



Universidad Técnica Particular de Loja

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

GESTIÓN AMBIENTAL

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS RÍOS DE LA CIUDAD DE LOJA Y DISEÑO DE LÍNEAS GENERALES DE ACCIÓN PARA SU RECUPERACIÓN Y MANEJO”

**Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero (a) en
Gestión Ambiental.**

AUTORES

MARÍA FERNANDA ARCE MONCADA

MÁRLIN ADRIÁN LEIVA CALDERÓN

DIRECTORA

Blga. Indira Black S.

LOJA – ECUADOR

2009

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Loja, 12 de marzo de 2009

Bióloga

Indira Black Solís

DOCENTE INVESTIGADOR DE LA UTPL

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis denominado: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS RÍOS DE LA CIUDAD DE LOJA Y DISEÑO DE LÍNEAS GENERALES DE ACCIÓN PARA SU RECUPERACIÓN Y MANEJO”** presentado por los señores: Arce Moncada María Fernanda & Leiva Calderón Márlin Adrián, ha sido dirigido, revisado y discutido en todas sus partes, por lo cual autorizo la presentación, sustentación y defensa del mismo.

Blga. Indira Black Solís

DIRECTORA DE TESIS

AUTORÍA

Las ideas, opiniones, criterios y recomendaciones plasmadas en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

María Fernanda Arce
AUTOR

Márlin Adrián Leiva
AUTOR

CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros, **Arce Moncada María Fernanda & Leiva Calderón Márlin Adrián**, declaramos ser autores del presente trabajo y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y sus representantes locales, de posibles reclamos y acciones legales.

Adicionalmente declaramos 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”.

María Fernanda Arce

AUTOR

Márlin Adrián Leiva

AUTOR

Blga. Indira Black Solís

DIRECTORA

DEDICATORIA

A mis padres, las dos personas más importantes en vida, porque sin su apoyo no hubiera podido llegar a esta etapa tan importante y realizarme profesionalmente. Y a mi querido amigo y compañero Adrián por todo el tiempo compartido.

María Fernanda

*A mi mamita querida por estar siempre a mi lado y apoyarme incondicionalmente en todos mis proyectos.
A mi compañera de tesis por la paciencia y dedicación en este trabajo.*

Adrián

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por la vida y por las oportunidades puestas en nuestro camino.

La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin la apoyo de aquellas personas que de una u otra forma colaboraron incondicionalmente para que se lleve a cabo esta investigación.

Nuestro más profundo agradecimiento es para la Universidad Técnica Particular de Loja por el apoyo, tanto logístico como económico.

A nuestros maestros por todos los conocimientos transmitidos, de manera muy especial a nuestra directora de tesis Bióloga Indira Black Solís, por el tiempo brindado, sacrificio y dedicación.

No podemos dejar de lado a nuestros queridos compañeros de aula y a nuestros amigos que aportaron con nuevas ideas, que de forma desinteresada supieron ayudarnos de la mejor manera.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iii
CESIÓN DE DERECHOS	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	vii
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	ix
Índice de gráficos	x
RESUMEN	xi

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. El agua en el Ecuador	4
3.2. El agua y su importancia	4
3.3. Política de aguas en el Ecuador	6
3.4. Organismos bioindicadores	11
3.5. Métodos biológicos para determinar la calidad del agua	16
3.6. Indicadores de calidad de agua en base a parámetros físico-químicos	20
3.7. Evaluación visual de ríos y quebradas con el SVAP	23

4. METODOLOGÍA	25
4.1. Descripción del área de estudio	25
4.2. Descripción de las zonas de muestreo	26
4.3. Muestreo	28
4.3.1. Macroinvertebrados bentónicos	28
4.3.2. Análisis físico-químico	29
4.4. Determinación de la calidad del agua	30
4.5. Evaluación visual de la ribera de los ríos	31
4.6. Diseño de estrategias y acciones	33
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1. Diversidad de las comunidades bentónicas de los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora	34
5.2. Presencia de organismos tolerantes y no tolerantes a la contaminación por zona de muestreo	43
5.3. Índices biológicos de la calidad de agua	44
5.4. Evaluación visual de las riberas	46
5.5. Análisis entre parámetros físico-químicos y biológicos	47
6. ESTRATEGIAS, ACCIONES Y ALTERNATIVAS DE MANEJO	51
6.1. Educación Ambiental	51
6.2. Reforestación de zonas ribereñas	53
6.3. Monitoreo de la calidad del agua	58
6.4. Sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo costo	61
7. CONCLUSIONES	67
8. RECOMENDACIONES	71
9. BIBLIOGRAFÍA	72
10. ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios para la valoración de la calidad del agua con el índice EPT-----	18
Tabla 2. Criterios para la valoración de la calidad del agua utilizando el BMWP– R-----	19
Tabla 3. Criterios para la valoración de la calidad del agua utilizando el índice de Sensibilidad-----	20
Tabla 4. Criterios para la valoración de la calidad del hábitat mediante el SVAP-----	24
Tabla 5. Puntos georeferenciados de las zonas de muestreo-----	26
Tabla 6. Parámetros, características y valores para la evaluación visual-----	32
Tabla 7. Lista de macroinvertebrados bentónicos encontrados en los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora, durante el estudio-----	34
Tabla 8. Acumulación de especies por esfuerzo de muestreo-----	36
Tabla 9. Resumen de los parámetros comunitarios de diversidad por mes de muestreo-----	37
Tabla 10. Resumen de los parámetros comunitarios de diversidad por zona de muestreo---	39
Tabla 11. Índices Biológicos de calidad de agua por zona de muestreo-----	44
Tabla 12. Análisis visual por zona de muestreo según el SVAP-----	46
Tabla 13. Clasificación de las zonas de muestreo según los análisis físico–químicos-----	50
Tabla 14. Especies para reforestación de riberas-----	55
Tabla 15. Presupuesto tentativo para la reforestación de un módulo de 25 x 25 m-----	59
Tabla 16. Presupuesto referencial anual para el monitoreo de los ríos-----	62
Tabla 17. Costo aproximado para la construcción de tanques de filtración-----	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio-----	25
Gráfico 2. Zonas de muestreo-----	26
Gráfico 3. Dominancia de familias durante todo el muestreo-----	35
Gráfico 4. Abundancia de familias en el tiempo-----	38
Gráfico 5. Número de familias por zonas de muestreo-----	40
Gráfico 6. Análisis Cluster de Similitud por zonas de muestreo según las especies-----	41
Gráfico 7. Relación numérica entre organismos tolerantes y no tolerantes a la contaminación-----	43
Gráfico 8. Representación gráfica de los componentes principales-----	48
Gráfico 9. Cluster para identificar grupos similares de variables físico-químicas y biológicas entre muestreos-----	49
Gráfico 10. Ejemplo de módulos de plantación en riberas-----	58
Gráfico 11. Diseño de tanques de filtración para las aguas servidas de los colectores marginales-----	65

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la ciudad de Loja, la misma que está atravesada por tres ríos que la recorren de sur a norte; el Malacatos, Zamora Huayco y Zamora. Considerando que la ciudad no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, en 1999 el Municipio de la localidad emprendió un proyecto de canalización de estas aguas por medio de colectores, sin embargo esta decisión lejos de ser una solución definitiva está provocando problemas a los moradores y al ecosistema acuático donde se depositan estas aguas.

Con esta investigación se determinó la calidad del agua, mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos y posteriormente se establecieron líneas generales de acción para el manejo y recuperación de estos ríos.

Para el monitoreo se delimitaron ocho zonas de muestreo, iniciando al sur de la ciudad en el sector denominado Dos Puentes - Río Malacatos - y en la toma de agua El Carmen - Río Zamora Huayco- y terminando al norte en el sector Sevilla de Oro - Río Zamora -. Se tomó una muestra de bentos por mes, entre febrero – agosto del 2007; para la captura de macroinvertebrados se utilizó una red de Surber y para los análisis físico-químicos se tomó muestras de aguas en los mismos sectores. Las muestras de bentos se identificaron en el Laboratorio de Entomología y las muestras de agua en los Laboratorios del CETTIA de la UTPL.

Para determinar la calidad del agua se aplicaron tres Índices: Índice EPT, Índice de Sensibilidad y Biological Monitoring Working Party BMWP – R, además de índices de diversidad y de calidad de hábitat.

Con los resultados se determinó que en las partes altas de los ríos - antes de llegar al casco urbano - dominan las familias que no toleran contaminantes, como: Perlidae, Baetidae, Leptophlebiidae; al contrario de en las partes bajas, es decir - luego del paso por la ciudad-, donde se encuentran mayoritariamente familias tolerantes a la contaminación, como:

Tipulidae, Chironomidae, Therevidae, entre otras. Esto debido a diversas actividades humanas, lo que está provocando un impacto negativo a estos ecosistemas y también a la salud humana.

Para minimizar en parte los problemas que trae consigo la contaminación del agua de los ríos, en este trabajo se proponen alternativas encaminadas a la educación ambiental, monitoreo permanente de los ríos, reforestación de zonas ribereñas y la implementación de un sistema de bajo costo para tratar aguas residuales.

Palabras claves: macroinvertebrados bentónicos, índices de calidad de agua, estrategias, diversidad, contaminación.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que en estos tiempos el cambio climático es un tema de preocupación y ocupación de científicos, gobierno y sociedad en general, las afectaciones que se están generando sobre los ríos del mundo pronostican alteraciones ecológicas de magnitudes mayores que no fueron previstas y consideradas hasta hace algunas pocas décadas (Rosemberg *et al.* 2000).

En la actualidad muchos ríos se usan al punto que se secan antes de alcanzar el mar; el exceso de extracción de agua está agotando los acuíferos antes de que se recuperen de forma natural, los humedales disminuyen su tamaño y la contaminación hace que muchas fuentes de agua no sirvan ni para regar cultivos (ADTI 2003).

El agua dulce es utilizada para el consumo humano, la irrigación, la industria, recreación, pesquerías y como fuente de biodiversidad. Estos servicios son esenciales para la salud y sobrevivencia de los seres humanos y generalmente su deterioro resulta irremplazable o bien de alto costo (Palmer 2004).

Esta problemática ha llevado actualmente a diversos países desarrollados a elaborar programas de control, conservación y gestión de sistemas acuáticos con la finalidad de hacer uso sustentable del recurso agua, en donde la integridad ecológica del sistema se establezca como objetivo fundamental dentro de los planes de manejo (Alonso & Novelo 2007).

Ecuador no es ajeno a ésta realidad, pues la mayoría de los ríos de nuestro país se encuentran contaminados con desechos sólidos, aguas servidas domésticas, afluencia agrícola y aguas servidas industriales (Lloret 2000). Sólo Cuenca, la tercera ciudad más grande del país, tiene una planta de tratamiento que procesa el 9% del agua servida de la ciudad; en términos generales, los vertidos se eliminan sin un tratamiento previo, aunque recientemente las regulaciones ambientales se fortalecen en algunos lugares (Echeverría *et al.* 2002).

Tomando en cuenta que la mayoría de los análisis se hacen en base a pruebas físicas, químicas y bacteriológicas que consideran la calidad del agua desde su potabilidad y que además resultan muy costosas, nace la necesidad de utilizar organismos acuáticos como indicadores, lo cual evita que se hagan gastos significativos logrando una evaluación rápida, económica e integra de los recursos hídricos (Giacometti, J. & Bersosa F. 2001).

En la ciudad de Loja el acelerado proceso de urbanización y desarrollo que experimentado la ciudad durante las últimas décadas ha generado importantes cambios ambientales, entre los que se destacan, contaminación del aire, ocupación de grandes áreas verdes por urbanizaciones, destrucción de la cobertura vegetal, contaminación de los ríos y quebradas con aguas residuales y desechos sólidos, establecimiento de botaderos de basura, extracción de áridos en el lecho del río, causando erosión y alteración de las riberas, entre otros (Geo-Loja 2007).

Considerando que la contaminación del agua es uno de los problemas más graves que afecta a la ciudad, el Municipio de la localidad en 1999 realizó un proyecto de interceptación de aguas residuales, acumulándolas y conduciéndolas al norte de ésta para ser depositadas nuevamente en el río (Cisneros & Espinosa 2001).

Si bien es cierto que con la construcción de estos colectores se evitó en cierta parte la contaminación en el centro urbano, lastimosamente hoy en día se ha detectado en gran parte del cauce de los ríos que cruzan la ciudad y en mayor medida en las zonas donde descargan estos colectores. Es por tal motivo, que con este trabajo se pretende evaluar el nivel de contaminación que tienen las aguas de estos ríos, mediante la utilización de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, los mismos que según su presencia o ausencia darán las pautas para determinar la calidad del agua y finalmente poder diseñar líneas generales de acción con el fin de recuperar y mejorar estos ecosistemas.

2. OBJETIVOS

2.1. Generales

- Determinar la calidad del agua de los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora - en su paso por la ciudad de Loja - utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores.
- Diseñar líneas generales de acción para el manejo de los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora - en su paso por la ciudad de Loja -.

2.2. Específicos

- Conocer la diversidad de invertebrados de los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora.
- Aplicar índices biológicos para determinar la calidad del agua de los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora.
- Definir las condiciones en que se encuentran las riberas de los ríos, mediante evaluación visual.
- Plantear estrategias y acciones para el manejo de los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. EL AGUA EN EL ECUADOR

En nuestro país todavía existe un alto porcentaje de la población que no tiene una fuente segura y confiable de agua para consumo humano. Con una población cercana a 13 millones de habitantes, solo el 67% tiene acceso al agua para el consumo humano, predominantemente en áreas urbanas (CNRH 2002). Este promedio nacional no refleja el hecho de que existen áreas donde la cobertura del servicio es muy baja, como la Costa en donde solo el 20% de la población tiene acceso al agua.

Adicionalmente, los sistemas proveedores de agua tienen serias fallas en su operación y mantenimiento como instalaciones consolidadas insuficientes, pérdidas no contabilizadas en el sistema de distribución, falta de medidores, mala calidad de agua, servicio discontinuo y bajas presiones de agua (Lloret 2000). Las actividades de irrigación son las que más consumen agua (82%). Pero solo el 7% (aproximadamente 600,000 hectáreas) del área de cultivos es irrigada. Existen sistemas de irrigación comunitarios y privados, que cuentan por el 80% del área, mientras que el resto es público. Las pérdidas de agua sobrepasan el 50% (Andrade & Olazaval 2002). A medida que incrementa la demanda de agua para la industria las fuentes de agua cercanas a los poblados están cada día más deterioradas y se presentan conflictos con los usos agrícolas (Lloret 2000). Consecuentemente, considerando la dependencia del país en la agricultura a medida que el país se urbaniza, se agravarán los conflictos sobre el agua.

3.2. EL AGUA Y SU IMPORTANCIA

El agua es el elemento más abundante del planeta y es vital para todos los seres vivos. Los océanos, mares, lagos, ríos, quebradas y demás cuerpos de agua cubren las dos terceras partes del mundo, lo que significa un 70%; sin embargo, de toda el agua que existe en la naturaleza la mayoría es salada y solo un pequeño porcentaje (1%) es agua dulce. La mayor parte del agua disponible para el uso del ser humano se encuentra en los ríos, lagos y capas

glaciares, lamentablemente el agua limpia es un recurso cada vez menos disponible, mientras que las necesidades de todos los seres humanos son cada vez mayores.

Para que el ciclo normal del agua se mantenga es necesario que funcionen algunos aspectos. Lo más importante es que haya una amplia cobertura vegetal sobre la tierra, ya que las plantas cumplen una función crucial como atraer y recibir el agua para luego producir vapor, este vapor forma nubes que después se desprenden en lluvia. Además, las raíces y el suelo absorben el agua que luego va hacia las fuentes subterráneas. De esta forma todo termina y comienza de nuevo.

Problemática del agua

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incrementos en consumo per cápita, la contaminación de fuentes de agua y en general, al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas (Radulovich 1997). Faustino (1997), refiere que aunque la cantidad de agua es constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual generaría estrés hídrico a nivel general en la mayoría de los países centroamericanos, siendo más notorio en las ciudades capitales.

La magnitud del problema de la contaminación es tal, que en muchos países es ya imposible solucionar el problema mediante dilución (por efecto del aumento de caudal) y que a largo plazo se prevé un descenso de los recursos alimentarios sostenibles (Ongley 1997). 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 filtrándose 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. Las implicaciones de consumir agua contaminada son variadas; en el contexto de salud pública, la OMS (1998) calcula que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el agua contaminada, ya que alrededor del 70% del agua

consumida directamente por humanos en zonas rurales está altamente contaminada por heces fecales (Radulovich 1997).

La calidad del agua

La actividad humana produce gran variedad de desechos que son liberados a los ambientes terrestres aéreos y acuáticos. La introducción de un determinado desecho antropogénico puede o no introducir desequilibrios en un ecosistema que conduzcan a su deterioro. En general, los ecosistemas naturales poseen la capacidad de soportar alteraciones debidas a la presencia de agentes extraños mediante la autodepuración. El deterioro de un ecosistema se produce cuando la cantidad y calidad de desechos introducidos superan su capacidad de recuperación. (Tortorelli & Hernández 1995).

Como consecuencia surge la necesidad de elaborar un diagnóstico del estado de los cuerpos de agua, a fin de generar información que permita proponer mediadas adecuadas de manejo para mantenerlo en condiciones óptimas. Existen varias estrategias para la elaboración del diagnóstico de la calidad del agua de un ambiente determinado, tales como:

- a. La determinación de parámetros físico-químicos y bioquímicos.
- b. La detección de bioindicadores de contaminación y
- c. La realización de bioensayos de laboratorio y de campo.

Las dos primeras estrategias, generan información sobre el estado del cuerpo de agua en cuanto a sus condiciones abióticas y/o bióticas en un lapso determinado y la tercera permite evaluar el impacto de los agentes contaminantes y de las condiciones físico-químicas del medio sobre la biota. (Tortorelli & Hernández 1995).

3.3. POLÍTICA DE AGUAS EN EL ECUADOR

El tema del agua en el Ecuador se encuentra muy debatido en la actualidad debido a diversos factores que afectan este recurso como es el caso de la minería, contaminación por

vertidos domésticos e industriales, entre otros. Por tal motivo, a continuación se mencionan algunos de los artículos que regulan éste recurso y que se encuentran estipulados en la actual Constitución, además se incluirán algunos artículos del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) y la Ley de Aguas.

Constitución de la República del Ecuador

Publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008

Título II

Derechos

Capítulo segundo

Derechos del buen vivir

Sección primera

Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Capítulo Séptimo

Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

TÍTULO V

Organización territorial del Estado

Capítulo cuarto

Régimen de competencias

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

TÍTULO VI

Régimen de Desarrollo

Capítulo quinto

Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

Titulo VII

Régimen del buen vivir

Capítulo II

Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera

Naturaleza y ambiente

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

- Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio.
- Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

Sección sexta

Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Sección séptima

Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías

renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS)

Publicada en el Registro Oficial No. 725 del 16 de diciembre del 2002

LIBRO VI

De la Calidad Ambiental

ANEXO 1

Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

Esta norma está dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional, establece lo siguiente:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua

Para poder determinar si las descargas que se hacen a los cuerpos de agua están dentro de los límites permisibles, se puede recurrir a las siguientes tablas que se hallan dentro de esta norma.

- **Tabla 3.** Criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas.
- **Tabla 12.** Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce

Ley de aguas

Codificación 16, Registro Oficial 339 de 20 de Mayo del 2004

TITULO I

Disposiciones Fundamentales

Art. 1.- Las disposiciones de la presente Ley regulan el aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas.

TITULO II

De la Conservación y Contaminación de las Aguas

CAPITULO I

De la Conservación

Art. 20.- A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, prevendrá, en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de investigación correspondientes.

CAPITULO II

De la Contaminación

Art. 22.- Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

3.4. ORGANISMOS BIOINDICADORES

Macroinvertebrados Acuáticos

El uso de macroinvertebrados para valorar y determinar la calidad del agua tiene cuando menos 100 años de antigüedad. De estas técnicas, los insectos acuáticos (entre un 70-90%

de la fauna de macroinvertebrados dulceacuícolas) han sido el grupo más estudiado para evaluar la calidad del agua por muchos investigadores.

Se conoce como macroinvertebrados acuáticos a aquellos organismos que se pueden observar a simple vista y que tienen tamaños de entre 2 milímetros y 30 centímetros. Se llaman invertebrados porque no tienen huesos (solo exoesqueletos), y acuáticos porque habitan parte de su ciclo de vida en lugares con agua dulce como las quebradas, ríos, lagos y lagunas.

Pueden vivir en diferentes sitios como en el fondo del lecho de un río (bentos), sobre la arena, rocas, adheridos a troncos y vegetación sumergida, nadando activamente dentro del agua (nectos) o sobre la superficie (neuston). Los grupos más representativos de los macroinvertebrados son los: platelmintos (planarias), nematomorfos (gusanos cilíndricos), anélidos (lombriz y sanguijuela), moluscos (caracoles), insectos (zancudos, moscas, escarabajos, etc.), crustáceos (camarones y cangrejos) y arácnidos (arañas). (Mafla *et al.* 2005).

Estos organismos están generalmente adaptados a condiciones particulares, prosperando en determinadas situaciones o micro-hábitats, y evitando otros. Si bien a simple vista un río puede parecer monótono y uniforme, en realidad alberga ambientes diferentes. De ésta manera, los organismos más fieles a determinadas condiciones pueden servir como indicadores de calidad de los cuerpos de agua. (Boltovskoy *et al.* 1995).

Así por ejemplo, en ríos de montaña de aguas frías, muy transparentes, oligotróficas y muy bien oxigenadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de Plecópteros, Tricópteros y Efemerópteros; pero también se espera encontrar en bajas proporciones, Odonatos, Hemípteros, Dípteros, Neurópteros, Ácaros, Crustáceos, y otros grupos menores (Roldán 1999). Por el contrario, en ríos y quebradas que están siendo contaminadas con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutrofizadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de Oligoquetos, Quironómidos y ciertos moluscos; pero

ocasionalmente, pueden presentarse algunos individuos que se consideran indicadores de aguas limpias (Toro *et al.* 2003)

Los factores más importantes que controlan la distribución de los macroinvertebrados bentónicos en cauces de agua son:

Velocidad de corriente.- Cuanto más veloz sea la corriente, más diferente será la fauna bentónica con respecto a la hallada en ambientes lenticos, ello se debe a que; cuanto mayor es la velocidad de flujo más delgada es la capa limítrofe o zona adyacente al fondo en la cual la velocidad se aproxima a cero. (Boltovskoy *et al.* 1995).

Tipo de sustrato.- Esta relacionado con el factor anterior ya que cuanto mayor es la velocidad de la corriente, más grueso es el sedimento. En general los fondos arenosos albergan pocas especies con pocos individuos por especie; la arena limosa es algo más rica, y la arcillosa posee más biomasa aún, pero baja densidad. Los fondos pedregosos suelen ser más ricos, tanto en biodiversidad como en biomasa, en especial cuando las rocas son grandes. (Boltovskoy *et al.* 1995).

Factores físico-químicos.-Tales como temperatura, acidez, dureza, etc. La concentración de oxígeno es alta y bastante constante en ambientes lóticos, por lo que no suele ser factor limitante. Sin embargo, si puede serlo en ambientes contaminados o remansos de un río o arroyo. (Boltovskoy *et al.* 1995).

Factores bióticos.- Tales como la disponibilidad de alimento, competencia intra e inter específica, etc. (Boltovskoy *et al.* 1995).

Las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados como los mejores indicadores de calidad del agua son las siguientes:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar.
- Son sedentarios en su mayoría y por lo tanto, reflejan las condiciones locales.

- Relativamente fáciles de identificar, si se compara con otros grupos menores.
- Integran los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Responden rápidamente a los tensores ambientales.

Fauna bentónica

Las diferentes poblaciones de determinados invertebrados que viven en una corriente de agua se pueden dividir en dos grupos. El primero formado por aquellos organismos que no toleran la contaminación, por lo tanto su presencia indica un agua de buena calidad. Y los organismos del segundo grupo son aquellos que pueden sobrevivir en un determinado nivel de contaminación, por lo tanto son conocidos como organismos tolerantes. A continuación se detallan algunos de los organismos más comunes utilizados para determinar la calidad de las aguas (Boltovskoy *et al.* 1995).

Orden Plecoptera: Los plecópteros sudamericanos representan un grupo pequeño y poco conocido, hasta ahora se conocen solo dos familias: Gripopterygidae y Perlidae. Las ninfas se caracterizan por tener dos cerci (cercos), largas antenas, agallas torácicas e posición ventral y a veces agallas anales. Su tamaño vara entre los 10 y 30 mm y su coloración puede ser amarillo pálido, pardusco hasta café oscuro o negro. Las ninfas habitan en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de troncos, ramas y hojas. Son por lo tanto indicadores (Roldán 1988).

Orden Ephemeroptera: Reciben el nombre de efemerópteros debido a su vida corta o efímera que llevan como adultos. Algunos pueden vivir en éste estado solo cinco minutos, pero la mayoría viven entre tres y cuatro días, durante este tiempo alcanzan la madurez sexual y se reproducen. Viven por lo general en aguas limpias y bien oxigenadas; solos algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general son considerados indicadores de buena calidad. Sus ninfas se hallan en roncós, hojas o

vegetación sumergida, algunas pocas especies se hallan enterradas en fondos lodosos y arenosos (Roldán 1988).

Orden Trichoptera: Son insectos que se caracterizan por construir en su estado larval casas de formas variadas propias de su especie, los cuales sirven a menudo para su identificación. Los refugios fijos al sustrato les sirven por lo regular de protección y captura de alimento. Las larvas viven en todo tipo de hábitat (lóticos y lénticos), la mayoría requieren de uno a dos años para su desarrollo, a través de los cuales pasan cinco o siete estadios. La mayoría de los trichopteros viven en aguas correntosas, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal. En general son buenos indicadores de calidad de aguas (Roldán 1988).

Orden Tricladia: A este orden pertenecen las planarias, organismos de cuerpo alargado y plano, cuyo tamaño puede alcanzar cerca de 30 mm de longitud. La mayoría de las especies de Sudamérica se caracteriza por poseer una cabeza marcadamente triangular, con dos ojos y por llevar dos proyecciones auriculares prominentes y móviles a cada lado de la cabeza. Se reportan 17 especies para Sudamérica (Roldán 1988).

Viven en su mayoría debajo de las piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares, en aguas poco profundas, tanto corrientes como estancadas. La mayoría vive en aguas bien oxigenadas, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación (Roldán 1988).

Orden Diptera: Son considerados junto con los trichopteros y lepidópteros uno de los grupos más evolucionados. Usualmente las hembras ponen los huevos bajo la superficie del agua, adheridos a rocas o vegetación flotante. Su hábitat es muy variado, se hallan en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas profundidades, incluso en las costas marinas. Existen representantes de aguas muy limpias como es el caso de la familia, Simuliidae y de aguas contaminadas como Tipulidae y Chironomidae. Su alimentación también es muy variada, unos son herbívoros en tanto que otros son carnívoros (Roldán 1988).

Clase oligochaeta: Son un grupo complejo y poco conocido. La mayoría bien en aguas eutrofizadas, sobre fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus. Algunas especies buscan activamente hábitats afectados por la polución orgánica y bajos niveles de oxígeno disuelto (Roldán 1988).

3.5. METODOS BIOLÓGICOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA

Índices De Diversidad

Los índices de diversidad son expresiones matemáticas que usan tres componentes de la estructura de la comunidad: riqueza (número de especies presentes), equidad (uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies) y abundancia (número total de organismos presentes), para describir la respuesta de una comunidad a la calidad de su ambiente. La suposición del planteamiento de la diversidad es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad o riqueza, una distribución uniforme de individuos entre las especies y una moderada a alta cantidad de individuos. En ambientes contaminados con desechos orgánicos degradables, la comunidad generalmente responde con un descenso de la diversidad con pérdida de organismos sensibles, aumento en la abundancia de los organismos tolerantes las cuales ahora tienen una fuente enriquecida de alimentos, y por supuesto un descenso de la equidad. En contraste, la respuesta a tóxicos no degradables o polución acida, se traduce en un descenso tanto de la diversidad como de la abundancia así como en la eliminación de organismos sensibles, además que no hay fuentes adicionales de alimento para las formas tolerantes (Metcalf 1989)

Se han desarrollado varios índices para medir la diversidad. Uno de los más conocidos es de **Shannon-Weaver** (1949). Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada especie presente en la muestra, refleja igualdad: mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad, mayor es el valor. (Roldán 1988).

$$H' = - \sum_{i=1}^S (ni / n) \ln (ni / n)$$

Donde:

H' = índice de diversidad

ni = número de individuos por especie

n = número total de individuos

ln = logaritmo natural

Existen otros índices de diversidad como el de **Simpson** (1949) y el de **Margalef** (1951), pero al igual que los anteriores tienen la limitante del uso de los organismos a nivel de especie. Claro que si se pueden diferenciar las especies (por ej: sp.1, sp.2, sp.3....) se pueden usar estas fórmulas para obtener resultados de manera aproximada. (Roldán 1988).

Índice de diversidad de **Simpson** (1949)

$$I = \frac{ni (ni - 1)}{N (N - 1)}$$

Donde:

ni = número de individuos por especie

N = número de individuos

Índices biológicos

Un índice biológico es la combinación de la diversidad de ciertos grupos taxonómicos y la tolerancia a la polución en un solo índice o valor. Éstos índices clasifican el grado de polución de un ecosistema acuático mediante la tolerancia o sensibilidad de un organismo a un determinado contaminante; a los indicadores de una muestra se les asigna un valor de acuerdo a la tolerancia e intolerancia (algunos índices también le dan valor a la abundancia), la suma de los valores individuales da otro valor que es la clase a la que pertenece el lugar muestreado (Herbas *et al.* 2006).

Se utilizan índices bióticos para determinar la calidad del agua, debido a que estos tienen la característica de almacenar más información histórica, ya que, los vertidos esporádicos producen cambios cualitativos y una disminución en el número de especies y el medio

acuático necesita tiempo para ser recolonizado por las mismas especies. Los índices biológicos se dividen en: índices de contaminación e índices relacionados con la estructura de la comunidad. Este último a su vez se divide en: índices tróficos, taxonómicos, de diversidad y comparativos (Metcalf 1989).

A continuación se detallan los tres índices utilizados en este trabajo.

Índice EPT

El análisis de EPT se realiza mediante la utilización de tres grupos de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) que son indicadores de la calidad de agua, debido su sensibilidad a la contaminación. En primer lugar se coloca en una columna la clasificación de organismos, en una segunda columna la abundancia y una última columna con los EPT presentes. Posteriormente los EPT presentes se dividen por la abundancia total, obteniendo un valor, el cual se lleva a una tabla de calificaciones de calidad de agua que va de muy buena a mala calidad. (Carrera & Fierro 2001).

En el caso de este índice los valores más elevados son positivos, lo que se relaciona directamente con aguas poco contaminadas.

Tabla 1. Criterios para la valoración de la calidad del agua con el índice EPT

Clase	Índice EPT (%)	Calidad del agua
1	75 – 100	Muy Buena
2	50 – 74	Buena
3	25 – 49	Regular
4	0 – 24	Mala

Tomado de Carrera & Fierro 2001

Índice Biological Monitoring Working Party adaptado por Roldán (BMWP - R)

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido por primera vez en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y del tiempo que se requiere invertir (Roldán 1988).

El índice BMWP - R adaptado por Roldán, es una variación de éste índice y permite evaluar la calidad del agua teniendo en cuenta el nivel taxonómico de familias de macroinvertebrados acuáticos, donde el máximo puntaje se le asigna a las especies sensibles indicadoras de aguas limpias con un valor de 10, y el mínimo a las más tolerantes, indicadoras de mayor contaminación con el valor de uno, para el resto de familias el valor fluctúa entre nueve y dos según el grado tolerancia o sensibilidad que estos organismos presenten frente a la contaminación.

Para el cálculo de este índice es necesario sumar el total de las puntuaciones obtenidas por la presencia de dichas especies, el valor va desde menos 15 para aguas severamente contaminadas, hasta más de 150 donde se pueden encontrar familias indicadoras de aguas muy limpias.

Tabla 2. Criterios para la valoración de la calidad del agua utilizando el BMWP – R

Clase	Calidad	BMWP- R	Significado	Color
I	Buena	> 150 101-120	Aguas muy limpias. Aguas poco alteradas.	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas.	verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas.	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	< 15	Aguas severamente contaminadas	Rojo

Tomado de Roldan 1988

Índice de Sensibilidad

Este índice utiliza la misma metodología que el BMWP-R, sin embargo se diferencian en que éste incluye algunas familias que el anterior no, como Anisoptera, Gastropoda, Hydrachnidae, Turbelaria y Zygoptera; además que con este índice ya se han realizado trabajos en el Ecuador como el de Carrera & Fierro (2001). Para el análisis se toma en cuenta el grado de sensibilidad que tienen las diferentes familias de macroinvertebrados a los contaminantes. El procedimiento es muy fácil, primero se ubican las familias encontradas en cada área de muestreo en un listado, luego se anotan todos los valores de Sensibilidad frente a cada familia, finalmente se suman todos los valores de las familias encontradas y se compara el resultado con la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 3. Criterios para la valoración de la calidad del agua utilizando el índice de Sensibilidad

Clase	Índice Sensibilidad(%)	Calidad del agua
1	101-145	Muy Buena
2	61-100	Buena
3	36-60	Regular
4	16-35	Mala
5	0-15	Muy mala

Tomado de Carrera & Fierro 2001

3.6. INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN BASE A PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

Son muchos los factores que pueden afectar la calidad de agua de un sistema hídrico, así es frecuente que las condiciones de estos fluctúen, por eso es importante realizar mediciones periódicas para evaluar las tendencias de calidad del agua (Mitchell *et al.* 1991).

Parámetros para determinar la presencia de sustancias en las aguas

(Mitchell *et al.* 1991), argumentan que para determinar la presencia de sustancias en las aguas es necesario realizar nueve pruebas utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA), estas pruebas son: oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, pH, demandan bioquímica de oxígeno (5 días), temperatura, fósforo total, nitratos, turbidez y sólidos totales.

Oxígeno disuelto: este es esencial para el mantenimiento de lagos y ríos saludables, pues la presencia de oxígeno es una señal positiva, mientras que la ausencia indica una fuerte contaminación (Mitchell *et al.* 1991). Es muy importante para mantener la vida acuática en los cuerpos de agua (Malina 1996). Disminuciones repentinas o graduales en el oxígeno disuelto pueden ocasionar cambios bruscos en el tipo de organismos acuáticos, por ejemplo insectos acuáticos sensibles a un nivel bajo de oxígeno disuelto, pueden ser reducidas sus poblaciones (Mitchell *et al.* 1991).

Coliformes termotolerantes: son los microorganismos coliformes capaces de fermentar la lactosa a 45°C (OMS 1998). Esta bacteria se encuentra en el excremento humano y de otros animales de sangre caliente entrando al sistema por medio de desecho directo de mamíferos y aves, entre otros (Mitchell *et al.* 1991). También pueden originarse en aguas provenientes de efluentes industriales, materiales vegetales en descomposición y suelos (OMS 1998).

Potencial de hidrógeno (pH): indica las concentraciones de iones de hidrógeno en el agua (Seoáñez 1999). Los cambios de pH en el agua son importantes para muchos organismos, la mayoría de ellos se han adaptado a la vida en el agua con un nivel de pH específico y pueden morir al experimentarse cambios en el pH (Mitchell *et al.* 1991). Ácidos minerales, carbónicos y otros contribuyen a la acidez del agua (Malina 1996), provocando que metales pesados puedan liberarse en el agua (Mitchell *et al.* 1991).

Temperatura: La temperatura en un río es muy importante ya que afecta las características físicas, biológicas y químicas de un río. Así la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de

organismos y la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades, pueden ser afectados (Mitchell *et al.* 1991).

Fosfato total: incluye fosfato orgánico e inorgánico, ambos son los responsables de la presencia de algas y plantas acuáticas grandes. El exceso de algas produce eutrofización, que no es más que un enriquecimiento del agua, comúnmente producida por fosfato proveniente de actividades humanas (Mitchell *et al.* 1991). Cuando las algas mueren, se depositan en el fondo y sirven como alimento para las bacterias; aumentando los procesos aeróbicos de bacterias que consumen demasiado oxígeno afectando a la vida acuática en general.

Nitratos: son obtenidos a partir de aguas de desecho descargadas directamente y de sistemas sépticos en mal funcionamiento. Estos muchas veces son colocados junto a pozos de agua, pudiendo contaminar el agua subterránea con nitratos, los cuales en niveles altos pueden ocasionar una condición llamada metemoglobinemia (Mitchell *et al.* 1991). También se han encontrado altos niveles de nitratos en aguas subterráneas debajo de las tierras de cultivo, en las cuales el uso excesivo de fertilizantes pareciera ser la causa, especialmente en áreas de alta irrigación con suelos arenosos (Mitchell *et al.* 1991).

Turbidez: es el resultado de sólidos suspendidos en el agua que reducen la transmisión de luz (Mitchell *et al.* 1991). Estos sólidos suspendidos son variados, así pueden ser arcillas, limos, materia orgánica y plancton y hasta desechos industriales y de drenaje (Seoáñez 1999). En niveles altos el agua pierde la habilidad de apoyar la diversidad de organismos acuáticos, aumenta la temperatura al sostener partículas que absorben el calor de la luz solar y el agua caliente conserva menos oxígeno, así al entrar menos luz disminuye la fotosíntesis necesaria para producir oxígeno.

Sólidos totales disueltos: es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre (Malina 1996). Es común

observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía (Ongley 1997).

3.7. EVALUACIÓN VISUAL DE RÍOS Y QUEBRADAS CON EL SISTEMA SVAP

El protocolo SVAP (Stream Visual Assessment Protocol) evalúa el hábitat físico de un río mediante la asignación de puntajes entre 1 a 10. Para esta evaluación se usan 15 parámetros que en ciertos casos puede excluir uno o más de éstos, cuando no se aplica a un sitio. El proceso consiste en calificar estos 15 parámetros aplicando altos puntajes (9,6 a 10) para ríos o quebradas que tienen condiciones sanas, y bajos puntajes (2,2 a 1) para ríos o quebradas en mal estado (Mafla *et al.* 2005).

Las ventajas de utilizar este sistema son las siguientes:

- No necesita que alguien sea experto en ciencias acuáticas.
- Está diseñado para grupos y es perfecto para desarrollarse con estudiantes.
- Es un sistema de evaluación de quebradas que puede ser usado a través de los años para un monitoreo continuo de calidad.

Los 15 criterios o parámetros que se evalúan son:

- 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

Tabla 4. Criterios para la valoración de la calidad del hábitat mediante el SVAP

Rango de puntajes	Clase
9,6 a 10	Excelente
7,7 a 8,5	Bueno
6,1 a 7,0	Regular
3,1 a 5,3	Pobre
1,0 a 2,2	Muy pobre

Tomado de Mafla et al. 2005

4. METODOLOGÍA

4.1. Descripción del área de estudio

La ciudad de Loja se encuentra ubicada al sur de la región interandina (sierra) de la República del Ecuador (Sudamérica), en el valle de Cuxibamba, a una altitud de 2100 m s.n.m. a 4° de latitud sur, tiene una extensión de 52 Km², la temperatura media anual es de 16°C con una precipitación anual de 900 mm (Geo-Loja 2007).

Los ríos que han sido tomados en cuenta para este estudio, se originan en la parte alta del Parque Nacional Podocarpus (PNP), cuyas aguas fluyen a través de la ciudad de Loja de sur a norte. El río Zamora Huayco nace en las estribaciones de la cordillera Central de los Andes, el río Malacatos cuyas aguas constituyen el eje principal de la Hoya de Loja, nace en el nudo de Cajanuma (PNP) a 3400 m s.n.m. El río Zamora toma este nombre luego de la unión de los dos ríos antes nombrados, logrando un caudal importante (Geo-Loja 2007).

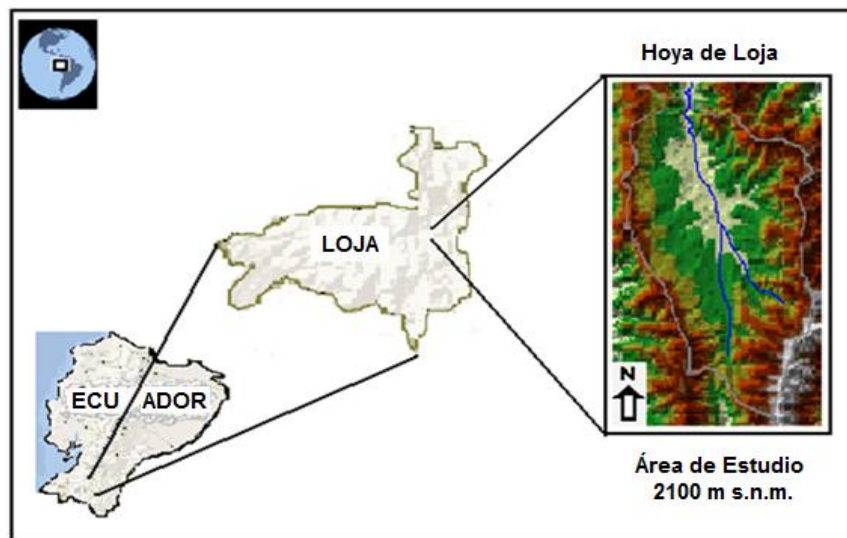


Gráfico1. Ubicación geográfica del sitio de estudio

4.2. Descripción de las zonas de muestreo

Se definieron ocho zonas de muestreo, basadas en los puntos del estudio realizado por Cisneros & Espinosa 2001. Las zonas uno y dos (ZM1; ZM2) se localizaron en el río Malacatos al suroeste de la ciudad de Loja, las zonas tres, cuatro y cinco (ZM3; ZM4; ZM5) estuvieron ubicadas a lo largo del río Zamora Huayco al sureste de la ciudad, y finalmente las zonas seis, siete y ocho (ZM6; ZM7; ZM8) en el río Zamora que fluye hacia la provincia de Zamora Chinchipe, Gráfico 2.

Gráfico 2. Zonas de muestreo

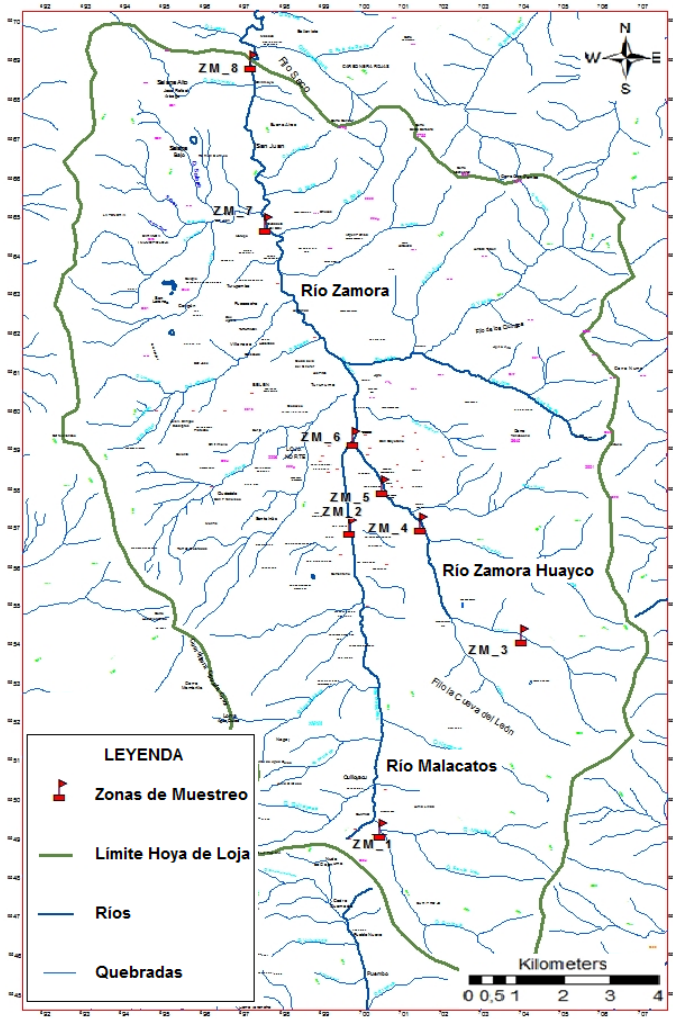


Tabla 5. Puntos georeferenciados de las zonas de muestreo

Coordenadas UTM (17)		
Zonas de muestreo	Coordenadas (x)	Coordenadas (y)
ZM1	0700255	9548832
ZM2	0699394	9557050
ZM3	0703730	9553918
ZM4	0701233	9556850
ZM5	0700210	9557848
ZM6	0699599	9559318
ZM7	0697272	9564576
ZM8	0696830	9569104

La zona uno (ZM1), se localizó en el río Malacatos, sector Dos Puentes (al sur de la ciudad), a una altitud de 2260 m s.n.m. Es una zona dominada por pastizales donde la principal actividad es la ganadería. A pesar que existen pocas viviendas en el sector, se observaron residuos sólidos y descargas de aguas domesticas en las riberas, ya que no hay alcantarillado. Ver anexo 1 a.

La zona dos (ZM2), estuvo ubicada en el río Malacatos dentro del casco urbano a 2076 m s.n.m., frente al Coliseo “Ciudad de Loja”. Se evidenciaron descargas domiciliarias. El río se encuentra embaulado con muros de cemento y la vegetación ribereña está compuesta por árboles ornamentales. Ver anexo 1b.

La zona tres (ZM3), estuvo en el río Zamora Huayco a 2248 m s.n.m., donde está la captación para el agua potable y se emplazan los tanques de almacenamiento primario “El Carmen”. A simple vista es un área con impactos mínimos, donde las actividades que se desarrollan no ejercen demasiada presión, ya que se evidencia una escasa presencia de viviendas cercanas, existe poca actividad agrícola y ganadera, además que la vegetación de la zona es más natural y abundante. Ver anexo 1c.

La zona cuatro (ZM4), se ubicó en el río Zamora Huayco dentro del casco urbano a 2104 m s.n.m. La presión antrópica es mayor, pues existen dos ciudadelas aledañas que son posibles fuentes de contaminación. En el río se observó desechos sólidos, modificación del curso de agua como represas y actividades de lavado tanto de ropa como de vehículos. . Ver anexo 1d.

La zona cinco (ZM5), emplazada en el casco céntrico de la ciudad de Loja, en el río Zamora Huayco a 2075 m s.n.m. El rio se halla embaulado con muros de cemento, por lo que su vegetación ribereña es escasa, existiendo principalmente árboles ornamentales, hierbas y arbustos. Ver anexo 1e

La zona seis (ZM6), se localizó en el río Zamora a 2054 m s.n.m., frente al hospital del IESS, aproximadamente a 200 m de la unión de los ríos Malacatos y Zamora Huayco. Se observó

un aumento en el caudal, sedimentos que le dan un color amarillento al agua y algunos olores extraños. El cauce está embaulado y su vegetación es mínima. Ver anexo 1f.

La zona siete (ZM7), se ubicó en el río Zamora, a 1992 m s.n.m., en el sector de Sauces Norte, límite del perímetro urbano. Los colectores marginales que recogen las aguas negras de la ciudad desembocan en el sector lo cual genera olores nauseabundos, aumento del caudal y gran cantidad de materia orgánica en el agua. También se observó acumulación de desechos sólidos en las riberas. A pesar que el río tiene sus orillas naturales, no cuenta con vegetación arbórea por lo que predominan hierbas y arbustos. Ver anexo 1g.

La zona ocho (ZM8), en el río Zamora a 1947m s.n.m., fue la última zona de muestreo. Una de las actividades principales en el sector es la de extracción de material pétreo, por lo cual la desviación del río es constate. Existe también actividad agrícola y ganadera. La vegetación es escasa y se evidencia gran erosión a las orillas. Ver anexo 1h.

4.3. Muestreo

La recolección de las muestras se realizó entre los meses de febrero y agosto del 2007, tomándose una muestra por zona de muestreo cada mes. Durante los meses de mayo y junio no se pudo muestrear ya que las lluvias aumentaron el caudal de los ríos. Para éste trabajo se colectaron dos tipos de muestras, la primera para el análisis de macroinvertebrados bentónicos, y la segunda para medir los parámetros físico - químicos.

4.3.1. Macroinvertebrados bentónicos

Para el muestreo de macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red de Surber, la misma que tiene un área de 30 cm², con un ojo de malla de 1 mm. Para tomar las muestras se utilizó el método de lavado, que consiste en colocar la red contra corriente sobre el lecho del río y remover las rocas que se encuentra dentro del cuadro durante 1 minuto, todo el material removido, por efecto de la corriente, se va depositando en la red. Posteriormente se lavó el contenido de la malla y fue colocado en bandejas plásticas (Carrera & Fierro 2001).

El material colectado se trasladó de inmediato al Laboratorio de Entomología de la U.T.P.L. donde los invertebrados fueron extraídos con pinzas y colocados en tubos de ensayo con alcohol al 75% para su conservación y posterior separación e identificación.

Los especímenes fueron identificados mediante las claves entomológicas de Fernández & Domínguez 2001; debido a la falta de información de los géneros y especies para algunos macroinvertebrados y por la dificultad que representa identificar hasta estos niveles taxonómicos, se llegó hasta familia y adicional se realizó una identificación de morfo-especies, es decir se separó a individuos de la misma familia que tenían diferencias físicas entre ellos.

Índices de Diversidad

Para la determinación de los índices de diversidad se separó a los macroinvertebrados por morfo-especies (características físicas), para luego ingresar los datos en el **PROGRAMA ESTADÍSTICO PAST** (Palaeontological Statistics, ver. 1.89 de Ryan *et al.* 1995.), en el cual se analizó la diversidad en base al Índice de Simpson, dominancia y equidad. Posterior a esto se elaboró un cuadro que presenta el número de especies acumuladas conforme aumentaron los esfuerzos de muestreo.

4.3.2. Análisis físico – químicos

Las muestras fueron colectadas en la superficie del río en botellas plásticas de dos litros y posteriormente llevadas al Laboratorio del CETTIA de la UTPL para los análisis correspondientes. Se midieron 10 parámetros: pH, turbidez, dureza total, sólidos disueltos, conductividad, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto y coliformes fecales y totales. Los resultados se muestran en el anexo 4.

Para determinar la calidad del agua en base a éstos parámetros se utilizaron los programas SCAN 6.0 del Milano Chemometrics & QSAR de la Universidad de Milán-Italia de Todeschini

(1998), mediante los cuales se hizo un Análisis Multivariante propuesto por Cárdenas, F. (2008). El primer paso consiste en introducir una matriz de datos al software definida como $(N \times P)$; donde N corresponde a todas las zonas de muestreo (ZM1,ZM2,...ZM8) y P a todas las variables físico-químicas e índices biológicos medidos (pH, Oxígeno disuelto, Turbidez, EPT, etc.). Seguido a esto, se realizó un auto-escalado de los datos en la matriz, lo que permitió obtener valores más uniformes e impedir que alguna variable influya más que otra. En base a ésta matriz se elaboró un Análisis de Componentes Principales (PCA), el mismo que permitió realizar una exploración de todos los datos y encontrar con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) que identifique de mayor a menor los mejores muestreos dentro del periodo de recolección de muestras, así se definió que dos componentes son los más importantes ya que retienen el 78% de la información contenida en la matriz.

Para observar las variables contenidas en los dos componentes identificados, se los contrastó en un gráfico llamado Loading Plot, el cual analiza las variables y permite visualizarlas en un mismo espacio, haciendo posible identificar asociaciones o correlaciones entre ellas, de forma tal que permitió hacer interpretaciones sobre las relaciones conjuntas. Posteriormente se sometió a todos los muestreos a un análisis cluster de exploración y clasificación con una distancia Euclidiana, que permitió identificar y agrupar muestreos similares, es decir, aquellos que se agrupan por las variables medidas.

Finalmente, para clasificar los grupos similares, se utilizó el análisis K Nearest Neighbors Classification (KNN), el cual asigna una clase a cada grupo obtenido del cluster. Además es importante el criterio del investigador ya que por medio del conocimiento previo del área de estudio se puede determinar qué calidad de agua tiene cada sector muestreado.

4.4. Determinación de la calidad del agua

Con los datos obtenidos luego de la identificación de los especímenes hasta el nivel de familia, se aplicaron tres índices biológicos, con la finalidad de incluir todas las familias colectadas, estos fueron: Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT) basado en la

observación de estos tres órdenes que son sensibles a la contaminación, para lo que se procedió a sumar el número de individuos de cada familia perteneciente a estos ordenes y finalmente sumar y dividir para el total de individuos colectados en la muestra, el resultado se comparó con la tabla 2 (Carrera & Fierro 2001). EL índice de Sensibilidad de (Carrera & Fierro 2001) y el Biological Monitoring Working Party (BWMP-R) de Roldán 1988, toman en cuenta el valor de la sensibilidad a la contaminación de cada familia encontrada, por lo que se sumaron los valores de cada una según su presencia en las zonas de muestreo y el total se comparó con las tablas 3 y 4 respectivamente.

4.5. Evaluación visual de las riberas de los ríos

Se utilizó como herramienta la Valoración del Hábitat de los ríos, denominada Stream Visual Assessment Protocol (SVAP) de Mafla *et al.* (2005), pero adaptado a estos ríos. El método consistió en recorrer las zonas de muestreo establecidas y valorar los parámetros como lo indica la tabla 6, aplicando altos puntajes (9-10) para ríos o quebradas que tienen condiciones sanas, y bajos puntajes (1-2) para ríos o quebradas en mal estado. Se lo realizó el 10 de junio del 2008 y participaron tres evaluadores, con el fin de promediar los resultados y obtener datos más fiables. Cabe mencionar que se trata de una evaluación subjetiva ya que se basa en una valoración de las características del sector.

Tabla 6. Parámetros, características y valores para la evaluación visual

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS Y VALORES				
A). Apariencia del agua	Muy clara. Val. (10)	Algo turbia Val. (7)	Muy turbio y Val. (3)	Turbio todo el tiempo Val. (1)	
B). Sedimentos (se remueve el fondo)	El agua se mantiene clara. Val. (10)	2 segundos mientras aclara el agua. Val.(7)	5 segundos mientras aclara el agua. Val.(5)	8 segundos mientras aclara el agua. Val.(3)	No se aclara el agua.Val.(1)
C). Zona ribereña	Bosque primario en toda la orilla. Val.(10)	Parches de algún tipo de arboles. Val.(7)	Franja de pocos árboles en las orillas. Val.(5)	Plantaciones de banano etc., en las orillas. Val.(3)	Potreros a las orillas. Val.(1)
D). Sombra (cobertura boscosa)	100% del cauce con sombra. Val.(10)	Superficie del agua sombreado en un 75%. Val.(7)	Superficie del agua sombreado 50%. Val.(3)	Superficie del agua sin sombra. Val.(1)	
E). Pozas	Abundancia de pozas de 1m de profundidad aprox Val.(10)	Pocas presencia de pozas. Val.(7)	Presencia de pozas no profundas. Val.(3)	Ausencia de pozas, Val.(1)	
F). Condición del cauce	Cauce natural, no hay sedimentación. Val.(10)	Evidencia de alteración en el cauce. Val.(7)	El cauce esta alterado (puede ser canalizado). Val.(3)	El cauce está muy canalizado. Val.(1)	
G). Alteración hidrológica (desbordes)	Desbordes ocurren 1 o varias veces durante la época. Val.(10)	Desbordes ocurren cada 1 a 2 años. Val.(7)	Desbordes ocurren cada 3 a 5 años. Val.(3)	No hay desbordes. El cauce está canalizado. Val.(1)	
H). Estabilidad de la orilla	Las orillas están estables, raíces de árboles protegen las orillas. Val.(10)	Moderadamente estables. Val.(7)	Poco inestables: algunos árboles están cayendo al río. Val.(3)	Orillas inestables erosionadas. Val.(1)	
I). Barreras al movimiento de peces	No hay barreras al movimiento de peces en todo el río. Val (10)	Obstrucciones hechas por el ser humano. Val.(7)	Alcantarillas o puentes Val.(3)	Represas o desviaciones de agua en cualquier parte del río. Val. (1)	
J). Presión de pesca	Nadie pesca aquí. Val.(10)	La pesca es poco frecuente con anzuelo, no usan redes. Val.(7)	Se pesca con frecuencia con anzuelo o atarraya. Usan veneno pocas veces. Val.(3)	Pesca indiscriminada. Uso frecuente de venenos. Usan trasmayo para pescar. Val.(1)	
K). Presencia de desechos sólidos (basura).	No hay evidencia de basura. Val.(10)	Presencia de desechos sólidos. Val.(7)	Presencia de desechos sólidos dentro del cauce (uno o dos tipos). Val.(5)	Presencia moderada de basura dentro del cauce (más de tres tipos). Val.(3)	Abundancia de basura en todo el trayecto. Val.(1)
L). Refugio para peces dentro del río	Más de siete tipos de refugio. Val.(10)	Seis o siete tipos de refugio. Val. (7)	Cuatro o cinco tipos de refugio. Val.(5)	Dos o tres tipos de refugios. Val.(3)	Cero o un tipo de refugio. Val. (1)
M). Refugio para insectos (bichos)	Cinco o más tipos. Ramas y troncos caídos en el agua. Val.(10)	Tres o cuatro tipos. Árboles inclinados sobre la quebrada. Val.(7)	Uno o dos tipos. Fondo del río cubierto de sedimentos. Val.(3)	Cero o un tipo. Hábitats no presentes. Val.(1)	
N). Presencia de estiércol	No hay estiércol o evidencia de animales cerca del río. Val.(10)	Ganado en lasriberas. Sin acceso directo al río. Val.(7)	Estiércol en la quebrada o ganado dentro del río. Val.(3)	Mucho estiércol en el río o tuberías que descargan aguas negras. Val.(1)	
O). Aumento de nutrientes de	No hay algas filamentosas. Agua	Crecimiento moderado de algas.	Abundancia de algas filamentosas. Val.(3)	Exceso de algas filamentosas en todos	

Tomado de la Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos – Costa Rica (Mafla *et al.* 2005)

El parámetro (J) que se muestra en esta tabla, no se tomó en cuenta para la evaluación, ya que los ríos en estudio no presentan condiciones para que se practique la pesca de forma significativa.

Los promedios que se obtuvieron como resultado de la valoración, se compararon en base a la tabla 4, dando como resultado la clase o estado en que se encuentran cada una de las zonas de muestreo.

4.6. Diseño de estrategias y acciones para el manejo de los ríos Malacatos, Zamora y Zamora Huayco en su paso por la ciudad de Loja

Como primer paso se realizó un recorrido a lo largo de los ríos tomados en cuenta para este trabajo, ello permitió identificar las principales causas que afectan el normal funcionamiento de estos ecosistemas, tanto en la parte alta antes de ingresar a la ciudad, parte media que comprende el centro urbano y en la parte baja.

Para desarrollar las estrategias y acciones se utilizó como referencia la información de la evaluación visual de las riberas de los ríos según el SVAP y los datos del monitoreo con macroinvertebrados obtenidos en este estudio, adicional se revisó información secundaria para reforzar cada una de las propuestas, como algunos manuales de educación y capacitación ambiental, libros de reforestación de riberas, manejo de cuencas hidrográficas, sistemas de tratamientos de aguas residuales, ordenanzas vigentes, trabajos de tesis y algunos artículos de internet relacionados al manejo sustentable de los recursos hídricos.

La estructura de cada estrategia se compuso de:

- Objetivos
- Metas
- Líneas de acción

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Diversidad de las comunidades bentónicas de los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora

Tabla 7. Lista de macroinvertebrados bentónicos encontrados en los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora, durante el estudio

CLASE	ORDEN	FAMILIA	SP	Individuos
Insecta	Diptera	Tipulidae	sp1	8
			sp2	1
		Therevidae	sp3	144
			sp4	173
		Chironomidae	sp5	10
			sp6	3
		Ephydriidae	sp7	121
		Culicidae	sp8	3
		Simuliidae	sp9	8
	Ephemeroptera	Oniscigastridae	sp10	57
		Baetidae	sp11	46
			sp12	209
	Leptophlebiidae	sp13	32	
	Plecoptera	Perlidae	sp14	15
	Trichoptera	Hydropsychidae	sp15	22
		Leptoceridae	sp16	64
		Helicopsychidae	sp17	82
		Philopotamidae	sp18	1
		Glossosomatidae	sp19	580
		Hydrobiosidae	sp20	12
	Coleoptera	Ptilodactylidae	sp21	24
		Elmidae	sp22	2
Arachnida	Acari	Hydrachnidae	sp23	4
Turbelaria	Tricladia	Planaridae	sp24	22
Gastropoda	Mesogastropoda	Ampullaridae	sp25	13
Oligochaeta	?	*	sp26	60
Nematomorpha	?	*	sp27	152
		Total	sp27	1868

? Orden no identificada

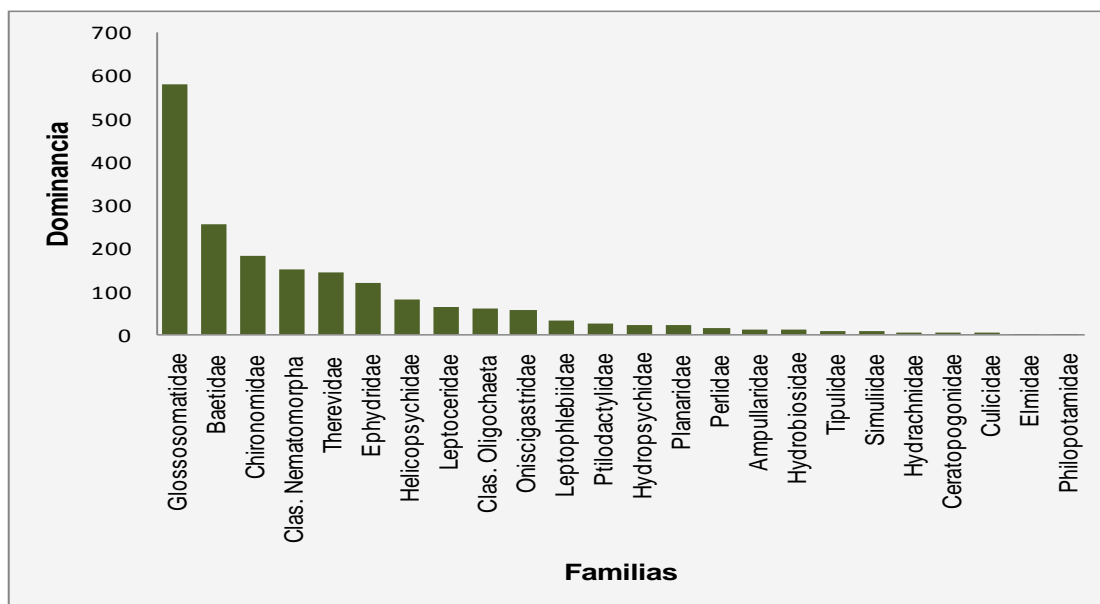
* Familia no identificada

Durante el tiempo de estudio se logró identificar 1868 individuos repartidos en 6 clases, 8 órdenes, 22 familias y 29 morfo-especies (especies). De las 6 clases identificadas, Insecta fue la mejor representada, con un número de 1617 individuos, por el contrario la clase Arachnida que fue la menos representada con apenas 4 especímenes.

Dentro de Insecta, el orden Trichoptera con un total de 758 individuos significó el orden más abundante, seguido de Diptera con 471 y Ephemeroptera con 347.

En cuanto a morfo-especies sólo se logró visualizar las diferencias físicas entre individuos de las familias Chironomidae, Tipulidae y Baetidae. Cabe mencionar que todos los invertebrados colectados corresponden a estados inmaduros ya que en ésta etapa de su vida son netamente acuáticos.

Gráfico 3. Dominancia de familias durante todo el muestreo



Se encontraron tres familias con mayor dominancia: Glossosomatidae perteneciente al orden Trichoptera con 600 individuos aproximadamente, seguida de Baetidae que corresponde al orden Ephemeroptera con 260 y finalmente Chironomidae del orden Díptera con un aproximado de 180 individuos. Por el contrario las familias con menor dominancia

corresponden a Culicidae, Elmidae y Philopotamidae, con no más de tres individuos cada una.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo en cuanto a las comunidades de macroinvertebrados colectados, difieren con el estudio de Cisneros y Espinosa 2001, ya que éste, en lo que corresponde a la clase Insecta, que para ambos estudios fue la más representativa, se registraron 33 familias de las cuales 18 no se encontraron en el presente trabajo.

Tabla 8. Acumulación de especies por esfuerzo de muestreo

ZM1	M1	M2	M3	M4	M5
Sp. Encontradas	7	5	5	12	4
Sp. Nuevas	7	2	3	7	1
ZM2					
Sp. Encontradas	4	4	5	7	7
Sp. Nuevas	4	2	3	2	1
ZM3					
Sp. Encontradas	7	12	12	10	10
Sp. Nuevas	7	7	1	1	0
ZM4					
Sp. Encontradas	5	5	13	5	6
Sp. Nuevas	5	2	7	2	0
ZM5					
Sp. Encontradas	4	8	6	5	8
Sp. Nuevas	4	6	1	0	4
ZM6					
Sp. Encontradas	7	6	6	6	10
Sp. Nuevas	7	2	1	1	3
ZM7					
Sp. Encontradas	4	5	5	3	4
Sp. Nuevas	4	2	1	0	0
ZM8					
Sp. Encontradas	2	4	5	4	6
Sp. Nuevas	2	2	2	1	2

En base a ésta información se pudo determinar que el esfuerzo de muestreo en cada una de las zonas no fue suficiente, ya que en la mayoría de éstas se encontraron nuevas especies hasta el último muestreo (M5). Tal es el caso de las zonas 1, 2, 5, 6 y 8 donde se registraron alrededor de cuatro especies nuevas, mientras que en las zonas 3, 4 y 7 la aparición de nuevos especímenes fue nula, por lo que teóricamente el esfuerzo de muestreo en estos últimos lugares fue exitoso.

Tabla 9. Resumen de los parámetros comunitarios de diversidad por mes de muestreo

	Febrero	Marzo	Abril	Julio	Agosto
Especies	19	16	20	22	19
Individuos	127	275	834	385	247
Índice Simpson	0,84	0,85	0,63	0,89	0,88
Equidad	0,78	0,79	0,56	0,81	0,83
Valor mayor					
Valor menor					

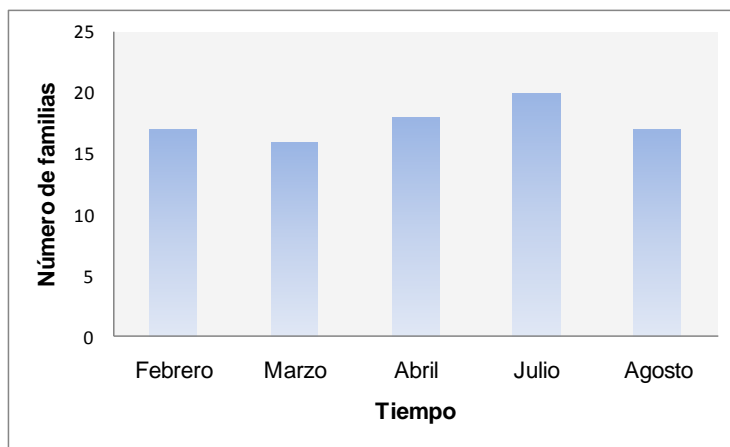
Se puede observar que la variación en el número de especies a lo largo de los meses de estudio fue mínima, entre 16 y 22 en los meses de marzo y julio respectivamente.

En tanto que para el número de individuos si se registraron diferencias significativas, entre 127 en febrero y 834 en el mes de abril, mes en el que la familia Glossosomatidae representó el 58,63% del total del muestreo, la presencia abundante de ésta especie podría atribuirse a que el ambiente acuático en este mes presentó las condiciones optimas tanto físicas como ambientales para el desarrollo abundante de esta familia o simplemente puede deberse a factores intrínsecos de la especie.

Para la diversidad se observan valores similares en los meses de febrero, marzo, julio y agosto; en tanto que en el mes de abril se presentó la menor diversidad pudiendo atribuirse tanto a factores abióticos como cambios en la composición física del agua, lo que afecta las comunidades bénticas ya que son sensibles a estas variaciones, como también a factores bióticos como predación, competición, etc.

Si se observan los valores de diversidad según Simpson y de equidad en el mes de abril, estos presentan los más bajos de todo el muestreo: 0,63 y 0,56 respectivamente, debiéndose posiblemente a la gran cantidad de individuos (834), los mismos que se distribuyeron en apenas 20 especies.

Gráfico 4. Abundancia de familias en el tiempo



En base a éste gráfico se pudo observar que a lo largo del periodo de muestreo el número de familias no varió significativamente, ya que la diferencia de recolección entre muestreos se dio en no más de cuatro familias; para el mes de marzo, como se observa, se capturó la menor cantidad de familias, mientras que para julio se registro el mayor numero, coincidiendo con las épocas de lluvia y estiaje en el cantón Loja, lo cual coincide con lo dicho por Roldan (1988) en que entre estas épocas se muestra un marcado efecto sobre la abundancia de algunos macroinvertebrados, pues al aumentar los caudales, estos insectos pueden verse afectados y sus comunidades disminuidas, lo contrario de las épocas secas donde las aguas mantienen un cauce normal y no sufre ninguna alteración.

Es importante recalcar que los resultados en cuanto a los parámetros medidos no presentan variaciones muy significativas a lo largo del periodo de estudio, lo que podría indicar que en general el ecosistema de los ríos es bastante regular, pese a alteraciones climáticas o antropogénicas que se pueden presentar.

Tabla 10. Resumen de los parámetros comunitarios de diversidad por zona de muestreo

	ZM1	ZM2	ZM3	ZM4	ZM5	ZM6	ZM7	ZM8
Especies	19	11	16	16	15	14	7	9
Individuos	147	176	503	354	215	158	131	184
Dominancia	0,41	0,25	0,21	0,48	0,45	0,19	0,34	0,40
Índice Simpson	0,59	0,75	0,79	0,52	0,55	0,81	0,66	0,60
Valor mayor								
Valor menor								

Las zonas con mayor número de especies fueron las ZM1, ZM3 y ZM4, posiblemente porque estas se encuentran ubicadas en secciones del río en las que sus aguas son más corrientosas, presentan mayor cantidad de oxígeno y fisiológicamente son más ricas que las aguas río abajo.

Por el contrario las menos representativas fueron las ZM7 y ZM8 notándose un decremento muy significativo, pudiendo atribuirse a que en estas zonas las especies tienen que adaptarse a condiciones extremas de contaminación como la falta de oxígeno, luz, alteración de temperatura, entre otros factores que limitan la capacidad de algunos organismos de habitar estas aguas. Lo que coincide con el estudio de Matthías y Moreno (1983), donde se menciona que existe una correlación entre una baja diversidad y las corrientes contaminadas.

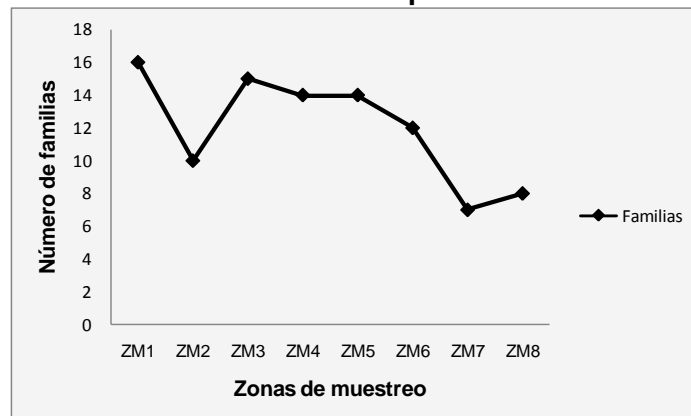
La variación de los individuos es amplia, como se observa la ZM3 es la que presenta la mayor cantidad con 503, mientras que la ZM7 tiene un total de 131, siendo la más baja. El primer caso se puede atribuir al hecho de que en esta zona se colectó un mayor número de individuos pertenecientes al orden Trichoptera, debido a que las larvas de este orden se reproducen mejor en aguas frías y corrientosas (Roldan 1988), mientras que para el segundo caso la baja cantidad de individuos puede deberse a que el aumento de desechos orgánicos a reducido y modificado la comunidad de macroinvertebrados en éste sector.

Tomando en cuenta que Simpson mide también la dominancia; es decir a mayor diversidad menor dominancia o viceversa, se puede observar esta relación en la ZM6 y ZM4, para la

primera zona la diversidad es mayor con 0,81 mientras que la dominancia es la más baja con 0,19; pudiendo darse debido a la ubicación de la zona, ya que se encuentra frente al Hospital del IESS luego de la unión de los ríos Zamora Huayco y Malacatos, donde confluyen aguas con mayor y menor grado de contaminación, lo que provocaría que individuos tolerantes y no tolerantes se mezclen en este punto, dando así una alta diversidad.

Para la segunda zona se observa lo opuesto, pues tiene una diversidad de 0,52 con una dominancia de 0,48, esto se explica claramente ya que 239 individuos pertenecen a una sola especie lo cual disminuye el valor de diversidad.

Gráfico 5. Número de familias por zonas de muestreo



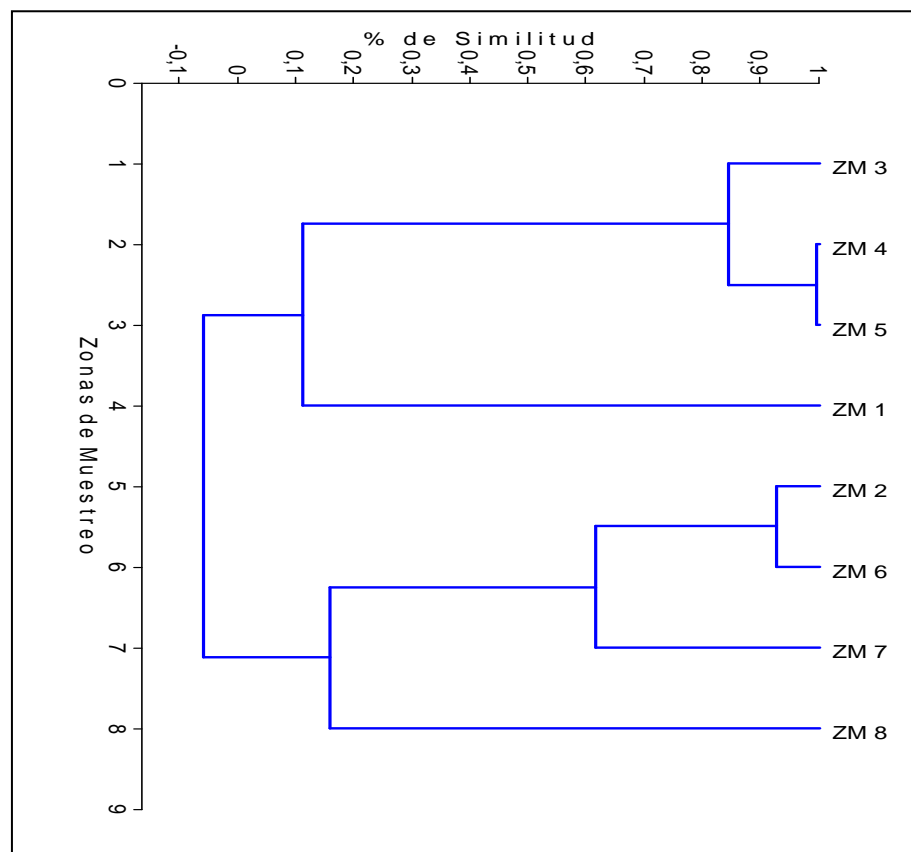
En éste gráfico, se observa la riqueza de familias que presentaron cada una de las zonas de muestreo, donde se evidencia que la mayor cantidad se registró en las zonas uno y tres, que corresponden a l sector Dos Puentes y metros antes de la toma de agua El Carmen antes del ingreso a la ciudad; por el contrario, la zona que registró menor número fue la siete en el sector de Sauces Norte. Por otra parte, la tendencia de la línea a crecer en la zona ocho, refleja una mejoría en las condiciones abióticas del río, haciendo posible la repoblación de familias acuáticas.

Esto demuestra que a medida que la aguas de los ríos ingresan a la ciudad, sus condiciones tienden a cambiar, principalmente por la presencia de materia orgánica y otros

contaminantes. La riqueza disminuye considerablemente ya que existe una correlación entre la baja diversidad y corrientes contaminadas (Matthías & Moreno 1983), y por estudios anteriores como el de Zúñiga (1989) se ha determinado que a medida que aumentan los desechos orgánicos, disminuye el oxígeno disuelto y las comunidades de macroinvertebrados se reducen y modifican.

El número de familias en la zona uno, que en el presente trabajo reflejó el valor más alto, difiere con en el estudio de Cisneros & Espinosa (2001), donde se registró la riqueza más baja de todo el muestreo, atribuyendo éste hecho a las alteraciones del hábitat, como la extracción de material pétreo en el sector. En base a esta variación se podría pensar que estas actividades han disminuido notablemente, reflejándose en un aumento considerable de la riqueza en esta zona.

Gráfico 6. Análisis Cluster de Similitud por zonas de muestreo según las especies



El análisis Cluster de correlación Pearson r , en este caso muestra dos grupos bien definidos con una similitud negativa de -0,08%: el primero está integrado por las zonas de muestreo 3, 4, 5 y 1 y el segundo por las zonas 2, 6, 7 y 8.

Dentro del primer grupo, las ZM4 y ZM5 tienen una similitud casi del 100%, debido posiblemente a la proximidad en que se encuentran y a que sus condiciones de hábitat son similares, pues se ubican dentro del casco urbano en el río Zamora Huayco. A éstas se une la ZM3 con una similitud del 85%, debido posiblemente a que las muestras fueron tomadas en la parte alta del mismo río, donde las condiciones de hábitat son mejores.

En el segundo grupo la ZM2 y ZM6 comparten el 93% de especies, a pesar de la distancia en que se ubican tienen condiciones de hábitat muy parecidas.

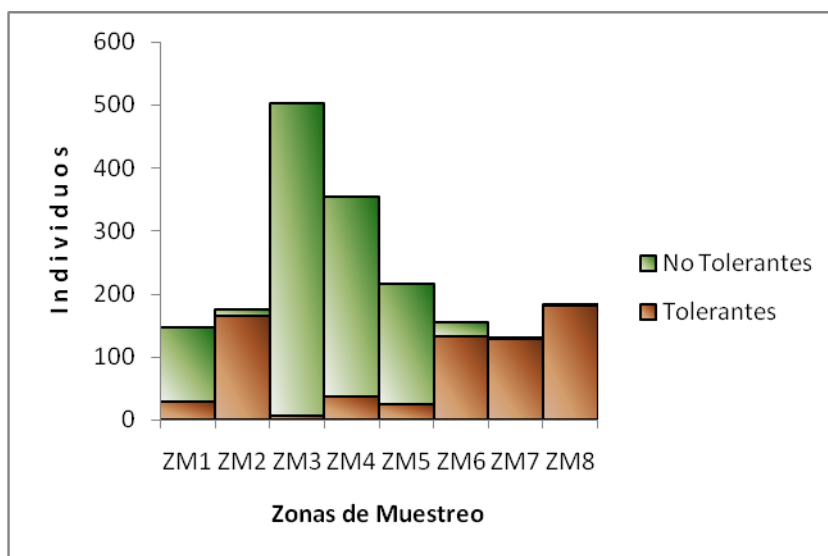
Finalmente las ZM7 y ZM8 con 61% y 16% de similitud respectivamente, a pesar de ubicarse en el mismo río, el dendograma no muestra una similitud significativa entre ellas, esto puede atribuirse al hecho de que la ZM7 recibe las descargas de los colectores marginales algunos metros antes, en tanto que la zona de muestreo 8 al ubicarse siete kilómetros aguas abajo, por efecto de la corriente tiende a mejorar.

Los dos grupos que definió el programa, muestran una diferencia marcada entre los lugares que han recibido menor impacto y que se encuentran antes o al inicio de la ciudad de Loja (ZM3, ZM4, ZM5 y ZM1) y los del segundo grupo que se encuentran en el centro y aguas abajo de la ciudad (ZM2, ZM6, ZM7 y ZM8), ya que reciben gran cantidad de contaminantes orgánicos.

Además que las zonas del primer grupo, a excepción de la ZM1, se encuentran ubicadas a lo largo del río Zamora Huayco, lo cual indicaría que éste río presenta niveles muy bajos de contaminación, siendo importante tener en cuenta la aplicación de medidas preventivas para que esto no cambie.

5.2. Presencia de organismos tolerantes y no tolerantes a la contaminación por zona de muestreo

Gráfico 7. Relación numérica entre organismos tolerantes y no tolerantes a la contaminación



Como se puede observar en este gráfico, los sectores: Dos Puentes (ZM1), El Carmen (ZM3), Zamora Huayco, (ZM4) y La Salle (ZM5), son los sitios donde predominan organismos que no toleran niveles de contaminación muy elevados, presentándose en gran mayoría en la ZM3 con 500 especímenes aproximadamente.

Por otra parte se puede observar que a medida que los ríos cruzan la ciudad, los niveles de contaminación se van haciendo más evidentes, por lo que la presencia de los organismos tolerantes se hace cada vez mayor, este hecho se puede reflejar en las últimas zonas, puesto que ahí han desaparecido en su totalidad las especies que no toleran contaminantes.

Cabe recalcar que en todas las zonas se observa la presencia de organismos tolerantes a la contaminación, aunque en algunas la presencia es mínima como en la ZM3 y ZM1, lo que muestra que a lo largo de los ríos existe contaminación de tipo orgánica. Esto podría afectar

en el futuro si no se toman las medidas necesarias, especialmente en la ZM3 que es la mejor conservada y de la cual se capta agua para gran parte de la ciudad.

5.3. Índices Biológicos de la Calidad de Agua

De las 24 familias registradas para éste trabajo se utilizaron 20 para determinar el índice BMWP-R en base a la clasificación hecha por Roldan, para el índice EPT y Sensibilidad de Carrera y Fierro se utilizaron 10 y 20 familias respectivamente.

Tabla 11. Índices Biológicos de calidad de agua por zona de muestreo

INDICE EPT			INDICE DE SENSIBILIDAD			INDICE BMWP-R			
Zona	Val. Indicador	Calidad del Agua	Zona	Val. Indicador	Calidad del Agua	Zona	Val. Indicador	CALIDAD	CLASE
ZM1	80	Muy buena	ZM1	85	Buena	ZM1	90	Aceptable	II
ZM2	5	Mala	ZM2	36	Regular	ZM2	37	Dudosa	III
ZM3	94	Muy buena	ZM3	92	Buena	ZM3	95	Aceptable	II
ZM4	88	Muy buena	ZM4	82	Buena	ZM4	65	Aceptable	II
ZM5	87	Muy buena	ZM5	80	Regular	ZM5	46	Dudosa	III
ZM6	12	Mala	ZM6	48	Regular	ZM6	44	Dudosa	III
ZM7	0	Mala	ZM7	14	Muy mala	ZM7	11	Muy Crítica	V
ZM8	1	Mala	ZM8	18	Mala	ZM8	19	Crítica	IV
ÓPTIMO	75 - 100%	MUY BUENA	ÓPTIMO	101 - 145	MUY BUENA	ÓPTIMO	> 150	Buena	I

De acuerdo al índice EPT el porcentaje más cercano al óptimo fue el obtenido en el Carmen (ZM3) con un valor de 94%, lo cual muestra un bajo nivel de contaminación orgánica, seguramente por encontrarse en una área que aún conserva características naturales. Sin embargo los sectores: Dos Puentes (ZM1), Zamora Huayco (ZM4) y La Salle (ZM5) también muestran una calidad de agua **Muy buena** con porcentajes altos, lo cual significaría que al encontrarse antes o entrando al casco urbano la contaminación no es muy significativa.

En tanto que la calidad de agua es **Mala** en las zonas ubicadas frente al Coliseo Ciudad de Loja (ZM2) y frente al Hospital del IESS (ZM6), por lo que se sitúan en el centro urbano de la ciudad, lo que indica que la contaminación que se evidencia en estos lugares sea posiblemente debido a la fuga de los colectores marginales que permiten que aguas negras fluyan hacia el río, otro factor que podría también afectar es el asentamiento de nuevos

barrios que depositan sus aguas directamente ya que no se encuentran dentro del alcance de los colectores de aguas servidas.

Finalmente los sectores Sauces Norte (ZM7) con el 0%, y Sevilla de Oro (ZM8) con el 1%, se convierten en los sitios más impactados, en el caso de estas dos zonas existe una pequeña diferencia en el porcentaje, puesto que la primera es la que recibe directamente la descarga de aguas residuales de la ciudad, ya que es aquí donde los colectores vierten su contenido; mientras que la segunda muestra una pequeña recuperación, al parecer por la disminución de la presión de los contaminantes, sumándose a esto la distancia en que se ubica respecto de la anterior y por el aporte de aguas limpias de pequeños riachuelos que confluyen aguas abajo.

En el índice de Sensibilidad, ninguno de los valores obtenidos se acercaron al rango óptimo, sin embargo las zonas: Dos Puentes (ZM1), El Carmen (ZM3) y Zamora Huayco (ZM4), tuvieron los valores más altos dando una calidad de agua **Buena**. Por otra parte las zonas que se encuentran en el casco urbano: Coliseo Ciudad de Loja (ZM2) La Salle (ZM5) y Hospital del IESS (ZM6), coincidieron con una calidad de agua **Regular**. La zona más afectada de acuerdo con éste índice coincide al igual con la anterior, en el sector Sauces Norte (ZM7) ya que obtuvo el valor más bajo dando una calidad de agua **Muy mala**, para la última zona, pese a tener un aumento mínimo en relación al anterior, se demuestra de cierta forma un nivel de recuperación.

Por último en el índice BMWP-R el valor más alto con 95 fue para el sector El Carmen (ZM3), siendo ésta una de las zonas con los niveles más bajos de contaminación, por el contrario el sector de Sauces Norte (ZM7) al igual que los índices anteriores, viene registrando los niveles más altos de contaminación con una puntuación de 11; como se ha venido mencionando, para el sector Sevilla de Oro (ZM8) el nivel de contaminación del río sigue mostrando una pequeña recuperación, como se explico anteriormente.

Haciendo un análisis general de la calidad del agua de los ríos estudiados, se obtuvo un valor promedio para cada índice biológico aplicado, siendo para EPT 45,9% y para el índice

de Sensibilidad 54,37%, alcanzándose para estos dos casos una calidad de agua **Regular**. Por último el índice BMWP-R con un porcentaje del 50,87% da una calidad de agua **Dudosa**, es decir aguas moderadamente contaminadas, sin embargo los tres índices coinciden en catalogar a estos ríos dentro de una clase III. El bajo porcentaje que se obtuvo en promedio para los tres ríos puede atribuirse al hecho de que la mayoría de las zonas de muestreo presentan condiciones de baja calidad, sobre todo las que se ubican luego de la ciudad, lo que haría pensar que el nivel de contaminación es demasiado elevado con respecto a los sitios que aun conservan condiciones sanas.

5.4. Evaluación visual de las riveras

Tabla 12. Análisis visual por zona de muestreo según el Stream Visual Assessment Protocol (SVAP)

Zona de Muestreo	Promedio	Clase
ZM1	6,7	Regular
ZM2	3,1	Pobre
ZM3	8,3	Buena
ZM4	5,2	Pobre
ZM5	4,8	Pobre
ZM6	3,0	Muy Pobre
ZM7	2,9	Muy Pobre
ZM8	3,3	Pobre
ÓPTIMO	10	Excelente

En los resultados obtenidos de la evaluación del hábitat se muestra que solo una de las zonas evaluadas presenta un hábitat de calidad **Buena**, esto corresponde al Sector El Carmen (ZM3), ubicado en la cabecera del río Zamora Huayco; cabe recalcar que a pesar de ser la que cuenta con mejores condiciones no llegó al puntaje óptimo, puesto que existe un grado de alteración en sus zonas ribereñas, principalmente por la agricultura y ganadería a pequeña escala.

Por otra parte la mitad de las zonas presentan valores **Pobres** de calidad del hábitat, con un valor promedio de 4,1; éstas son las que se ubican en el centro urbano, a excepción de Sevilla de Oro (ZM8) que se encuentra en la periferia norte de la ciudad; tal parece que la

presencia de desechos sólidos, aumento de nutrientes de origen orgánico, embaulamiento del río, falta de cobertura boscosa, entre otras; son los problemas que dan origen a ésta particularidad.

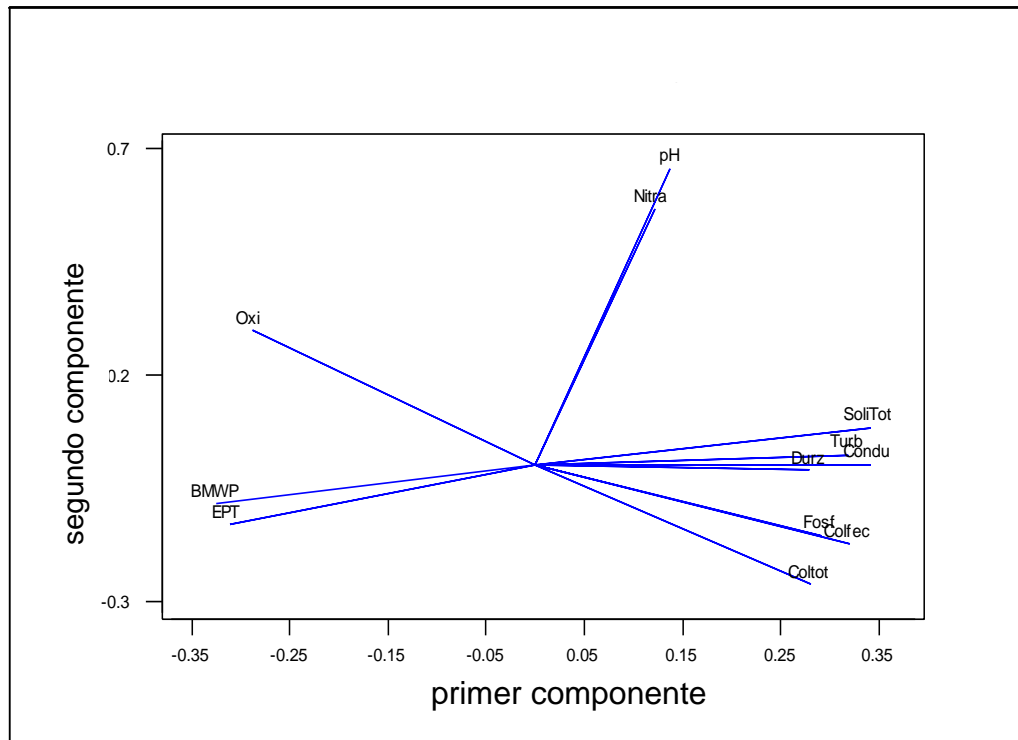
El sector Dos Puentes (ZM1) fue el único sitio con una calidad de hábitat **Regular**; a pesar de ubicarse en la parte alta del río Malacatos presenta cierto grado de alteración, pudiéndose atribuir este hecho a que la ciudad ha venido creciendo principalmente a lo largo de éste. Se observan algunos asentamientos humanos que no cuentan con los servicios básicos y generan vertidos y residuos sólidos que van a parar al río. La agricultura y ganadería son factores a tomar en cuenta ya que esto afecta a las riveras, alterando de esta forma la calidad del agua.

Las de calidad **Muy pobre**, con un promedio de 2,9; corresponden a las ubicadas frente al Hospital del IESS (ZM6) y al sector de Sauces Norte (ZM7); posiblemente debido a la alteración del hábitat por efecto de las descargas de materia orgánica y por otra parte, la ausencia de riberas en condiciones naturales que afecta enormemente al normal funcionamiento de éste ecosistema.

5.5. Análisis de parámetros físico - químicos y biológicos

En base al Análisis de Componentes Principales (PCA), se definió que dos componentes son los más importantes ya que retienen el 78% de la información contenida en la matriz, en el grafico 8 se muestran las variables y correlaciones, incluidas en estos componentes.

Gráfico 8. Representación gráfica de los componentes principales



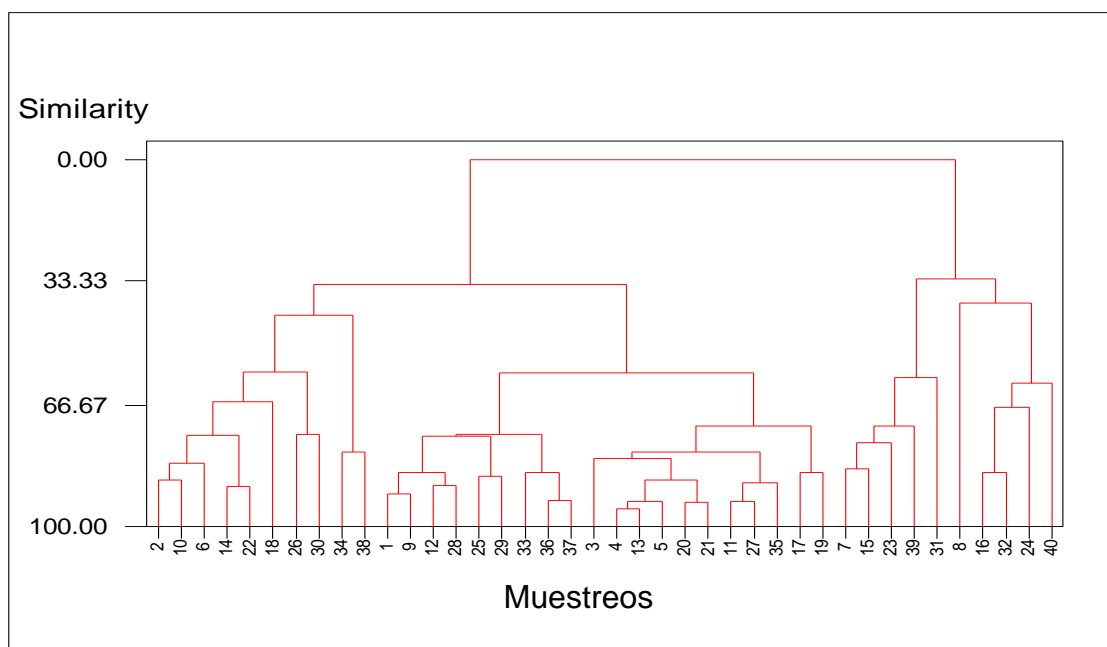
Aquí se observa que para el primer componente, las variables físico-químicas, los índices de calidad de agua y los coliformes son los más importantes; mientras que para el segundo componente lo más importante es la relación entre el pH y los nitratos.

Por otra parte, se observa un rechazo entre el oxígeno disuelto y los coliformes; esto se da ya que cuando existe poca cantidad de oxígeno en el agua, se permite la proliferación de gran cantidad de coliformes tanto fecales como totales.

Nótese que los índices BMWP-R y el EPT disminuyen al aumentar el valor de las variables físico-químicas, principalmente la turbidez, dureza y los sólidos totales; ya que éstas variables en bajas cantidades, determinan las condiciones óptimas en el agua para que organismos acuáticos puedan sobrevivir, por lo que si estos valores se ven alterados, los organismos acuáticos también se verán afectados.

También se observa que la turbidez y los sólidos totales están relacionados positivamente, al igual que la dureza y la conductividad, éstas variables se ven alteradas en zonas donde se observa vertidos de origen orgánico o residuos sólidos a orillas de los ríos, cuyas aguas arrastran gran cantidad de sedimentos.

Gráfico 9. Cluster para identificar grupos similares de variables físico-químicas y biológicas entre muestreos



En este Cluster, se observan cuatro grupos de muestreos que siguen patrones de paridad, es decir, se agrupan según la similitud que exista entre ellos. En el primer grupo dominan los muestreos realizados en las estaciones ZM2 y ZM6; en el segundo grupo los muestreos en las ZM4 y ZM5, en el tercero las ZM1 y ZM3, y en el cuarto grupo los muestreos pertenecientes a las zonas ZM7 y ZM8. Se debe tener en cuenta que hay algunos muestreos que se confunden entre los grupos dentro del cluster, pero la gran mayoría siguen el mismo patrón.

Tabla 13. Clasificación de las zonas de muestreo según los análisis físico –químicos

Grupo	Clase	ZM	Clasificación
3	1	1 y 3	Sin Contaminación
2	2	4 y 5	Contaminación Moderada
1	3	2 y 6	Contaminadas
4	4	7 y 8	Muy Contaminadas

El análisis K Nearest Neighbors Classification (KNN), ordeno a los cuatro grupos obtenidos del cluster en cuatro clases, cabe mencionar que este modelo matemático obtuvo un nivel de confianza del 99.92 %. La clasificación de la calidad del agua se la definió en base al conocimiento previo de las zonas, cabe recalcar que los resultados obtenidos coinciden en gran medida con los resultados de los índices biológicos BMWP-R, EPT y Sensibilidad.

Dentro del grupo uno, las zonas ZM2 y ZM6 se ubicaron dentro de la **clase 3** como **aguas contaminadas**, ya que presentan niveles altos de turbiedad, nitratos, fosfatos y coliformes. En el grupo dos las zonas ZM4 y ZM5, ubicados dentro de la **clase 2**, se consideran aguas de **contaminación moderada**, posiblemente por el buen nivel de oxígeno disuelto y bajos valores de turbidez, lo cual permite la vida acuática y autodepuración de los pocos contaminantes detectados.

Para el grupo tres, las ZM1 y ZM3 se ubicaron dentro de la **clase 1**, clasificándolas como aguas **sin contaminación**, lo cual es evidente ya que presentan los niveles más bajos de coliformes, turbidez, nitratos y sólidos disueltos; y altos valores de oxígeno, siendo consideradas éstas zonas como las menos afectadas y si se compara con los índices biológicos, éstos resultados coinciden en gran medida.

Finalmente, el grupo cuatro constituido por las ZM7 y ZM8, se ubicó dentro de la **clase 4**, es decir aguas **muy contaminadas**, pues es aquí donde las variables físico químicas obtienen los valores más altos, y contrastando con los índices biológicos, éstos obtienen los valores más pobres, es decir un agua de muy mala calidad.

6. ESTRATEGIAS, ACCIONES Y ALTERNATIVAS DE MANEJO

6.1. OBJETIVO: Fomentar la participación activa de la población en la conservación de ríos y quebradas

META: Llegar a la comunidad rural y urbana a través de un sistema de educación ambiental

Para incluir a la sociedad dentro de un programa de educación ambiental, se pueden utilizar tres herramientas:

- Campañas de información
- Formación de líderes
- Participación social

Realizar campañas de información tanto en el área rural como urbana

Con estas campañas se busca informar a la población sobre la problemática actual de la contaminación de los ríos, así como también incentivar a las personas a adquirir aptitudes que ayuden a resolver este problema, los medios de apoyo para éstas campañas pueden ser: avisos en medios de prensa, afiches, folletos explicativos, spots televisivos, eslóganes radiales e Internet.

Formar líderes en educación ambiental

Crear un grupo voluntario de trabajo tomando en cuenta grupos focales, como por ejemplo, estudiantes, tanto del área urbana como rural, dirigentes barriales, miembros de clubes ecológicos, etc., quienes serán capacitados en los principales temas ambientales que involucran a la ciudad, con mayor énfasis en la conservación de los recursos hídricos. Para finalmente elaborar metodologías que permitan llegar a toda la comunidad con propuestas a ser ejecutadas en pro de la conservación. Para ello se puede buscar la colaboración de

autoridades municipales, ministerio de educación, organizaciones ambientales sin fines de lucro, policía ambiental, etc.

Lograr la participación activa de la población

Es importante la inclusión de la sociedad en temas ambientales, ya que sin la colaboración colectiva los proyectos no se podrían realizar, para esto se requiere llevar a efecto acciones concretas, en base a información obtenida de cada sector; en el caso de Loja se pueden encaminar acciones tanto para el sector urbano como para el rural.

En el sector rural con la colaboración de juntas parroquiales se pueden organizar mingas de limpieza y reforestación de pequeñas zonas ribereñas, con el objetivo de recuperar el ambiente natural del río. Por otra parte, para evitar la contaminación producida por materia orgánica, en los sitios donde no existe alcantarillado y las aguas residuales llegan directamente al cauce, se puede gestionar la donación de materiales de construcción, que junto con la mano de obra comunitaria permitan construir letrinas y pozos sépticos. Para los residuos orgánicos, se pueden crear áreas de lombricultura o de compostaje, de modo que estos residuos sirvan para obtener humus que después puede ser utilizado en pequeños cultivos y de esta forma disminuir la cantidad de contaminantes orgánicos que llegan al río.

Finalmente, la vigilancia comunitaria es otra buena opción; ésta consiste en mantener atentos a todos los miembros de la comunidad para denunciar o impedir cualquier acción que vaya en contra de la recuperación del río, como la disposición de basura de cualquier tipo, que se pretendiera arrojar en las riberas o en zonas verdes, evitando de éste modo convertir nuevamente en basureros los tramos recuperados.

En lo que respecta al sector urbano, se pueden implementar acciones que lleguen con el mensaje de conservación a toda la comunidad, para ello se pueden organizar casas abiertas en sitios públicos, donde los miembros del grupo organizador junto con miembros voluntarios de la comunidad rural, puedan tener un contacto más personal con la ciudadanía e informar sobre los proyectos que se están haciendo y los beneficios que se están logrando, para de

este modo fomentar la conciencia ciudadana en temas medioambientales, sobre todo en el tema de los recursos hídricos.

Involucrar a la juventud para que las buenas prácticas de conservación perduren en el tiempo es algo imprescindible, esto se puede lograr mediante acciones simples, tales como mingas de limpieza para retirar residuos sólidos en algunos tramos del río que atraviesan el centro urbano, que aparte de dar un mal aspecto, generan problemas graves de contaminación.

Finalmente se pueden organizar en los barrios o ciudadelas, campañas de concientización de casa en casa, ya que con el contacto individual se puede conocer el nivel de interés de cada persona, y sobre todo despejar las interrogantes que se pudieran generar, como material de apoyo se pueden entregar hojas informativas sobre los buenos hábitos que se deben adoptar para la buena disposición de los residuos.

6.2. OBJETIVO: Elaborar un programa de recuperación para zonas ribereñas degradadas

META: Repoblar las zonas de ribera que presentan mayor grado de impacto

Para llevar a cabo un plan de reforestación se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Eliminar las principales causas de degradación de los ríos
- Reforestar zonas ribereñas
- Incluir a la población local

Eliminar las causas de degradación de los ríos

No cabe duda que las intervenciones humanas son las que alteran la estructura y funcionamiento de los ecosistemas fluviales, y las que originan de cierto modo su estado de

degradación. Cuando se eliminan éstas presiones, los ríos recuperan en gran parte sus condiciones naturales. El esfuerzo humano en la restauración de los ríos debe centrarse en eliminar las causas que están alterando su funcionamiento, más que en recuperar dicho funcionamiento, que surge por sí mismo cuándo éstas desaparecen.

Una de las causas principales de la degradación de los ríos, son los vertidos contaminantes y la presencia de residuos sólidos, la eliminación de éstos, sería una de las soluciones más prácticas a la problemática del deterioro de la calidad de las aguas de los ríos, para ello se deben hacer cumplir las normativas y sistemas de control existentes, incluso con sanciones económicas, para hacer mínima la incorporación de sustancias contaminantes a los cauces.

Es muy frecuente también encontrar en las riberas un substrato procedente de materiales de excavaciones, escombros, basuras, etc. Por lo tanto éstos materiales deben ser retirados y llevados a zonas adecuadas, volviendo a rellenar el espacio con el material del río que se encuentre más próximo. Luego se procede a nivelar el terreno y mejorar la topografía, especialmente en el entorno más próximo al cauce.

Reforestar las zonas ribereñas

Con la repoblación se busca proteger los recursos acuáticos y ribereños y lograr establecer un pequeño corredor biológico que a más de servir de hábitat para ciertas especies, también ayude a conservar la salud del río.

La reforestación de este espacio debe hacerse con especies nativas y de crecimiento rápido, se pueden usar varias especies, tratando siempre de imitar a la naturaleza, observando los tramos mejor conservados del río. Previo a esto, se debe hacer un reconocimiento del área donde se van a realizar la reforestación, para poder tener información que luego va a resultar muy útil y evitar que el proyecto fracase.

En esta primera fase lo que se hace es obtener toda la información posible acerca de las condiciones climáticas como precipitaciones, temperaturas y la constancia de cada una de

ellas, otro factor indispensable es la topografía del terreno, tomando en cuenta las pendientes, por ejemplo pendientes de 30 a 35% son muy difíciles de re vegetar, las condiciones del suelo también son importantes, para ello debe analizarse factores como pH, humedad, porcentaje de materia orgánica, etc.

En cuanto a la selección de especies, como ya se mencionó, es importante considerar aquellas que son nativas, puesto que se trata de una repoblación. Como algo complementario se puede hacer un inventario de especies de la zona, en caso de que la información no sea suficiente. En la tabla 14 se mencionan algunas especies nativas de la Hoya de Loja que podrían ser usadas para planes de reforestación. Estas especies reúnen las características fundamentales que permitirá restaurar la funcionalidad de las riberas, entre las cuales se menciona:

- Crecimiento rápido
- Larga vida
- Raíces abundantes y profundas
- Producen materia orgánica
- Fácil multiplicación
- Aporte de nitrógeno
- Filtración de agua
- Almacenamiento de agua

Tabla 14. Especies para reforestación de riberas

Nombre científico	Nombre común
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso
<i>Juglans neotropica</i>	Nogal
<i>Cedrella Montana</i>	Cedro colorado
<i>Schinus molle</i>	Molle
<i>Chionanthus pubescens</i>	Arupo
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce
<i>Phytolacca dioica</i>	Santo tomé
<i>Guadúa angustifolia</i>	Guadúa
<i>Myrica pubescens</i>	Laurel de cera
<i>Gynerium Saggittatum</i>	Pindo

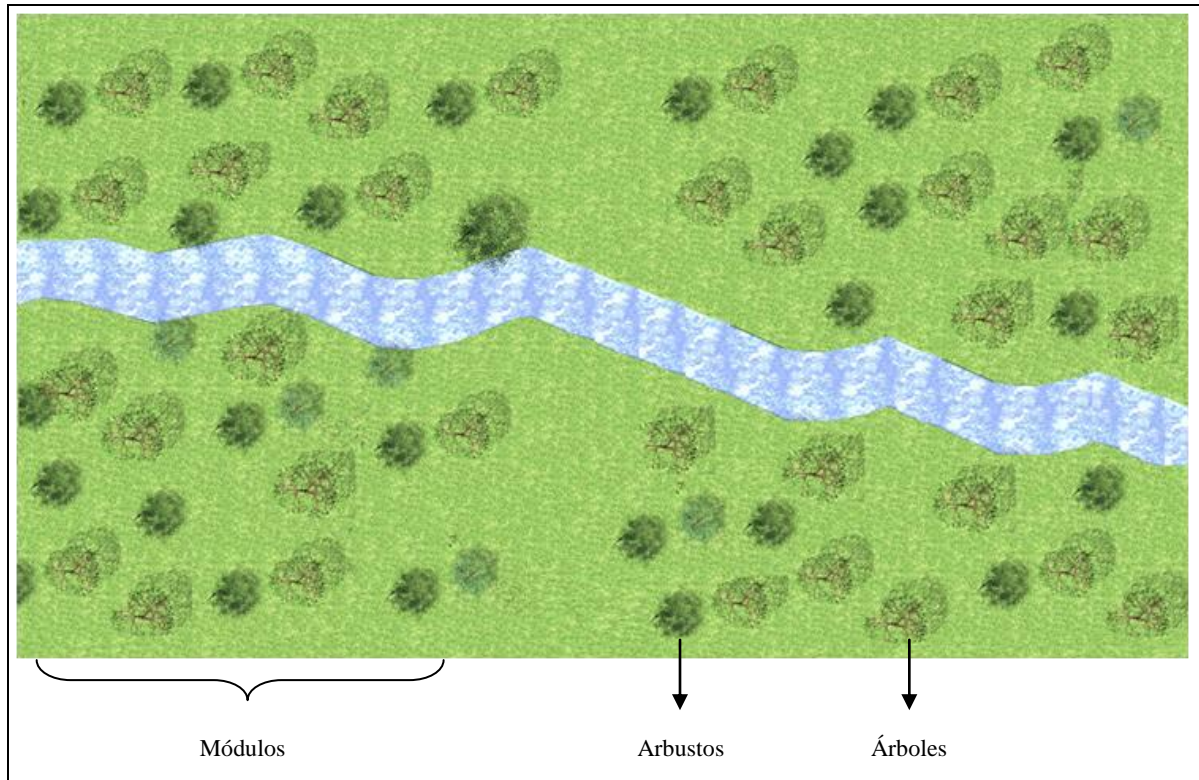
Una vez elegidas las especies se debe diseñar la ubicación de cada una, decidir que especies deberían ir más cercanas al río y cuales más alejadas, todo en base a la función de cada una, por ejemplo el aliso sería una buena elección para las orillas ya que ayuda a fijar el nitrógeno del aire al suelo, por lo que pueden actuar como fuente de nitrógeno al agua.

Hecha esta elección, se debe decidir la estructura final de la reforestación, una forma muy sencilla de hacerlo es mediante módulos de plantación (gráfico 10), entre cada modulo se dejan de dos a tres metros con el fin de facilitar las plantaciones y acceso al río, entre las especies arbóreas se debe dejar una distancia de cinco metros como mínimo y los arbustos deben ir sembrados entre ellos. Además deben utilizarse plántulas no menores a 50 cm.de altura para evitar que la hierba las ahogue y tener mejores resultados.

La dimensión del sitio donde se realizarán las plantaciones puede variar dependiendo del río, un criterio que se puede tomar en cuenta es que el ancho de la plantación sea como mínimo 2 a 5 veces el ancho de éste.

Una vez realizada la plantación hay que asegurarse que éstas estén bien protegidas, para ello se puede cercar alrededor de cada plántula para evitar el acceso de los animales y si es necesario, establecer riegos de dos a tres veces por día si no hay presencia de lluvia. Finalmente se debe realizar un seguimiento para observar si los individuos se están desarrollando adecuadamente, especialmente en los primeros meses y de ser necesario, se pueden restituir los que hayan muerto.

Gráfico 10. Ejemplo de módulos de plantación en riberas



Lograr el apoyo de las poblaciones ubicadas en las zonas ribereñas

Con el fin de lograr el éxito de la reforestación, se debe buscar la aceptación y apoyo activo de las poblaciones más cercanas a las mismas, ya que son ellos quienes determinan el éxito o el fracaso del proyecto. Hay que tomar en cuenta que cualquier actividad que se desarrolle no puede ir en contra de los intereses locales o de los usos tradicionales. Para evitar cualquier tipo de enfrentamiento se puede lograr un convenio con estas comunidades, por ejemplo se los puede recompensar, a través de la capacitación gratuita en temas que sean de interés local, a cambio de la protección de las zonas reforestadas, o a su vez se podría gestionar la adquisición de los sitios para la siembra. Otro camino es la educación ambiental que ha demostrado ser una herramienta eficaz.

Tabla 15. Presupuesto tentativo para la reforestación de un módulo de 25 x 25 metros

Descripción	Cantidad	Costo unitario USD \$	Costo total USD \$
Compra de plántulas arbóreas	8	0,50	4,00
Compra de plántulas arbustivas	16	0,30	4,80
Compra de alambre (rollo)	1	40, 00	30,00
Mano de obra	2	10,00	20,00
Imprevistos	-	-	50,00
		Total	108, 80

6.3. OBJETIVO: Implementar un programa de monitoreo de calidad de agua de los ríos que atraviesan la ciudad

META: Definir parámetros a medir y métodos de monitoreo

Los estudios de monitoreo se proyectan en el tiempo, su propósito es observar periódicamente ecosistemas que puedan ser afectados por la presencia de factores que incrementen, declinen o simplemente cambien. Esto permite proyectarse a sucesos en el corto, mediano o largo plazo, de acuerdo con los cuales se habrá de implementar las medidas correctoras necesarias.

El monitoreo se aplica cuando procesos naturales o antrópicos deterioran progresivamente un ecosistema, dado que su capacidad ambiental es superada por contaminantes vertidos al medio, que incluso dentro de los límites permisibles pueden alcanzar niveles altos de toxicidad por causa de la bio-acumulación o porque el sistema manifiesta poca autodepuración.

En la ciudad de Loja no existe un sistema de monitoreo de calidad de agua de los ríos, que permita conocer cuales son los sectores donde se debe actuar para minimizar el impacto de la contaminación, por lo cual se plantea las siguientes líneas:

- Conseguir apoyo institucional
- Establecer el área de estudio
- Definir zonas de monitoreo

- Especificar las especies y variables a medir
- Definir metodologías
- Analizar resultados y presentación de informe

Conseguir apoyo económico y logístico

El primer paso sería lograr un convenio de apoyo económico y logístico, entre entidades involucradas, principalmente el Municipio con su departamento de Gestión Ambiental, para realizar la planificación tanto de los muestreos, el análisis y la publicación de resultados. Logrando así establecer una línea base, en el camino de la conservación de los ríos y resolver así uno de los problemas ambientales más graves de la ciudad.

Establecer el área de estudio

Dentro de la localización del área a monitorear, sería importante centrarse en los tres ríos principales que atraviesan la ciudad, el Zamora Huayco, Malacatos y Zamora, ya que éstos recogen las aguas con vertidos contaminantes y luego pasan por el Parque Nacional Podocarpus, llevando consigo alteraciones que podría estar afectando la supervivencia de ciertas especies tanto de flora como de fauna.

Definir zonas a ser monitoreadas permanentemente

Una vez involucrados todos los actores y definida el área de estudio, se deben establecer las estaciones de monitoreo permanentes. Se pueden usar las ocho zonas que se tomaron para el presente estudio, ya que éstas se ubican a lo largo del gradiente de contaminación lo que permitirá visualizar los cambios o avances que se produzcan.

Por otra parte, se debe contar con las herramientas necesarias tal cual se indica en el anexo 3 y además estimar un tiempo aproximado de 20 minutos para la recolección de cada una de las muestras, por lo que es necesario contar mínimo con dos personas para esta actividad, además de un vehículo.

Especificar las especies y variables a medir

Para el número de muestras, es recomendable determinar los periodos de muestreo tomando en cuenta las épocas del año. Se deben trabajar con comunidades bentónicas y con parámetros físico-químicos, debido a su alto costo estos últimos se pueden realizar dos veces al año.

Para la recolección de bentos, se debe tomar como mínimo tres muestras por estación cada tres meses, con esto se tendrá un criterio acertado de la calidad del agua a través del tiempo. A más de esto se debe realizar una evaluación de las riberas, para determinar el grado de deterioro del medio circundante.

Para los parámetros físicos-químicos, se deben tomar en cuenta muestreos que cubran las épocas de lluvia y sequía; como los focos de contaminante son de origen antrópico, se deben tomar dos muestras por zona durante el transcurso del día, una en la mañana y otra en la tarde.

Establecer metodologías a seguir

Existen algunas metodologías para trabajar con macro-invertebrados, por lo tanto se pueden tomar como guía estudios ya realizados, que se basen en análisis de calidad de agua con indicadores biológicos. Por el contrario, para analizar los parámetros físico químicos, se puede aplicar el Índice de Calidad de Agua (ICA) que toma en cuenta los siguientes parámetros: pH, turbidez, dureza total, sólidos disueltos, conductividad, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto y coliformes fecales y totales. De forma adicional se pueden usar como referencia los límites permisibles que se encuentran en las tablas 3 y 12 del anexo 1 del libro VI del TULAS.

Elaborar un informe en base a los resultados

Los resultados deben presentar la descripción de especies, calidad del hábitat de cada zona con el grado de impactado e índices aplicados. Una vez analizados, se elaborará un informe de fácil entendimiento, que permita definir áreas donde sea necesaria la acción inmediata, con el fin de remediar el impacto provocado por focos contaminantes. Además se puede

elaborar y actualizar cada año, un mapa de calidad de agua de los ríos en base a los resultados obtenidos con macro-invertebrados, ya que estos muestran cómo cambia la calidad del agua a través del tiempo y servirá para tener una idea clara de los sitios donde se deben aplicar medidas de remediación. (Anexo 5).

Tomando en cuenta que se plantea ocho zonas de muestreo a lo largo de los ríos, donde se tomaran dos muestras al año para análisis físico-químicos y cuatro para macroinvertebrados bentónicos, se elaboró el siguiente presupuesto referencial.

Tabla 16. Presupuesto referencial anual para el monitoreo de los ríos

Descripción	Costo unitario \$	Costo total \$
Equipo de campo	150,00	150,00
Identificación de macroinvertebrados	12,50	400,00
Análisis físico químico	70,00	1120,00
Transporte diario	50,00	50,00
Costo total por año		1720,00

6.4. Objetivo: Minimizar la carga de contaminantes orgánicos a los ríos

Meta: Establecer un sistema de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales

Debido a que en la ciudad de Loja, hasta la actualidad se continua con la descarga de aguas residuales sin tratamiento previo, se hace necesario la planificación de un sistema de tratamiento de aguas servidas de bajo costo, que beneficie a los sectores aledaños y así se mejore la imagen de la ciudad. Las pautas a seguir se muestran a continuación:

- Involucrar al Municipio local
- Levantar información
- Construcción y funcionamiento del sistema de tratamiento

Buscar la participación del Municipio de la ciudad

El actor principal para llevar a cabo éste plan es el Municipio de la ciudad, entidad encargada de velar por la salud tanto social como ambiental y que está en la obligación de cumplir con la ley en cuanto a las límites permisibles de las descargas residuales, estipuladas en la tabla 12 (Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce) del anexo I del libro VI del TULAS.

Levantamiento de información

Para empezar con el tratamiento de aguas residuales de bajo costo, es necesario realizar estudios previos al sistema de drenaje para estimar los caudales, tanto en épocas de lluvias como de estiaje; sin embargo, la propuesta está dirigida únicamente al tratamiento de las aguas de uso doméstico, siendo importante realizar un inventario de todas las industrias, con el fin de definir sistemas de limpieza local de las aguas negras que estas producen, como por ejemplo trampas de grasa, trampas de lodos, filtros, entre otros, para así disminuir los contaminantes de origen industrial. Además es necesario también realizar una estimación del crecimiento poblacional, pues según estos datos, se podrá ubicar y construir cualquier infraestructura en el sitio adecuado.

Construcción y funcionamiento de los tanques de filtración como tratamiento primario

Uno de las primeras acciones, es gestionar la compra de un terreno adecuado para la ubicación de los tanques de tratamiento de aguas residuales, éste no necesariamente debe ser plano, ya que la pendiente sería el factor clave por lo que se evitaría el uso de bombas para mover el agua, minimizando de esta manera los costos de operación. Es importante que el terreno se ubique en un área aledaña al río Zamora, donde posteriormente se depositara el agua ya tratada.

Debido a su bajo costo, poco espacio requerido y fácil manejo, se plantea la construcción de tres tanques de filtración, cuyo único fin es el dar un tratamiento previo a la descarga directa

al río, evitando así la sobrecarga de materia orgánica y ayudando a la autodepuración del mismo.

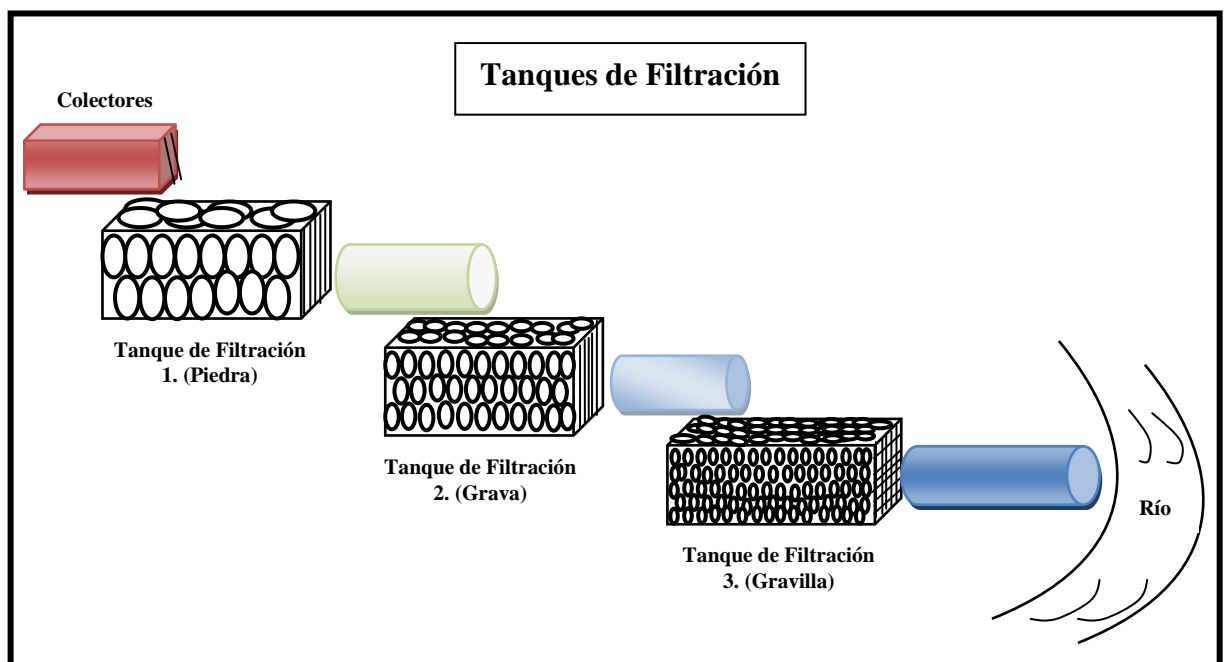
Previo a la construcción de los tanques, se deben alargar los cajones de los colectores marginales que llevan las aguas servidas hasta el sitio ya establecido (Sector Norte de la ciudad). Se recomienda que al hacer la extensión de éstos se incluyan también aquellos barrios que todavía depositan directamente las aguas servidas al río. Antes de que el agua sea vertida, debe pasar por un tamizado, que consiste en interceptar y retener sólidos gruesos presentes en el agua residual cruda. La implementación de este tipo de estructuras se realiza con barras, varillas o alambres paralelos de tamaño uniforme, formando una rejilla.

Al hacer la extensión de los colectores, estos deben ser anchos para que la velocidad del agua en los últimos metros quede reducida a menos de 0,46 m por segundo, para que las partículas inorgánicas de 0,2 mm o más se depositen en el fondo, mientras que las partículas más pequeñas y la mayoría de los sólidos orgánicos que permanecen en suspensión continúen su recorrido. Éste proceso llamado desarenado y desengrasado hará que las partículas que arrastra el agua residual caigan al fondo, lo cual evitará sobrecargas de fangos en los tanques, prolongando así su periodo de limpieza. Sin embargo los colectores en los últimos metros deberán ser limpiados constantemente y utilizar éste material como abono en terrenos infértiles, luego de un periodo de descomposición.

Conociendo que los colectores llevan un aproximado de 3 m³/minuto (Cisneros & Espinoza 2001), los tanques deben ser contruidos de hormigón, con una capacidad de recepción de 6 m³/ minuto; dejando así una ventaja para evitar cualquier derrame por sobre acumulación, sin embargo se espera que esto no suceda ya que los tanques no almacenarán el agua, simplemente permitirán que fluya constantemente sin ninguna interrupción. Por otra parte, se puede pensar en la posibilidad de construir dos o más sistemas; uno que recoja las aguas servidas de barrios ubicados al sureste de la ciudad a lo largo del río Zamora Huayco y un segundo al suroeste a la altura de los barrios La Argelia y Daniel Álvarez, ya que no representan costos muy elevados.

En cuanto al proceso de filtración, el primer tanque recibirá el agua luego del tamizado y de la sedimentación; estará lleno de piedras de 50 a 60 cm. de diámetro aproximadamente, con la finalidad de retener sólidos de gran tamaño. El segundo tanque de filtración, estará lleno de grava de 30 a 40 cm. de diámetro aproximadamente y el tercer tanque con gravilla donde el diámetro de cada piedra no sobrepasará los 15 cm.

Gráfico 11. Diseño de tanques de filtración para las aguas servidas de los colectores marginales



Al finalizar éste proceso simple de filtración, se espera que el agua contenga menos sedimentos y que al unirse con el agua del río permita una autodepuración rápida y no sea una carga muy elevada de contaminantes. Por otro lado, si bien es cierto, el agua que sale de los filtros no recibe ningún beneficio en cuanto a coliformes, nitratos o fosfatos, ésta agua puede ser llevada a un sistema de tratamiento secundario, que mediante la aplicación de sustancias químicas minimice sus concentraciones, o a su vez estudiar la posibilidad de implementar otro tratamiento de bajo costo como son los pantanos o humedales artificiales, que brindan muy buenos resultados.

Tabla 17. Costo aproximado para la construcción de tanques de filtración

Descripción	Tanques de filtración
Rejillas para colectores	1000,00
Materiales	2000,00
Construcción	10000,00
Mantenimiento	2000,00
Total	15000,00

Según el presupuesto referencial que se muestra para la construcción y funcionamiento de los tanques de filtración (tabla 19) el ahorro sería de un 45%, en comparación al costo que representa el pre-tratamiento, sistemas de bombeo, construcción y mantenimiento de una laguna de oxidación, lo que sumaría alrededor de \$ 27 500,00 (Peralta F. *et al.* 1999); lo que demuestra que este sistema de tratamiento con tanques de filtración es de bajo costo.

7. CONCLUSIONES

- Los análisis en base a las comunidades bentónicas indican que las zonas de muestreo con mayor número de familias, corresponden a los sitios: Dos puentes (ZM1), El Carmen (ZM3), Ciudadela Zamora Huayco (ZM4) y La Salle (ZM5) con valores muy cercanos, lo cual difiere con el estudio hecho por Cisneros y Espinosa (2001), donde solamente las ZM3 y ZM4 fueron las más representativas en cuanto a número de familias.
- Los sitios ubicados en El Carmen (ZM3) y frente al Hospital IESS (ZM6), fueron los que presentaron el valor más alto de diversidad en relación a las demás zonas de muestreo, demostrando que en éstas zonas se dan las condiciones óptimas para que organismos no tolerantes y tolerantes se desarrollen perfectamente.
- En cuanto a la presencia de organismos indicadores de calidad de agua, se pudo registrar durante todo el muestreo una dominancia de organismos indicadores de buena calidad con un 64%, frente a los de mala calidad que alcanzaron el 36% restante, debido a que en las zonas de muestreo 3, 4 y 5 fue donde se recolectó la mayor cantidad de organismos no tolerantes ya que son sitios donde los niveles de contaminación no son muy elevados.
- Se registró un mayor porcentaje de familias indicadoras en las zonas ZM1, ZM3 y ZM4, que coinciden justo con las zonas donde se obtuvieron las mejores calificaciones aplicando los índices biológicos, probablemente debido a las buenas condiciones que presentan estas zonas, tomando en cuenta que se hallan en sitios antes de entrar al casco urbano.
- Los indicadores biológicos mostraron que El Carmen (ZM3), es la zona que presenta la mejor calidad del agua, por encontrarse en un área no muy alterada, donde no existen altos niveles de contaminación, sin embargo tomando en cuenta el estudio de Cisneros y Espinosa (2001) que señalan a este sector como no

impactado, se puede concluir que durante los últimos ocho años esta zona ha venido sufriendo cambios en su entorno.

- En el sector Dos Puentes (ZM1), a pesar de encontrarse en la parte alta del Río Malacatos, donde aparentemente las fuentes de contaminación no son muy significativas, los valores obtenidos en cuanto a la calidad del agua, mostraron una disminución respecto al sector El Carmen (ZM3), posiblemente debido a las alteraciones producto de la extracción de material pétreo, asentamientos humanos y actividades agrícolas.
- La Ciudadela Zamora Huayco (ZM4) y el sector de La Salle (ZM5) presentaron indicios de alteración, pudiendo atribuirse a que los contaminantes que reciben los ríos en estos sectores están sobrepasando su nivel de autodepuración.
- Los sitios ubicados frente al Hospital del IESS (ZM6), Sauces Norte (ZM7) y Sevilla de Oro (ZM8), mostraron una calidad del agua muy baja, indicando que la carga de contaminantes recibida es bastante alta, por lo que no se encontraron microorganismos indicadores de buena calidad.
- En cuatro de las ocho zonas estudiadas se observó una disminución, tanto en la calidad del agua como del hábitat, por lo que se puede concluir que existe una relación estrecha entre índices biológicos y valoración del hábitat, demostrándose así que los organismos acuáticos responden a los cambios que se producen en su ambiente más cercano, sobre todo en los tramos más bajos, donde la presión antrópica implica diversos fenómenos de alteración de las riberas y la calidad de las aguas.
- Los parámetros físico químicos analizados en cada zona, reflejaron una calidad de agua similar a lo obtenido con los índices biológicos, por lo que resulta más económico utilizar macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua,

excepto si se pretende detectar niveles de metales pesados u otros químicos disueltos en ésta.

- Tomando en cuenta, tanto los índices biológicos como los análisis físico - químicos y valoración hábitat, se evidenció una recuperación paulatina del río en el sector Sevilla de Oro (ZM8), pudiéndose atribuir al hecho de que éste al tener una menor presión de los asentamientos humanos empieza un proceso de autodepuración.
- En el análisis de similitud que se realizó entre la cantidad de individuos por especies colectadas en cada una de las zonas y el hábitat que comparten, se evidenció una separación muy marcada entre organismos tolerantes que se encuentran principalmente en las ZM1, ZM3, ZM4, ZM5, los cuales se hallan separados de un segundo grupo conformado en su mayoría por organismos que si toleran un alto grado de contaminación y que se agrupan en las ZM2, Zm6, ZM7 y ZM8; confirmando de ésta manera una vez más, que el deterioro de la calidad del agua es evidente una vez que ha pasado del casco urbano.
- La calidad del agua en general, muestra un decremento a medida que atraviesa el casco urbano, presentándose en mayor nivel en el sector Sauces Norte (ZM7) que es donde descargan directamente las aguas servidas de la ciudad; sin embargo en Sevilla de Oro (ZM8), que se ubica más o menos 8 kilómetros aguas abajo de la zona anterior se aprecia un grado mínimo de recuperación en cuanto a la calidad del agua. Esto coincide con el en el estudio de Cisneros y Espinosa (2001), donde se hallo la misma relación.
- Haciendo un análisis a cada una de las zonas de muestreo, se pone a consideración el uso que se le puede dar al agua, tomando como punto de partida la zona ubicada antes de la toma de agua el Carmen (ZM3), ya que presenta las mejores condiciones en cuanto a calidad, ya sea por encontrarse antes de la ciudad o por la evidente ausencia de focos contaminantes, lo cual permite que el agua sea apta para potabilizarla y ser usada en consumo doméstico; no se puede esperar que ocurra lo

mismo con el resto de las zonas, pero si se ponen en marcha medidas de remediación, sobre todo para las aguas que fluyen luego de pasar la ciudad, se puede lograr una mejoría en lo que a calidad de agua se refiere, con el fin de que se puedan reutilizar en riegos para cultivos de consumo indirecto o simplemente para mejorar las condiciones ambientales que sufre éste ecosistema acuático.

- Finalmente, cabe recalcar que si no se toman medidas correctivas adecuadas para controlar el elevado nivel de contaminación de los ríos, que se evidencia en el presente estudio, sobre todo en el sector norte de la ciudad, la calidad del agua del río Zamora no se recuperará en un largo plazo, al contrario, debido al incremento de la población y de asentamientos humanos, las descargas municipales, industriales, entre otras, continuarán en aumento, haciendo de ésta corriente un cuerpo de agua sin vida, imposible de ser utilizado para cualquier fin.

8. RECOMENDACIONES

- Tomando en cuenta que no existen valores de tolerancia para los macroinvertebrados indicadores de calidad del agua para nuestra región, se recomienda que los futuros trabajos vayan encaminados a la elaboración de un índice biológico que facilite los trabajos de monitoreo.
- Debido a la dificultad en la obtención de información bibliográfica de este tipo de estudios en nuestro país, se hace necesario que trabajos similares se realicen por lo menos en los ríos más importantes de las ciudades del Ecuador y que estos datos sean publicados.
- El Municipio de la localidad haciendo uso de su autoridad debe emprender programas de control y manejo adecuado en cuanto a la extracción de materiales pétreos, ya que se evidencia un gran impacto de esta actividad principalmente en las ZM1 y ZM8.
- Es necesario el establecimiento de nuevas zonas de muestreo en los ríos o quebradas que confluyen con los ríos principales, como por ejemplo el río Jipiro, que no se tomo en cuenta para este estudio pero que sin embargo es evidente que recoge aguas servidas de barrios aledaños.
- Se hace imprescindible la utilización de curvas de acumulación de especies que permitan estandarizar el esfuerzo de muestreo para lograr coleccionar la mayor cantidad de individuos que permitan un alto grado de fiabilidad.
- Tomando como referencia que la calidad del agua tiende a mejorar en el sector Sevilla de Oro (ZM8), y de esta manera concordando con el estudio de Cisneros y Espinosa (2001), es importante conocer hasta que nivel y a qué distancia el río recupera su condición natural, por lo que se sugiere incrementar dos puntos de muestreo aguas debajo de éste; uno a 15 kilómetros luego de la ZM8 y otro 30 kilómetros después.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ADTI (Friends of the Earth International). 2003. Agua para la vida y el sustento. Costa Rica (En Línea). Disponible en:
http://www.foei.org/esp/publications/pdfs/water_briefing_esp.pdf
- Alonso, P. & Novelo, R. 2007. Simposio Internacional de Entomología Acuática Mexicana: Estado actual de Conocimiento y aplicación. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Sociedad Mexicana de Entomología. Juitepec, México.
- Andrade, N. & Olazaval, H. 2002. El riego en el Ecuador. Foro de los Recursos Hídricos. CAMAREN. Quito, Ecuador.
- Arcoíris. 1999. Manual práctico de Educación Ambiental: Parque Nacional Podocarpus. Loja, Ecuador.
- Arias, M. 2002. Marco Legal e Institucional de los Recursos Hídricos en el Ecuador. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental. Foro de los Recursos Hídricos. CAMAREN. Quito, Ecuador.
- Boltovskoy, D. *et al.* 1995. Ecosistemas de aguas continentales y metodologías para su estudio: Afinidad entre comunidades bentónicas de un ambiente lotico. 1 ed. La Plata, Argentina, Ediciones Sur. Tomo 1. 377 p.
- Cárdenas, F. 2008. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en efluentes de Industrias Lácteas empleando un método amigable con el Medio Ambiente. Tesis Blgo. Cuenca, Ecuador. Universidad del Azuay.
- Cardona, A. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Honduras. Turrialba, Costa Rica. (En línea). Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0118e/A0118e.pdf>

- Carrera, C. & Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Quito, Ecuador.
- 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 Blgo. Cuenca, Ecuador. Universidad del Azuay.
- CNRH (Consejo Nacional de Recursos Hídricos). 2002 Gestión de los Recursos Hídricos del Ecuador: Políticas y Estrategias. Documento Básico - Revisión 2 – Conceptos Adicionales. Ecuador.
- Cuenca, N. & Macas J. 1985. Plan de Manejo de los Recursos Suelo, Agua y Vegetación de la subcuenca Zamora Hauyco; proveedora de agua para la ciudad de Loja. Tesis Ing. Forestal. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
- Echeverría M. *et al.* 2002. Evaluación de Impacto de los Servicios Ambientales en las Cuencas en Ecuador: Lecciones emergentes de Pimampiro y Cuenca. (En línea). Cuenca, Ecuador. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/foro/psa/pdf/impacto.pdf>
- Faustino, J. 1997. Agua: Recurso estratégico en el futuro de América Central. Revista Forestal Centroamericana no. 18:6-12.
- Fernández, H. & Dominguez, E. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Imprenta central de UNT. Tucumán, Argentina.
- Geo-Loja. 2007. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano. Loja, Ecuador.
- Giacometti, J. & Bersosa, F. 2001. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en el ero Alambi. Tesis Doc. Blgo. Quito, Ecuador. Universidad Central.

- González, M. & García, D. 2001. Restauración de Ríos y Riveras, Escuela técnica superior de ingenieros de Montes. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Herbas, R. *et al.* 2006. Indicadores biológicos de calidad del agua. (En línea). Cochabamba, Bolivia. Disponible en:
<http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/29/documentos/indicadoresBiologicosCalidadAguas.pdf>
- INEC. Ortiz, P. (et al). 2001. VI censo de población y V de vivienda. Análisis de resultados definitivos. Quito, Ecuador.
- Kiely, G. 1999. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Vol I. McGrawHill. España.
- Leiva, M. 2004. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del Estero Peu Peu comuna de Lautaro IX región de la Araucanía. (En línea) Témuco, Chile. Disponible en: <http://biblioteca.uct.cl/tesis/tesis-mara.pdf>
- Lloret, P. 2000. Problemática de los Recursos Hídricos en el Ecuador. Foro de los Recursos Hídricos. CAMAREN. Quito, Ecuador.
- Mafla, M. *et al.* 2005. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca. (En línea). Turrialba, Costa Rica. (En línea). Disponible en:
http://www.catie.ac.cr/CatieSE4/BancoMedios/Documentos%20PDF/guia_evaluaciones.pdf
- Malina, J. 1996. Water quality: Water resources Handbook USA. McGraw-Hill. p. 8.3-8.49.

- Matthias, W. & Moreno, H. 1983. Estudio de algunos parámetros físico-químicos y biológicos en el río Medellín y sus principales afluentes, en Actualidades biológicas, Vol.12, No 46. Medellín, Colombia.
- Metcalfe, J. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status I Europe. Environm. Pollut. 60: 101-139.
- Mitchell, M. *et al.* Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. Segunda edición. Proyecto del Río. New México, USA. 200p.
- Muñoz, F. 2007. Manejo de cuencas hidrográficas tropicales. Casa de la Cultura Ecuatoriana. Loja, Ecuador. 206p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1998. Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Volumen 3. Ginebra, 1998. 255 p.
- Ongley, E. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Roma, Italia. Estudio. FAO Riego y Drenaje 55, 1997. 116 p.
- Palmer, M. 2004. Ecology for a crowded planet. Science, 304.
- Peralta, F. 1999. Diseño de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales de las industrias. Tesis Ing. Acuicultor. Guayaquil, Ecuador. Universidad Superior Politécnica del Litoral.
- PRAT, N. 1998. Bioindicadores de calidad de aguas. En: Memorias del Curso de Bioindicadores de Calidad de Agua. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

- Radulovich, R. 1997. Sostenibilidad en el uso del agua en América Latina. Revista Forestal Centroamericana. no. 18:13-17
- Roldán, G.1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos en el Departamento de Antioquia. Bogotá, Colombia.
- Rosemberg, D. *et al.* 2000. Global scale environmental effects of hydrological alteration: Introduction. *BioScience* 50 (9): 746-751
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Mérida, Venezuela. (En línea). Disponible en: http://www.famu.org/mayfly/pubs/pub_s/pubsegninis2005p45.pdf
- Seoáñez, M. 1999. Ingeniería del medioambiente aplicada al medio natural continental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Tercedor, A. *et al.* 1996. Artículo, Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Departamento de biología animal y ecología. Granada. (En línea). Disponible en: http://www.famu.org/mayfly/pubs/pub_a/pubalbaj1996p203.pdf
- Toro, J. *et al.* 2003. Diagnostico de la calidad del agua en sistemas loticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores Rio Maipo. Chile.
- Tortorelli, M. & Hernández D. 1995. Ecosistemas de aguas continentales y metodologías para su estudio: Calidad de agua de un ambiente acuático sometido a efluentes contaminantes. 1 ed., Ediciones Sur. La Plata, AR
- Zuñiga de Cardoso, M. 1980. Participación comunitaria en evaluación de la calidad de agua en corrientes superficiales del valle del Cauca. Revista Ainsa 13:66-91. Colombia.

ANEXOS. Anexo 1. UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO.

<p>a. Zona de Muestreo 1. Sector Dos Puentes.</p>	<p>b. Zona de Muestreo 2. Coliseo Ciudad de Loja.</p>
	
<p>Ubicación UTM (17): 0700255 - 9548832 Altitud: 2260 m s.n.m.</p>	<p>Ubicación UTM (17): 0699394 - 9557050 Altitud: 2076 m s.n.m.</p>
<p>c. Zona de Muestreo 3. Captación de Agua “El Carmen”.</p>	<p>d. Zona de Muestreo 4. Ciudadela Zamora Huayco.</p>
	
<p>Ubicación UTM (17): 0703730 - 9553918 Altitud: 2248 m s.n.m.</p>	<p>Ubicación UTM (17): 0701233 – 9556850 Altitud: 2104 m s.n.m.</p>

<p>e. Zona de Muestreo 5. Colegio La Salle.</p>	<p>f. Zona de Muestreo 6. Hospital del IESS.</p>
	
<p>Ubicación UTM (17): 0700210 - 9557848 Altitud: 2075 m s.n.m.</p>	<p>Ubicación UTM (17): 0699599 - 9559318 Altitud: 2054 m s.n.m.</p>
<p>g. Zona de Muestreo 7. Barrio Sauces Norte.</p>	<p>h. Zona de Muestreo 8. Sector Sevilla de Oro.</p>
	
<p>Ubicación UTM (17): 0697272 - 9564576 Altitud: 1992 m s.n.m.</p>	<p>Ubicación UTM (17): 0696830 - 9569104 Altitud: 1947 m s.n.m.</p>

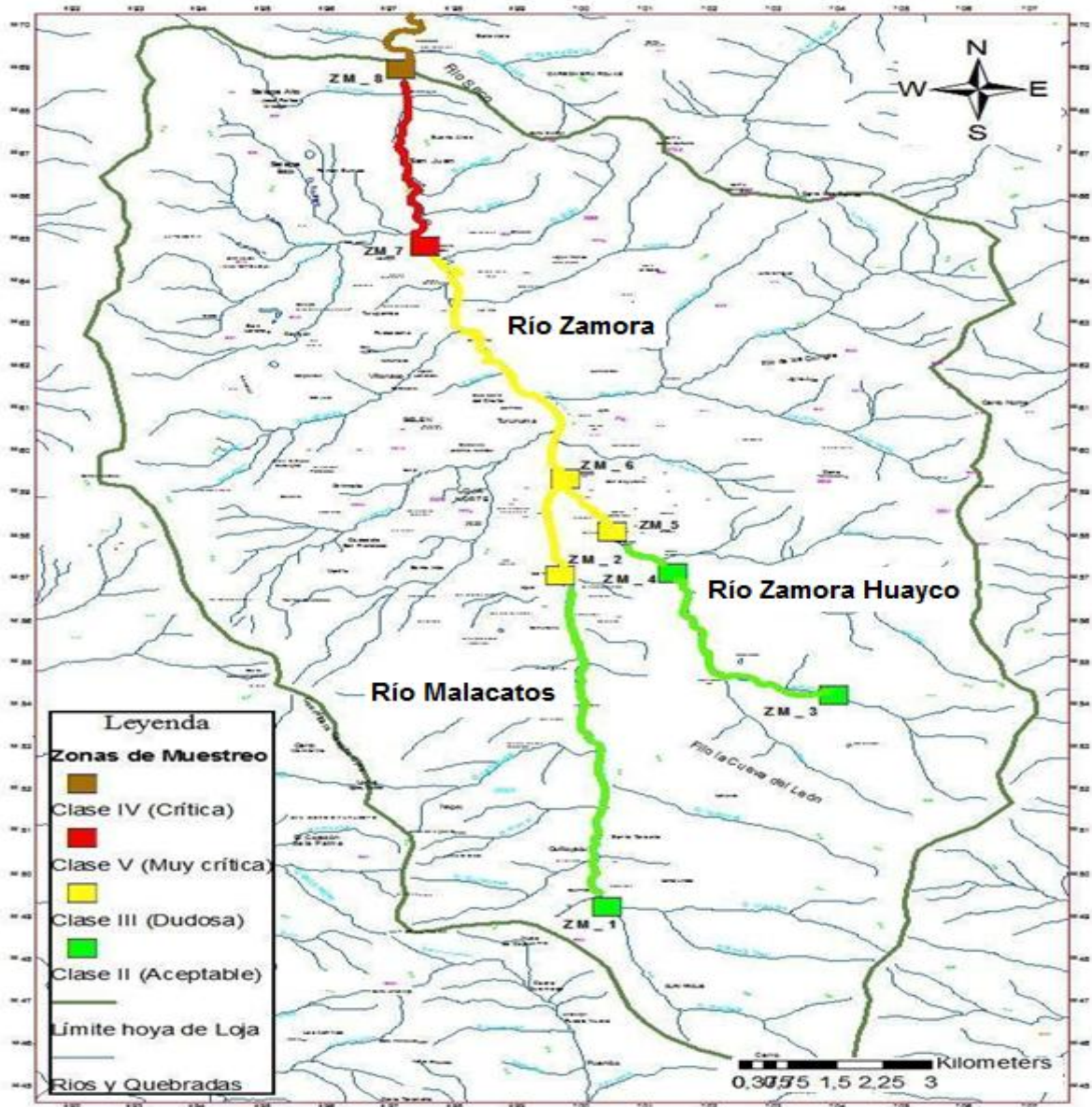
Anexo 3. CUADRO DE LAS HERRAMIENTA UTILIZADAS EN EL CAMPO Y LABORATORIO, PARA LA COLECTA, SEPARACIÓN Y CONTEO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.

Nombre	Cantidad
Botas para pesca	Dos pares
Red de Surber	Una.
Bandeja blanca	Dos
Bandejas con tapa	Una por sitio
Frascos esterilizados	Uno por sitio
Alcohol al 75%	Un galón para todo el muestreo
Guantes y mascarillas	Una caja de cada uno
Cronómetro	Uno
Cinta para etiquetar	Una
Hojas de campo, lápiz, borrador	Los necesarios
GPS	Uno
Cámara de Fotos	Una
Estereoscopio	Dos
Pinzas	Dos
Tubos de ensayo	Trescientos

**Anexo. 4. TABLA DE VALORES OBTENIDOS EN LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS
POR ZONA DE MUESTREO**

	ZM1	ZM2	ZM3	ZM4	ZM5	ZM6	ZM7	ZM8
Ph	6,7	6,6	6,3	6,6	6,5	6,6	5,4	5,7
Turbidez (NTU)	1,9	19,8	0,6	1,7	1,7	6,5	37,7	45,7
Dureza (mg/l)	22,6	39,8	17,4	17,4	21,6	20,8	39,8	39,2
Solidos disueltos (mg/l)	17,8	35,5	8,9	18,3	21,4	32,1	65,9	68,4
Conductividad (µS/cm)	35,6	71	17,9	36,8	42,8	44,4	131,9	136,9
Nitrato (mg/l)	0,46	0,72	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,8
Fosfato (mg/l)	0,08	0,3	0,1	0,1	0,07	0,2	1,6	1,2
Oxigeno Disuelto (mg/l)	3,2	2,9	3,1	3,2	3,1	2,6	1,5	1,8
Coliformes fecales (ufc / ml)	130	340000	0	1500	6000	340000	1200000	340000
Coliformes totales (ufc / ml)	160	420000	60	3700	7200	300000	2500000	200000

Anexo 5. MAPA DE CALIDAD DE AGUA EN BASE AL ÍNDICE BMWP-R



Anexo 6. FOTOGRAFÍAS.



Foto 1. Colecta de insectos con la red de Surber



Foto 2. Instrumentos de laboratorio



Foto 3. Separación de insectos colectados

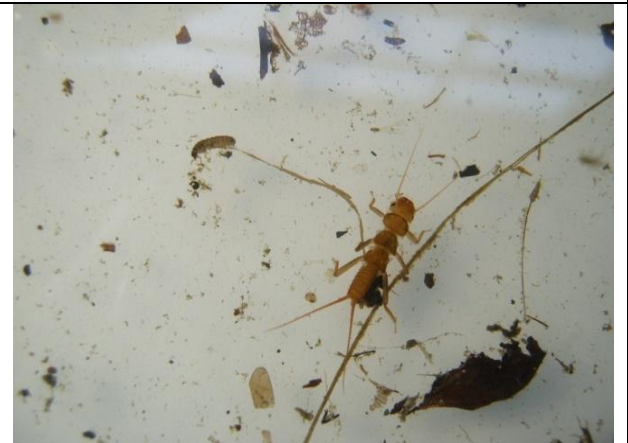


Foto 4. Insecto de la familia Plecoptera



Foto 5. Insecto de la familia Ephemeroptera



Foto 6. Separación de insectos colectados



Foto 7. Insectos separados e identificados



Foto 8. Parte alta del río Zamora Huayco



Foto 9. Toma de agua "El Carmen"



Foto 10. Extracción de material pétreo de los ríos



Foto 11. Residuos sólidos a orillas del río



Foto 12. Cruce del río Malacatos por la ciudad