				2																																												2	
3	OTROS GRUPOS	Tupe																																																0	
TOTAL			16	18	6	11	9	10	20	8	5	6	25	9	24	42	16	17	19	23	16	5	5	3	3	2	3	9	5	1	4	12	10	3	2	7	2	8	7	10	6										